

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Optimalizace údržbových zásahů na jízdních obrysech kol
moderních lokomotiv

Bc. Lukáš Janák

Diplomová práce

2017

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Lukáš Janák

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Janák**
Osobní číslo: **D15419**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Kolejová vozidla**
Název tématu: **Optimalizace údržbových zásahů na jízdnicích obrysech kol moderních lokomotiv**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

Na základě provozních měření stavu dvojkolí (jízdnicí obrysy, rozkolí, průměry kol) moderních lokomotiv vyhodnoťte vývoj opotřebení kol dvojkolí s ohledem na dosažení mezních hodnot, četnost měření a provádění údržbových zásahů na kolech. Vypracujte:

1. Teoretickou část zaměřenou na geometrický vztah dvojkolí-kolej (zejména s ohledem na stabilitu jízdy vozidla v přímé koleji, průjezdnost obloukem koleje, opotřebení) a na mezní hodnoty základních rozměrů dvojkolí z hlediska platné legislativy.
2. Vyhodnocení měření opotřebení kol dvojkolí s ohledem na charakter provozního nasazení lokomotiv a použitý teoretický jízdnicí obrys.
3. Vyhodnocení vývoje tvaru jízdnicí obrysů kol lokomotiv z hlediska změn charakteristik kontaktní geometrie.
4. Návrh optimalizace četnosti měření a údržbových zásahů na jízdnicích obrysech kol s cílem prodloužení životnosti kol.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího DP

Rozsah pracovní zprávy: 50 až 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

[1] IZER, J.; ZELENKA, J.: Charakteristiky kontaktní geometrie. In: Scientific Papers of the University of Pardubice, Series B - The Jan Perner Transport Faculty, č. 2/1996. S. 39-62. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1996. ISSN 1211-6610.

[2] LATA M.: Konstrukce kolejových vozidel II. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 206 s. ISBN 80-7194-696-6.

[3] ZELENKA, J.; MICHÁLEK, T.: Teorie vozidel - studijní opora. 1. vydání, 78 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2013. ISBN 978-80-7395-652-3.

[4] ČSN EN 15313:2016. Železniční aplikace - Požadavky na dvojkolí v provozu - Údržba dvojkolí v provozu na vozidlech a po demontáži. Český normalizační institut, září 2016.

[5] Nařízení Komise (EU) č. 1302/2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla - lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Kohout, Ph.D.

Výukové a výzkumné centrum v dopravě

Datum zadání diplomové práce: 13. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 26. května 2017


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 13. února 2017

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Častolovicích dne 26. 5. 2017

Lukáš Janák

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Martinu Kohoutovi, Ph. D., za odborné vedení diplomové práce, poskytnuté konzultace a cenné rady.

Děkuji též panu doc. Ing. Jaromíru Zelenkovi, CSc., za poskytnuté konzultace a odbornou pomoc při řešení diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině, blízkým a přátelům za jejich podporu během celého studia.

Děkuji panu Mgr. Jiřímu Kuličkovi, Ph.D., a panu Ing. Petru Stejskalovi za cenné rady při řešení zadané problematiky. Poděkování patří též zástupcům společností METRANS Rail, s.r.o., a METRANS DYKO Rail Repair Shop, s.r.o., za odbornou pomoc při řešení diplomové práce.

Závěrečné řádky poděkování patří všem, kdo si po mně práci přečetli a přispěli tak ke zlepšení jejího zpracování a k eliminaci chyb a nedostatků.

ANOTACE

Obsahem diplomové práce je řešení problematiky sledování a vyhodnocování vývoje provozního opotřebení kol dvojkolí moderních lokomotiv, které jsou provozovány na traťových úsecích charakterizovaných různým technickým stavem, kvalitou údržby a nestejnými geometrickými parametry koleje. Cílem diplomové práce je pak návrh takové četnosti měření dvojkolí a údržbových zásahů na jízdnicích obrysech kol, kterými bude možné dosáhnout prodloužení životnosti kol lokomotiv.

KLÍČOVÁ SLOVA

dvojkolí, jízdnicí obrys, údržba, optimalizace, prodloužení životnosti

TITLE

Optimization of maintenance actions on wheel profiles of modern locomotives

ANNOTATION

The scope of the thesis is problem solving for modern locomotives with monitoring and evaluation of the wheelset operating wear trends. Locomotives operate on the line sections that are defined by the variable technical conditions, maintenance quality and by the rails unequal geometrical parameters. The thesis aim is a proposal for the measurement frequency on the vehicle wheel profile and maintenance checks to extend the wheel durability.

KEYWORDS

wheelset, vehicle wheel profile, maintenance, optimalization, extend of durability

OBSAH

ÚVOD.....	12
1 ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA.....	13
1.1 STRUČNÝ POPIS ELEKTRICKÉ LOKOMOTIVY ŘADY 386.....	13
1.2 ŽELEZNIČNÍ DVOJKOLÍ.....	14
1.3 KONTAKT KOLO-KOLEJNICE.....	14
1.3.1 Jízdní obrys kola.....	15
1.3.2 Příčný profil hlavy kolejnice.....	15
1.3.3 Základní rozměry dvojkolí a jízdního obrysu kola.....	16
1.3.4 Mezní hodnoty základních rozměrů dvojkolí a jízdního obrysu kola.....	19
1.3.5 Další důležité sledované veličiny kol dvojkolí.....	20
1.4 CHARAKTERISTIKY KONTAKTNÍ GEOMETRIE.....	21
1.4.1 Vstupní údaje pro výpočet charakteristik kontaktní geometrie.....	21
1.4.2 Dotykové body kol a kolejnic.....	21
1.4.3 Delta-r funkce.....	22
1.4.4 Tangens gama funkce.....	23
1.4.5 Ekvivalentní konicita.....	24
1.5 MĚŘENÍ JÍZDNÍCH OBRYSŮ KOL.....	25
1.6 ÚDRŽBOVÉ ZÁSAHY NA DVOJKOLÍCH LOKOMOTIV ŘADY 386.....	26
1.7 STABILITA JÍZDY VOZIDLA V PŘÍMÉ KOLEJI.....	26
1.8 VEDENÍ VOZIDLA OBLOUKEM KOLEJE.....	27
1.9 DRUHY OPOTŘEBENÍ JÍZDNÍHO OBRYSU.....	27
2 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ OPOTŘEBENÍ KOL DVOJKOLÍ S OHLEDEM NA CHARAKTER PROVOZNIHO NASAZENÍ LOKOMOTIV A TEORETICKÝ JÍZDNÍ OBRYS.....	29
2.1.1 Rozkolí, rozchod dvojkolí a vodící šířka dvojkolí.....	32
2.1.2 Šířka okolku.....	36
2.1.3 Výška okolku.....	37
2.1.4 Strmost okolku.....	39
2.1.5 Průměry jednotlivých kol.....	39
2.1.6 Závěrečné shrnutí.....	39
3 VYHODNOCENÍ VÝVOJE TVARU JÍZDNÍCH OBRYSŮ KOL LOKOMOTIV Z HLEDISKA ZMĚN CHARAKTERISTIK KONTAKTNÍ GEOMETRIE.....	41
3.1 VÝBĚR LOKOMOTIV PRO VYHODNOCENÍ VÝVOJE ZMĚN TVARU JÍZDNÍCH OBRYSŮ KOL.....	42
3.2 VÝVOJ TVARU JÍZDNÍCH OBRYSŮ KOL.....	45
3.3 HODNOCENÉ PARAMETRY OPOTŘEBENÍ JÍZDNÍCH OBRYSŮ KOL.....	47
3.3.1 Hmotnostní otěr.....	47
3.3.2 Ekvivalentní konicita.....	50
3.3.3 Žlábek v jízdní ploše.....	52
3.3.4 Delta-r funkce.....	54
3.3.5 Tangens gama funkce.....	56
3.4 ZHODNOCENÍ OPOTŘEBENÍ JÍZDNÍCH OBRYSŮ KOL ANALYZOVANÝCH LOKOMOTIV.....	58
3.4.1 Hmotnostní otěr.....	58
3.4.2 Ekvivalentní konicita.....	58
3.4.3 Žlábek v jízdní ploše.....	59
3.4.4 Delta-r funkce.....	59
3.4.5 Tangens gama funkce.....	59
3.5 ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ.....	59
4 NÁVRH OPTIMALIZACE ČETNOSTI MĚŘENÍ A ÚDRŽBOVÝCH ZÁSAHŮ NA JÍZDNÍCH OBRYSECH KOL.....	62
4.1 ÚDRŽBOVÉ ZÁSAHY.....	62
4.1.1 Stanovení pevného intervalu soustružení jízdních obrysů.....	62
4.1.2 Vzájemná záměna dvojkolí téhož podvozku.....	62
4.2 PROVOZNÍ MĚŘENÍ.....	63

4.2.1	<i>Zpřesnění měření rozkolí.....</i>	63
4.2.2	<i>Sledování vývoje tvarů jízdních obrysů kol vlivem opotřebení.....</i>	63
4.3	PŘÍNOS NAVRŽENÝCH ZPŮSOBŮ OPTIMALIZACE.....	64
	ZÁVĚR	65
	POUŽITÁ LITERATURA.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH	68

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Mezní hodnoty základních rozměrů dvojkolí	19
Tab. 2: Přehled údržbových zásahů na lokomotivách	26
Tab. 3: Kilometrický proběh sledovaných lokomotiv s šířkou okolku 32,5 mm.....	29
Tab. 4: Rozdělení lokomotiv do skupin po prvním soustružení a jejich kilometrický proběh .	30
Tab. 5: Dosažený kilometrický proběh analyzovaných lokomotiv v době měření.....	44
Tab. 6: Relativní hmotnostní otěr kol analyzovaných lokomotiv	48
Tab. 7: Hodnoty ekvivalentní konicity sledovaných lokomotiv.....	50
Tab. 8: Vývoj hloubky žlábků v jízdní ploše kola.....	52
Tab. 9: Identifikace měření, při kterých došlo ke zjištění žlábků	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Elektrická lokomotiva řady 386	13
Obr. 2: Typový výkres elektrické lokomotivy řady 386	13
Obr. 3: Železniční dvojkolí	14
Obr. 4: Jízdní obrys kola UIC-ORE (S1002)	15
Obr. 5: Tvar hlavy kolejnice UIC 60	16
Obr. 6: Základní rozměry dvojkolí.....	16
Obr. 7: Základní rozměry jízdního obrysu kola	18
Obr. 8: Definice žlábků v jízdní ploše	20
Obr. 9: Definice převalku	20
Obr. 10: Poloha dotykových bodů na kolech a kolejnicích.....	22
Obr. 11: Průběh delta-r funkce.....	22
Obr. 12: Průběh tangens gama funkce	23
Obr. 13: Průběh funkce ekvivalentní konicity	24
Obr. 14: Měřicí systém MiniProf	25
Obr. 15: Změny poloměrů valení jednotlivých kol při průjezdu dvojkolí obloukem koleje	27
Obr. 16: Označení jednotlivých kol lokomotiv	31
Obr. 17: Vliv nepřesností měření rozkolí na ostatní sledované rozměry dvojkolí lokomotivy M1.....	33
Obr. 18: Průběh rozchodu dvojkolí lokomotivy M15	34
Obr. 19: Průběh vodící šířky dvojkolí lokomotivy M15	35
Obr. 20: Průběh šířky okolku všech kol lokomotivy M15.....	36
Obr. 21: Průběh výšky okolku všech kol a průměrů výšek okolku na dvojkolích lokomotivy M15.....	37
Obr. 22: Průběh výšky okolku všech kol lokomotivy M15.....	38
Obr. 23: Grafické znázornění jízdních obrysů v programu Mathcad.....	41
Obr. 24: Výběr měření pro vyhodnocení.....	43
Obr. 25: Odhad hodnoty minimální nutné odebrané třísky při soustružení jízdního obrysu .	45
Obr. 26: Vývoj opotřebení jízdního obrysu kola 2R lokomotivy M16	46
Obr. 27: Vývoj opotřebení jízdního obrysu kola 3L lokomotivy M16.....	46
Obr. 28: Vývoj relativního hmotnostního otěru analyzovaných lokomotiv	49
Obr. 29: Porovnání průběhů ekvivalentní konicity na dvojkolích analyzovaných lokomotiv ..	51
Obr. 30: Vývoj růstu žlábků v jízdní ploše kol analyzovaných lokomotiv	53
Obr. 31: Průběh delta-r funkce na dvojkolích lokomotivy M16.....	55
Obr. 32: Porovnání změn v průbězích delta-r funkce vlivem opotřebení.....	56
Obr. 33: Průběh tangens gama funkce na dvojkolích lokomotivy M16	57

Obr. 34: Porovnání změn v průběžích tangens gama funkce vlivem opotřebení	57
Obr. 35: Grafické shrnutí poznatků vyplývajících z vyhodnocení chování lokomotiv M15 ÷ M18.....	61

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

a.s.	Akciová společnost
ČSN	Česká technická norma
DPOV	Dílny pro opravy vozidel
DYKO	METRANS DYKO Rail Repair Shop, s.r.o.
EN	Evropská norma
GPK	Geometrické parametry koleje
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
TSI	Technické specifikace pro interoperabilitu

ÚVOD

Pro dosažení optimálního řízení železničního provozu je vhodné vytvořit v rámci možností rovnoběžný grafikon vlakové dopravy, který se vyznačuje tím, že všechny vlaky se v určitém úseku trati pohybují přibližně stejnou rychlostí. V podmínkách České republiky se jedná především o koridorové tratě, na kterých je provozována doprava jak vlaky rychlými, tak i vlaky podstatně pomalejšími. Zejména nákladní vlaky s nižší rychlostí a málo výkonnými lokomotivami mohou přispívat k narušování plynulosti železniční dopravy. Proto je v dnešní době žádoucí nasazovat na nákladní vlaky moderní hnací vozidla. Jedním z významných požadavků na moderní nákladní lokomotivy je vysoký trakční výkon. Přínos těchto lokomotiv tak spočívá především ve schopnosti plynule se zařadit do rovnoběžného grafikonu, v omezení počtu zastavení vlaku z důvodu předjíždění vlakem rychlejším a v neposlední řadě také udržení konstantní rychlosti vlaku i při jízdě ve stoupání. Výsledkem je pak pozitivní ovlivnění jízdních dob, spotřeby energie a využití dopravní cesty.

Zvyšování rychlosti obecně úzce souvisí se zvyšováním nároků na provozní spolehlivost vozidel. Velká pozornost je v dnešní době věnována údržbě. Životnost a spolehlivost strojů a zařízení je často ovlivněna životností jedné nebo několika málo částí pracujících za ztížených podmínek. U kolejových vozidel běžné konstrukce lze za takovouto velmi namáhanou součást označit dvojkolí. Důsledná a pravidelná kontrola a správně nastavená údržbová soustava umožňuje velmi dobře sledovat průběh opotřebení důležitých součástí a tímto způsobem předcházet jejich nadměrnému opotřebení a poruchám. Tvar jízdního obrysu kol má výrazný vliv na jízdní vlastnosti kolejových vozidel, a proto je sledování jeho opotřebení nutnou součástí údržby.

V této práci budou prezentována data z provozních měření opotřebení kol dvojkolí lokomotiv řady 386 dopravce METRANS Rail, s.r.o. a bude provedeno vyhodnocení těchto dat z hlediska změn základních rozměrů jízdního obrysu kola, dále z hlediska změn tvaru jízdního obrysu kola a následně i z hlediska změn charakteristik kontaktní geometrie.

Cílem práce je pak na základě vyhodnocení poskytnutých dat provést návrh takové optimalizace údržbových zásahů na jízdních obrysech kol, kterými bude možné dosáhnout prodloužení životnosti kol lokomotiv.

1 ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA

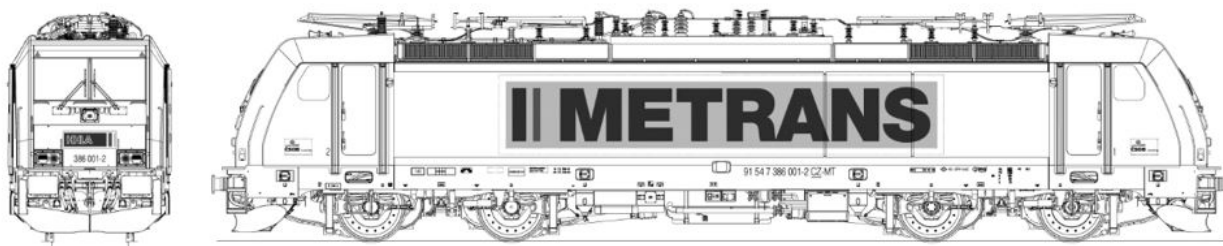
V rámci teoretické části se práce zaměřuje na problematiku geometrického vztahu dvojkolí-kolej, a to s ohledem na stabilitu jízdy kolejového vozidla v přímé koleji, jeho průjezdnost obloukem koleje a provozní opotřebením dvojkolí kolejového vozidla.

1.1 Stručný popis elektrické lokomotivy řady 386

Univerzální elektrická vícesystémová lokomotiva řady 386 je čtyřnápravová lokomotiva, vyrobená firmou Bombardier pod označením TRAXX F140 MS. V České republice tyto lokomotivy provozuje společnost METRANS Rail, s.r.o., v jejichž službách jsou nasazovány na vozbu ucelených nákladních vlaků po evropské železniční síti, převážně pak mezi Českem, Německem, Slovenskem a Maďarskem. Lokomotivy řady 386 disponují vysokým trakčním výkonem 5,6 MW a mohou dosáhnout maximální rychlosti 140 km/h.



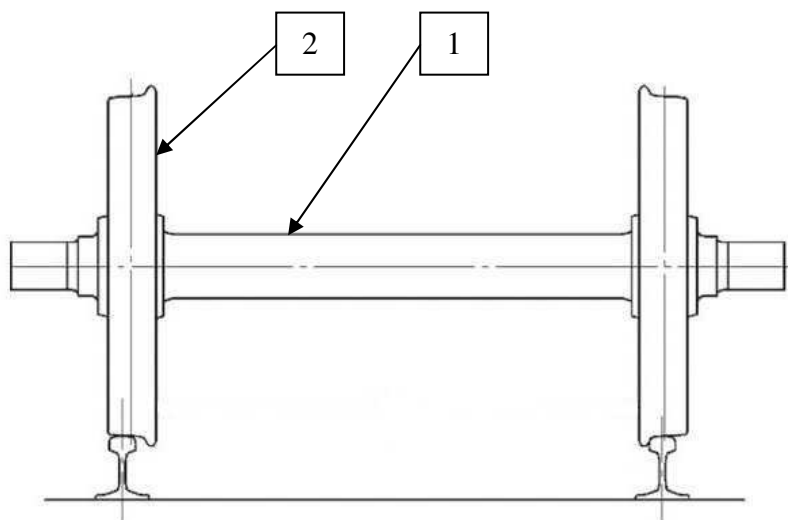
Obr. 1: Elektrická lokomotiva řady 386 [www.zelpage.cz]



Obr. 2: Typový výkres elektrické lokomotivy řady 386 [www.bombardier.com]

1.2 Železniční dvojkolí

Dvojkolí (Obr. 3) patří mezi nejdůležitější a nejvíce namáhané konstrukční celky kolejového vozidla, jelikož nese a vede vozidlo v koleji a dále se podílí i na přenosu trakčních a brzdných sil. U vozidel klasické stavby se skládá z nápravy (Obr. 3, pozice 1) a kol (Obr. 3, pozice 2). Kola mohou být celistvá (monobloková) nebo skládaná (obručová). Dvojkolí je staticky zatěžováno vlastní tíhou vozidla a také proměnlivým zatížením dynamickým, způsobeným jízdou vozidla po koleji. Jeho správná funkce a dobrý technický stav jsou tedy klíčové pro spolehlivý provoz vozidel. Jeho poškození může způsobit závažnou nehodu. [1]



Obr. 3: Železniční dvojkolí [2]

1.3 Kontakt kolo-kolejnice

Kontaktní geometrie ve vztahu dvojkolí-kolej popisuje kinematickou vazbu kola a kolejnice na základě známých tvarů jízdních obrysů kol a příčných profilů hlav kolejnic. Zpravidla formou počítačového zpracování určuje charakteristiky, které udávají změnu sledované veličiny při příčném posouvání dvojkolí z jeho střední polohy na koleji až do předem zvolené situace, která bývá až za dolehnutím okolku na kolejnici v místech postupného šplhání okolku na hlavu kolejnice. [3] Tyto charakteristiky jsou blíže popsány v kap. 1.4.

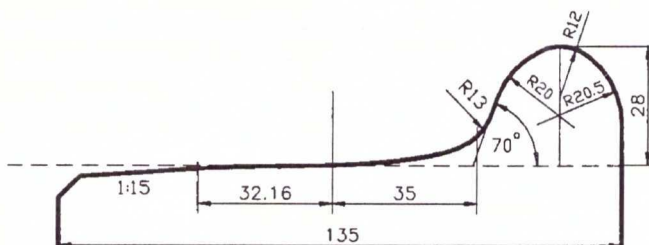
„Rozhraní mezi dvojkolím a kolejí, respektive kolejovým vozidlem a dopravní cestou, tvoří jízdní obrysy kol a příčné profily hlav kolejnic.“ [4] Tyto křivky, které jsou vstupními údaji pro

zjišťování charakteristik kontaktní geometrie, mohou být dány teoreticky jmenovitými tvary, nebo svými skutečnými tvary, které jsou získány z provozních měření.

Obecně jsou charakteristiky kontaktní geometrie prostorovými geometrickými úlohami, ale nejčastěji bývají určovány pro nulovou hodnotu úhlu náběhu. Řešená úloha se pak změní z prostorové na úlohu rovinnou. Pro potřeby těchto charakteristik se kolejnice zobrazují svými kolnými průřezy a dvojkolí bývají zobrazována svislým řezem vedeným osou nápravy. Pro další zjednodušení jsou kolej i dvojkolí uvažovány jako dokonale tuhá tělesa, která se dotýkají ve dvou bodech. Tyto dotykové body mezi dvojkolím a kolejí pak určují jednotlivé charakteristiky. [3]

1.3.1 Jízdní obrys kola

„Je křivka, která ohraničuje kolo v jeho příčném řezu.“ [4] V dřívějších dobách (přibližně do počátku 70. let 20. století) byl na vozech a lokomotivách používán kuželový jízdní obrys. V současné době je u železničních vozidel používán křivkový jízdní obrys, který svým tvarem vychází z opotřebovaného kuželového jízdního obrysu. Jízdní obrys je tvořen jízdní plochou a okolkem. Nejznámějším křivkovým obrysem je obrys UIC-ORE (S1002), který je zobrazen na Obr. 4.



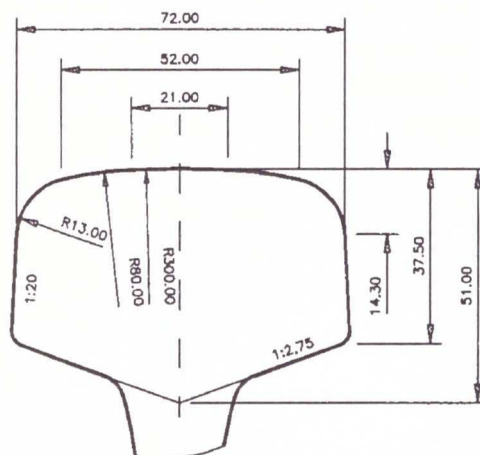
Obr. 4: Jízdní obrys kola UIC-ORE (S1002) [3]

1.3.2 Příčný profil hlavy kolejnice

Je křivka, která se skládá z několika na sebe navazujících poloměrů a která svým tvarem ohraničuje kolejnici v jejím příčném řezu. [3] Na Obr. 5 je jako příklad znázorněn tvar hlavy kolejnice UIC 60.

Na vzájemnou polohu jízdního obrysu kola a příčného profilu hlavy kolejnice mají významný vliv tyto parametry:

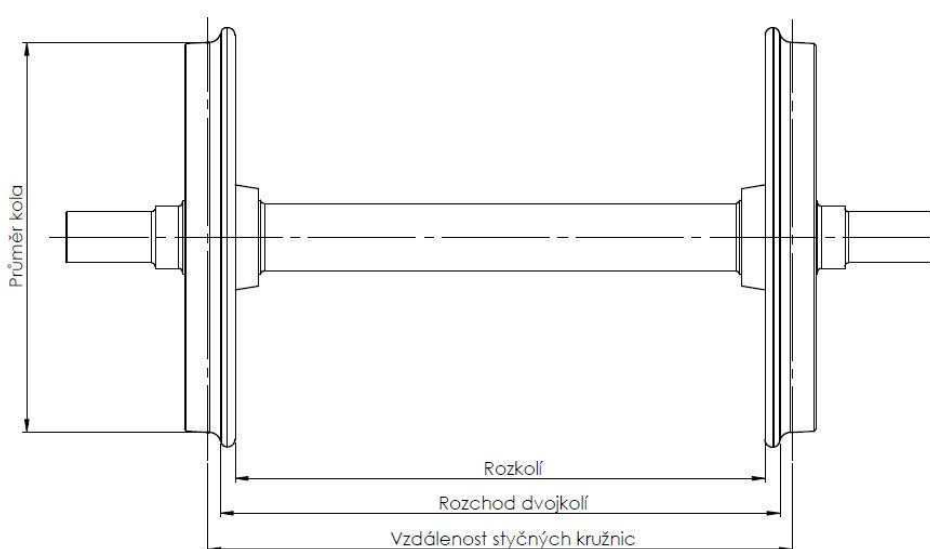
- úklon kolejnic,
- rozchod koleje.



Obr. 5: Tvar hlavy kolejnice UIC 60 [3]

1.3.3 Základní rozměry dvojkolí a jízdního obrysu kola

Při tvorbě této podkapitoly bylo čerpáno z [4], [5] a [6]. Základní rozměry dvojkolí jsou uvedeny na Obr. 6 a základní rozměry jízdního obrysu kola pak na Obr. 7.



Obr. 6: Základní rozměry dvojkolí

Rozkolí

Je vzdálenost vnitřních čel věnců kol či obručí. Tato míra bývá měřena na třech místech vnitřních čel věnců kol či obručí vzájemně posunutých o 120° , přičemž se zjišťuje, zda se naměřené hodnoty neliší více, než je dovolená tolerance. Rozkolí se měří ve vzdálenosti 40 mm od vrcholu okolku. V případě, že se naměřené hodnoty výrazně liší, mohlo dojít k ohnutí nápravy, tvarové deformaci desky kola anebo k povolení lisovaného spoje náboj kola-náprava. Minimální hodnota rozchodu koleje pro měření rozkolí je 1435 mm. Jmenovitá hodnota rozkolí je pak $a = 1360 \pm 3$ mm.

Vzdálenost styčných kružnic

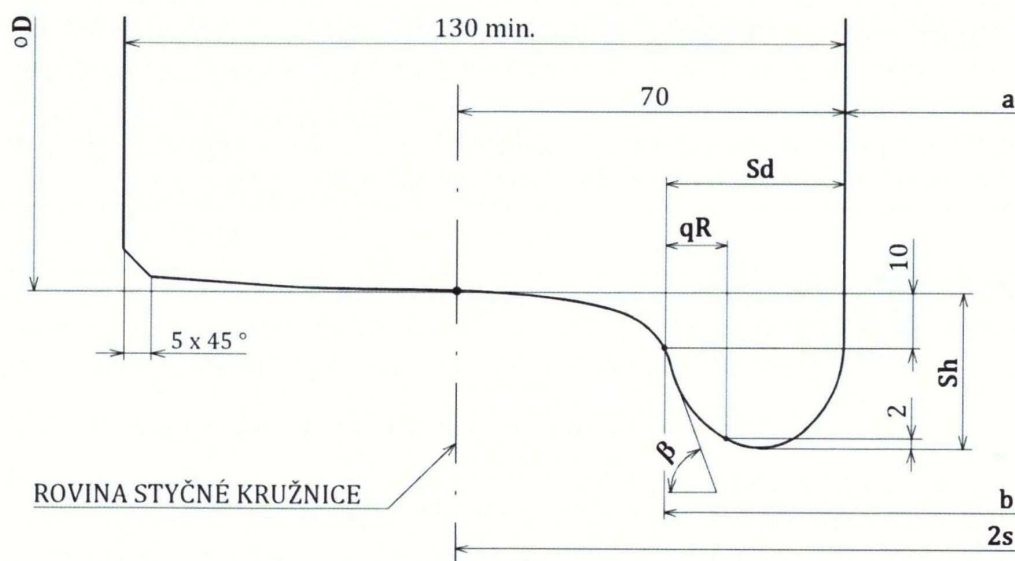
Je smluvní vzdálenost, hodnota této veličiny je pak: $2s = 1500$ mm. Teoreticky zde dochází k dotykům kol a kolejnic. Na styčných kružnicích se provádí měření průměrů kol.

Rozchod dvojkolí

Je definován jako součet hodnoty rozkolí a šířek obou okolků. Jmenovitá hodnota této veličiny je pak součtem jmenovité hodnoty rozkolí a jmenovité šířky obou okolků, tedy platí: $b = a + S_{d1} + S_{d2} = 1425$ mm. Míra rozchodu dvojkolí má vliv na frekvenci vlnivého pohybu dvojkolí.

Vodící šířka dvojkolí

Je součet hodnoty rozkolí a šířky tlustšího z obou okolků. Maximální provozní hodnota této míry je pak: $c = a + \max(S_{d1}; S_{d2}) = 1394$ mm. Dojde-li k překročení této hodnoty, provede se obnova jízdního obrysu kol. Tato míra je velmi důležitá při průjezdu dvojkolí srdcovkou výhybky.



Obr. 7: Základní rozměry jízdního obrysu kola [4]

Šířka okolku (S_h)

Je vzdálenost vnitřního čela věnce kola či obruče od bodu na jízdním obrysu kola, který se nachází 10 mm pod úrovní styčné kružnice. Hodnota této míry může vlivem provozního opotřebení okolku vzrůstat i klesat. Jmenovitá hodnota této míry je pak: $S_h = 32,5 \pm 0,5 \text{ mm}$.

Výška okolku (S_d)

Je svislá vzdálenost mezi styčnou kružnicí a vrcholem okolku. Její hodnota při provozu kolejového vozidla roste vlivem opotřebení jízdní plochy kola (má za následek zmenšování hodnoty průměru kola na styčné kružnici) a dále též vlivem opotřebení té plochy okolku, která je ve styku s kolejnicí. Jmenovitá hodnota této míry je pak: $S_h = 28 \text{ mm}$.

Strmost okolku (q_R)

Je definována jako vzdálenost dvou bodů jízdního obrysu kola, z nichž jeden se nachází ve vzdálenosti 10 mm pod úrovní styčné kružnice a druhý ve vzdálenosti 2 mm pod vrcholem okolku. Jmenovitá hodnota této míry je pak: $q_R = 10,5 \text{ mm}$.

Průměr kola ($\emptyset D$)

Je měřen na styčné kružnici. Lokomotivy sledované v této práci mají nová kola s průměrem $\emptyset D = 1250 \text{ mm}$ a mezní průměr opotřebeného kola $\emptyset D = 1170 \text{ mm}$.

1.3.4 Mezní hodnoty základních rozměrů dvojkolí a jízdního obrysu kola

Za nejdůležitější legislativní dokument v této oblasti lze považovat Nařízení Komise (EU) č. 1302 / 2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii [2].

Hodnoty základních rozměrů dvojkolí musí být v souladu s mezními hodnotami dle tabulky, která je součástí tohoto dokumentu. Výběr z hlediska této práce důležitých rozměrů je uveden v Tab. 1. Mezní hodnoty jsou stanoveny i v Návodu k údržbě [7] a normě ČSN EN 15313 [9]. V Tab. 1 jsou pro porovnání uvedeny i mezní hodnoty dle těchto dokumentů.

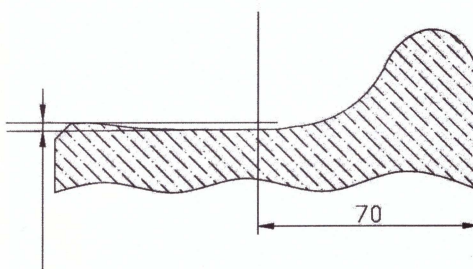
Tab. 1: Mezní hodnoty základních rozměrů dvojkolí [2], [7], [9]

Rozměr [mm]		TSI	ČSN EN 15313	Návod k údržbě
Šířka okolku	max.	33	33	33
	min.	22	22	26
Výška okolku	max.	36	36	36
	min.	27,5	27,5	28
Strmost okolku	max.	-	-	-
	min.	6,5	6,5	6,5
Rozkolí	max.	1363	1363	1363
	min.	1357	1357	1357
Rozchod dvojkolí	max.	1426	1426	1426
	min.	1410	1410	1412

1.3.5 Další důležité sledované veličiny kol dvojkolí

Žlábek v jízdni ploše

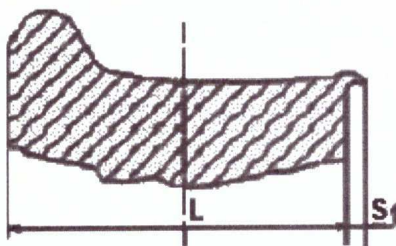
Žlábek v jízdni ploše může vzniknout při výrazném opotřebení jízdniho obrysu kola do jízdni plochy kola a projevuje se jako prohlubeň v jízdni ploše. Vznik žlábků je způsoben tím, že vnější část jízdni plochy přichází do kontaktu s hlavou méně často, a stává se tak při projíždění opornic a křídlových kolejnic ve výhybkách a tudíž se vnější část jízdni plochy opotřebovává méně. [8] Dle normy [9] je žlábek definován jako rozdíl maximálního rozměru jízdni plochy a hodnoty rozměru jízdni plochy v místě styčné kružnice ve svislém směru. Norma [9] dále stanovuje mezní hodnotu hloubky žlábků v jízdni ploše 2 mm. Definice žlábků dle této normy je znázorněna na Obr. 8. Přestože je normou přítomnost žlábků v jízdni ploše kola povolena, je obecně lepší se jeho vzniku vyhnout.



Obr. 8: Definice žlábků v jízdni ploše [9]

Převalek

Vlivem opotřebení jízdniho obrysu kola dochází k vyválnování materiálu z jízdni plochy a k jeho přemístění ve směru od okolku tak, jak je naznačeno na Obr. 9. Mezní hodnota převalku je dle dokumentů [7] a [9] stanovena na 5 mm.



Obr. 9: Definice převalku [9]

Maximální přípustný rozdíl průměrů kol téhož dvojkolí

Dle dokumentu [7] je maximální přípustný rozdíl průměrů kol téhož dvojkolí stanoven na hodnotu 0,5 mm u nového dvojkolí. Po provedení soustružení jízdních obrysů je hodnota tohoto rozdílu též stanovena na 0,5 mm. Mezní hodnota tohoto rozdílu v provozu je pak 2 mm. Dokumenty [2] a [9] mezní hodnotu tohoto rozdílu v provozu neuvádí.

1.4 Charakteristiky kontaktní geometrie

Jak již bylo popsáno výše, charakteristiky kontaktní geometrie popisují vzájemnou polohu kola a kolejnice v závislosti na příčném posouvání dvojkolí v koleji. Při tvorbě této podkapitoly bylo čerpáno z článků [3] a [10] a dále ze skript [4]. Všechny obrázky v této podkapitole se vztahují k teoretickému jízdnímu obrysu UIC-ORE se ztenčeným okolcem o šířce $S_d = 31$ mm, dle normy označeným jako S1002/h28/e31.0/6.67.

1.4.1 Vstupní údaje pro výpočet charakteristik kontaktní geometrie

Na charakteristiky mají vliv tyto vstupy:

- parametry jízdních obrysů kol,
- příčné profily hlav kolejnic,
- úklon kolejnic.

Charakteristiky kontaktní geometrie dvojkolí-kolej popisují kinematickou vazbu těles dvojkolí a koleje, která jsou uvažována jako dokonale tuhá.

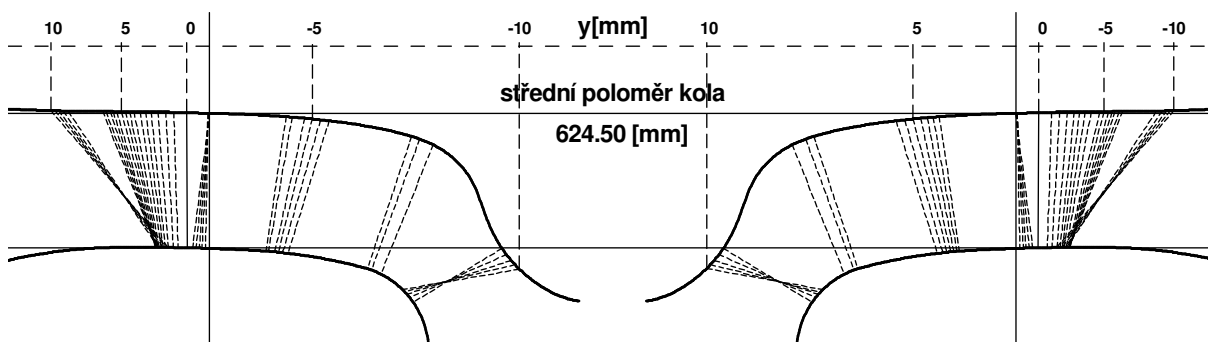
1.4.2 Dotykové body kol a kolejnic

Zjišťování těchto bodů je základním úkolem kontaktní geometrie. Lze je určit výsledkem výpočtu pohybu dvojkolí v koleji. Poloha dotykových bodů na kolech a kolejnicích slouží jako podklad pro výpočet charakteristik ostatních.

„Cílem vyšetřování této charakteristiky je nalezení dotykových bodů pro všechny možné vzájemné polohy dvojkolí a koleje.“ [4]

Ze znalosti příčného pohybu dotykových bodů lze provést odhad průběhu opotřebení kol a kolejnic. Je žádoucí, aby jízdní plochy kol a kolejnic byly opotřebovávány rovnoměrně. Na

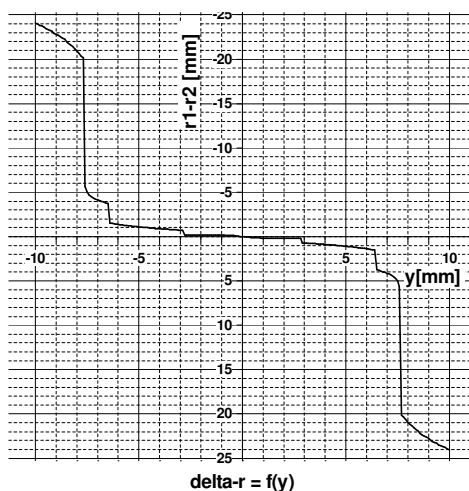
Obr. 10 je znázorněna poloha dotkových bodů na kolech a kolejnicích pro dvojkolí s teoretickým jízdním obrysem UIC-ORE se ztenčeným okolkem se šířkou $S_d = 31$ mm a kolej s kolejnicemi tvaru UIC 60 s úklonem 1:40. Je zřejmé, že rozložení jednotlivých dotkových bodů je rovnoměrné po šířce jízdního obrysu i po hlavě kolejnice.



Obr. 10: Poloha dotkových bodů na kolech a kolejnicích

1.4.3 Delta-r funkce

Tato charakteristika vyjadřuje závislost okamžitého rozdílu poloměrů valivých kružnic jednotlivých kol dvojkolí na změně příčné výchylky dvojkolí y_d . Tedy vyjadřuje, jak se se zvětšující příčnou výchylkou dvojkolí y_d mění velikost poloměrů, po kterých se pohybují jednotlivá kola dvojkolí. Je určována z výsledku výpočtu polohy dotkových bodů. Na Obr. 11 je znázorněn průběh delta-r funkce pro dvojkolí s teoretickým jízdním obrysem UIC-ORE se ztenčeným okolkem se šířkou $S_d = 31$ mm a kolej s kolejnicemi tvaru UIC 60 s úklonem 1:40.

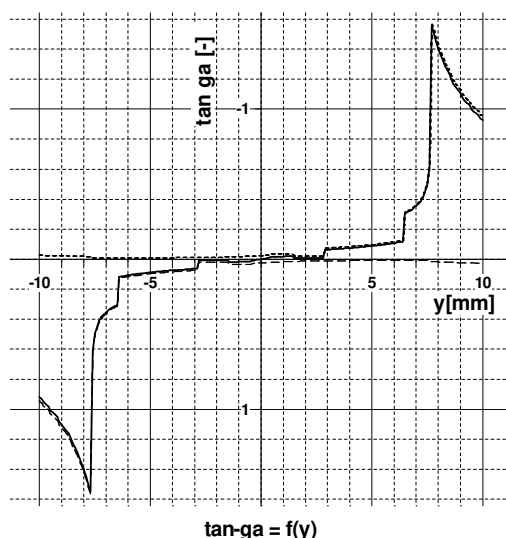


Obr. 11: Průběh delta-r funkce

Delta-r funkce má vliv na vlnivý pohyb dvojkolí v přímé koleji a rovněž na průjezdnost dvojkolí obloukem koleje.

1.4.4 Tangens gama funkce

Vzájemná poloha dotkových bodů na kolech a kolejnicích velmi úzce souvisí s velikostmi úhlů dotkových rovin ve vzájemném styku kolo-kolejnice. Ze znalosti úhlů dotkových rovin lze určit rozložení a velikost sil mezi kolem a kolejnicí pro jakoukoliv polohu dvojkolí v koleji, která může za jízdy kolejového vozidla nastat. Jedním z určujících parametrů pro silové zatížení (a tudíž i opotřebení) kol dvojkolí je poloha normálové síly, a proto je znalost hodnoty úhlů dotkových rovin významná pro posuzování charakteru vzájemného vztahu dvojkolí-kolej. Na Obr. 12 je znázorněn průběh tangens gama funkce pro dvojkolí s teoretickým jízdním obrysem UIC-ORE se ztenčeným okolkem se šířkou $S_d = 31$ mm a kolej s kolejnicemi tvaru UIC 60 s úklonem 1:40.



Obr. 12: Průběh tangens gama funkce

Tato funkce je definována jako rozdíl tangent úhlů sklonu dotkových rovin na pravém a levém kole, přičemž závisí na příčném posunutí dvojkolí y_d .

Tangens gama funkce je významná, protože:

- ukazuje intenzitu příčné silové vazby dvojkolí ke koleji, která vlivem rozdílu okamžitých poloměrů valivých kružnic kol dvojkolí vytváří pružnou vazbu dvojkolí ke koleji,

- vytváří takové vodící účinky, při kterých lze dosáhnout toho, že za průjezdu dvojkolí obloukem nedojde u nabíhajícího kola k úplnému vyčerpání volného kanálu koleje a hodnota úhlu sklonu dotykové roviny nedosáhne své maximální hodnoty, kterou je hodnota úhlu sklonu okolku.

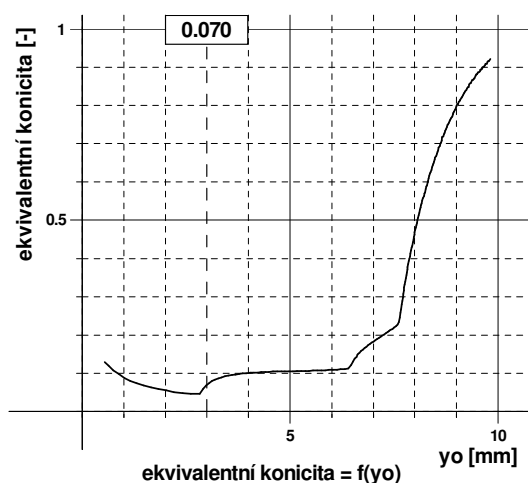
1.4.5 Ekvivalentní konicita

„Nejdůležitějším důsledkem kuželovitosti nebo obecného zakřivení jízdního obrysu železničních dvojkolí je vznik jeho vlnivého pohybu při jízdě po koleji, a to bez ohledu na to, jestli je, nebo není ideálně přímá.“ [3]

Máme-li dvojkolí s křivkovým jízdním obrysem, které při amplitudě y_0 má délku vlny L_{kr} , pak lze ekvivalentní konicitu λ_{ekv} definovat jako kuželovitost, kterou by muselo disponovat dvojkolí s kuželovým jízdním obrysem, aby dosahovalo stejné délky vlny jako výše zmíněné dvojkolí s křivkovým jízdním obrysem.

Tato charakteristika popisuje periodický vlnivý pohyb dvojkolí v koleji. Křivkové jízdní obrysy jsou charakterizovány proměnnou délkou vlny. Pro objektivní porovnání různých kontaktních dvojic dvojkolí-kolej je používána smluvně stanovená hodnota ekvivalentní konicity pro amplitudu vlnivého pohybu dvojkolí $y_0 = 3$ mm.

Na Obr. 13 je znázorněn průběh funkce ekvivalentní konicity pro dvojkolí s teoretickým jízdním obrysem UIC-ORE a kolej s kolejnicemi tvaru UIC 60 s úklonem 1:40.



Obr. 13: Průběh funkce ekvivalentní konicity

Funkce ekvivalentní konicity je velmi důležitá pro posuzování jízdních vlastností kolejových vozidel a je velmi přísně sledována při zkoušení vozidel s ohledem na stabilitu jejich pohybu při vyšších rychlostech.

1.5 Měření jízdních obrysů kol

V podmínkách společnosti METRANS Rail, s.r.o., je pro měření změn tvarů jízdních obrysů kol vlivem opotřebení používáno měřidlo s názvem MiniProf [13]. Tento měřicí systém je charakterizován velkou přesností. Měřicí mechanismus je za pomoci magnetů upevněn na jízdní plochu kola a samotné měření je realizováno prostřednictvím snímače, který přejíždí po jízdním obrysu kola a kopíruje jeho tvar. Změřené hodnoty jsou ihned zaznamenány do připojeného vyhodnocovacího zařízení, a tudíž je možné dále s nimi pracovat. Používání Miniprofu bylo zahájeno v březnu roku 2016.



Obr. 14: Měřicí systém MiniProf [13]

Před tímto datem byla k měření jízdních obrysů kol užívána mechanická měřka jízdního obrysu.

1.6 Údržbové zásahy na dvojkolích lokomotiv řady 386

Dle Návodu k údržbě [7] jsou na lokomotivách řady 386 prováděny tyto údržbové zásahy:

Tab. 2: Přehled údržbových zásahů na lokomotivách [7]

Údaje tolerancí k příslušným stupňům údržby / km		
Stupeň údržby	Vzdálenost (km)	Tolerance
I 1	30 000	+ 10 %
I 2	150 000	+ 10 %
I 3	300 000	+ 10 %
R1	1 200 000	+ 5 %
R2	2 400 000	+ 0 %

Tab. 2 popisuje provádění údržby na základě dosaženého kilometrického proběhu. Údržbové zásahy stupňů I1 až I3 jsou u lokomotiv společnosti METRANS Rail, s.r.o., prováděny v závodě DYKO Kolín, na základě dosaženého kilometrického proběhu.

Následuje popis důležitých skutečností (z hlediska této práce) pro jednotlivé údržbové zásahy.

Při všech údržbových zásazích se u jízdních obrysů kol provádí vizuální kontrola jízdní plochy kol. Při všech zásazích se též kontroluje, zda nedošlo k protočení kol a dále je předepsáno měření výšky okolku, šířky okolku, strmosti okolku, rozkolí a průměru dvojkolí. Výměna dvojkolí je pak předepsána pro zásahy R1 a R2, avšak s poznámkou „podle potřeby“. Dle potřeby je předepsáno i soustružení jízdních obrysů kol. Návod k údržbě [7] tedy nijak nestanovuje, po jakém kilometrickém proběhu mají lokomotivy projít soustružením jízdních obrysů kol.

1.7 Stabilita jízdy vozidla v přímé koleji

V této podkapitole je čerpáno z článku [10].

Vliv ekvivalentní konicity

Zvyšuje-li se hodnota ekvivalentní konicity, pak dochází ke zkracování délky vlny pohybu volného dvojkolí v koleji, což má za následek zvýšení frekvence tohoto pohybu. Vyšší frekvence vlnivého pohybu dvojkolí pak zvyšuje setrvačné účinky dvojkolí, což může vést ke vzniku neklidného či v nejnepříznivějším případě nestabilního chodu dvojkolí při vyšších

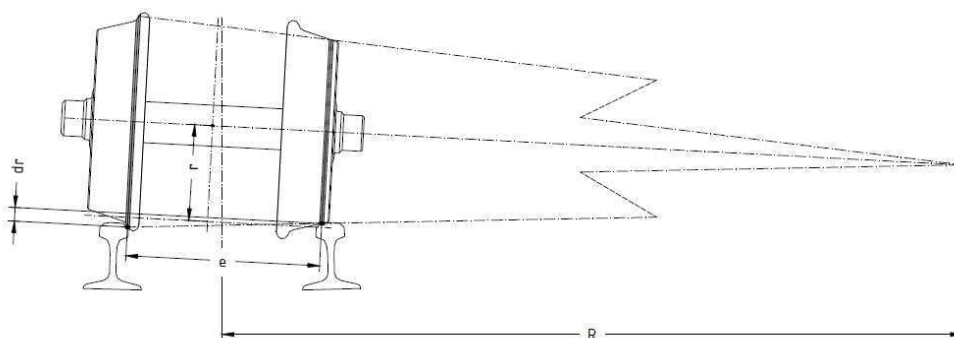
rychlostech jízdy. Vyšší setrvačné účinky dvojkolí mají za následek zvýšené opotřebení kol a snížení jízdní bezpečnosti. Dvojkolí s vyšší hodnotou ekvivalentní konicity má též tendenci citlivě reagovat na směrové nerovnosti koleje.

1.8 Vedení vozidla obloukem koleje

V této podkapitole je čerpáno z článků [10], [11] a disertační práce [12].

Vliv delta-r funkce

Rozdíl valivých kružnic částečně kompenzuje rozdíl ujeté dráhy jednotlivých kol v oblouku. Je-li vytvářený rozdíl v poloměrech kol při jízdě oblouky nedostatečný, pak dochází ke zhoršení vodících vlastností dvojkolí v oblouku a značnému opotřebení jízdních obrysů kol. Tedy čím strmější je průběh delta-r funkce, tím lépe je dvojkolí vedeno obloukem koleje a zároveň bude toto dvojkolí lépe středěno do osy, jelikož vyšší hodnoty dosáhne i tangens gama funkce.



Obr. 15: Změny poloměrů valení jednotlivých kol při průjezdu dvojkolí obloukem koleje [10]

1.9 Druhy opotřebení jízdního obrysu

V této podkapitole je čerpáno z textu disertační práce [6].

Opotřebení do jízdní plochy

Vyskytuje se na rovinných tratích s oblouky o velkých poloměrech. Při tomto charakteru opotřebení dochází k nárůstu šířky okolku, jinými slovy okolky „tloustnou“. V jízdní ploše kola by nemělo dojít ke vzniku žlábků.

Opotřebení do okolku

Tento druh opotřebení se vyskytuje na obloukovitých tratích, které disponují malými poloměry oblouků. Při soustružení takto opotřeбенého jízdního obrysu je nutné z jízdní plochy kola odebrat daleko větší množství materiálu, než je tomu u opotřebení do jízdní plochy.

Průběh opotřebení jízdního obrysu závisí z velké části na charakteru pojížděných tratí. Většímu opotřebení okolků odpovídá i větší opotřebení jízdní plochy kola.

Příčiny nadměrného opotřebení jízdní plochy:

- nevhodně volená jakost materiálu kol,
- zhoršení chodových vlastností vozidla,
- poškození vedení dvojkolí,
- zvýšená drsnost povrchu po soustružení.

Příčiny nadměrného opotřebení okolků při běžném opotřebení jízdní plochy:

- provozování vozidla převážně na obloukovitých tratích,
- změna hodnoty rozkolí a nepřípustné hodnoty rozchodu dvojkolí,
- vyšší než přípustný rozdíl průměrů kol téhož dvojkolí,
- rozdíly ve svislých kolových silách jednotlivých kol vozidla mimo stanovené tolerance,
- špatně seřízený nebo nefunkční systém mazání okolků,
- velký součinitel tření mezi kolem a kolejnicí (při dlouhodobě suchém počasí).

Příčiny nadměrného opotřebení okolků při běžném opotřebení jízdní plochy:

- časté a razantní rozjezdy hnacích vozidel,
- zablokování kol při brzdění,
- ovalita a nevyváženost kol dvojkolí.

2 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ OPOTŘEBENÍ KOL DVOJKOLÍ S OHLEDEM NA CHARAKTER PROVOZNIHO NASAZENÍ LOKOMOTIV A TEORETICKÝ JÍZDNÍ OBRYS

Na základě dat z provozních měření poskytnutých společnostmi METRANS Rail, s.r.o., bude provedeno vyhodnocení opotřebení kol dvojkolí lokomotiv, provozovaných s jízdními obrysy UIC-ORE (S 1002). Cílem tohoto měření bylo sledování těchto základních rozměrů jízdních obrysů kol (parametrů): výšky okolku, šířky okolku, strmosti okolku, rozkolí, průměru kol, a převalků.

Veškeré grafy a tabulky v této kapitole vznikly na základě analýzy výše zmíněných poskytnutých dat.

Samotná údržba dvojkolí probíhá dle Návodu k údržbě [7] systémem prohlídek a kontrolních měření, přičemž je-li měřením odhaleno překročení některé z mezních hodnot sledovaných rozměrů kol dvojkolí, pak je lokomotiva odeslána k obnově jízdního obrysu kol. Jedná se tedy o systém údržby po prohlídce.

Měření jízdních obrysů kol dvojkolí probíhá dle [7] po každých 30 000 najetých kilometrech. Kilometrický proběh jednotlivých lokomotiv do prvního soustružení je uveden v Tab. 3.

Do první obnovy jízdního obrysu byly všechny sledované lokomotivy provozovány s jízdními obrysy kol se šířkou okolku $S_d = 32,5$ mm.

Tab. 3: Kilometrický proběh sledovaných lokomotiv s šířkou okolku 32,5 mm

Vozidlo	Kilometrický proběh	Vozidlo	Kilometrický proběh
M1	252 033	M11	268 112
M2	330 224	M12	254 569
M3	278 965	M13	233 013
M4	250 207	M14	235 703
M5	201 421	M15	224 899
M6	263 057	M16	234 625

M7	262 000	M17	232 706
M8	299 747	M18	232 431
M9	270 000	M19	209 084
M10	295 326	M20	223 932

Při první obnově jízdních obrysů kol došlo k soustružení lokomotiv na jízdní obrysy se ztenčeným okolkem. Toto rozdělení lokomotiv do skupin dle šířky okolku po prvním soustružení je uvedeno v tabulce Tab. 4.

Tab. 4: Rozdělení lokomotiv do skupin po prvním soustružení a jejich kilometrický proběh

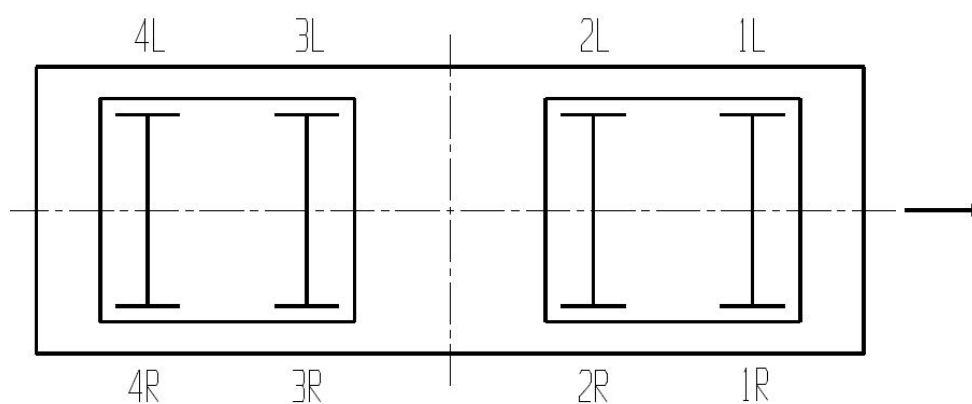
Vozidlo	S _d [mm]	Kilometrický proběh	Vozidlo	S _d [mm]	Kilometrický proběh
M1	31	211 595	M11	31	234 475*
M2	31,5	121 278*	M12	31	255 270*
M3	31	196 128*	M13	31	251 797
M4	31,5	234 404*	M14	31	267 461
M5	32	241 579*	M15	31	235 947
M6	32,5	228 608*	M16	31	275 681
M7	31	277 393	M17	31	233 889*
M8	31	234 033*	M18	31	242 568
M9	31,5	264 853*	M19	31	267 681
M10	31	232 171*	M20	30,5	208 605*

Symbol „*“ u dané lokomotivy znamená, že v průběhu sledování došlo u dané lokomotivy i ke druhému soustružení.

Z tabulky Tab. 4 vyplývá, že po první obnově jízdního obrysu bylo provozováno s okolkem ztenčeným o 1,5 mm 14 lokomotiv, s okolkem ztenčeným o 1 mm jsou to 3 lokomotivy. Jedna lokomotiva disponovala jízdním obrysem s původní tloušťkou okolku 32,5 mm a jedna

byla provozována s jízdním obrysem o šířce okolku 32 mm. Šířka okolku 30,5 mm po první obnově jízdních obrysů kol lokomotivy M20 byla způsobena chybně provedeným soustružením.

Pro správnou orientaci v celém textu je třeba zavést jednotný systém označení jednotlivých dvojkolí a kol. Veškeré obrázky a informace v textu jsou pak odkazovány na tento systém, který je uveden na Obr. 16. Systém je rovněž použit i ve všech přílohách. Směr jízdy vozidla je naznačen šipkou. Např. „1L“ pak označuje levé kolo dvojkolí č. 1 a „2L“ levé kolo dvojkolí č. 2.



Obr. 16: Označení jednotlivých kol lokomotiv

V budoucnu je provozovatelem sledovaných lokomotiv plánováno, že lokomotivy budou jezdit na soustruh pravidelně v pevně daném intervalu, a to i v případě, že nebude dosaženo mezní hodnoty žádné ze sledovaných veličin.

Analýzou poskytnutých dat bylo u lokomotiv zjištěno rychlejší opotřebování dvojkolí č. 1 a 4 oproti dvojkolím č. 2 a 3. Tento stav je zapříčiněn nabíháním prvního dvojkolí ve směru jízdy na vnější kolejnicový pás při průjezdu obloukem koleje.

Vliv na opotřebení kol a tudíž i na změny sledovaných základních rozměrů (zejména šířka okolku, převalky, a další) kol mají klimatické podmínky, zejména zimní období či sucho, a obecně adheze jako taková, např. při použití pískování.

Pro zamezení nadměrného tloušťnutí okolků je u lokomotiv používáno jejich přechodné nasazení do Maďarska, kde pravděpodobně vlivem odlišných kontaktních poměrů dochází k jejich opětovnému ztenčování.

V následujících podkapitolách jsou stručně popsány poznatky, vysledované z průběhů změn základních rozměrů kol a dvojkolí sledovaných lokomotiv. Pro každou veličinu jsou vybrány za zmínku stojící skutečnosti, vztažené vždy na vybranou lokomotivu, jejíž sledované parametry se vyvíjí podobně, jako u lokomotiv ostatních. Srovnání vývoje průběhu některých veličin pro stejné lokomotivy před a po prvním soustružení je provedeno pouze tam, kde došlo ke změně šířky okolku z 32,5 mm na 31 mm. Tato šířka okolku po prvním soustružení převládala u největšího počtu lokomotiv ze sledované skupiny. Pro toto srovnání byla zvolena lokomotiva M15, a to z důvodu prakticky stejného kilometrického proběhu před soustružením (224 899 km) a po něm (235 947 km). Dále je u této lokomotivy dosaženo poměrně přesného měření hodnot rozkolí a rovněž průběhy změn jejich sledovaných parametrů přibližně reprezentuje i chování lokomotiv ostatních. Souhrnné grafické vyjádření průběhů změn základních rozměrů kol a dvojkolí u všech sledovaných lokomotiv je obsahem přílohy č. 1 k této práci. Lokomotiva M15 je uvedena na listu č. 15 této přílohy.

Příloha č. 1 byla do grafické podoby zpracována v programu MS Excel. Poslední aktualizace dat z provozních měření základních rozměrů kol dvojkolí proběhla dne 1. 5. 2017.

2.1.1 Rozkolí, rozchod dvojkolí a vodící šířka dvojkolí

Měření hodnot rozkolí je poměrně nepřesné a skoky jeho hodnot dosahují v některých případech hodnoty až ± 1 mm. Příklad nepřesností v měření je uveden na Obr. 17 pro lokomotivu M1 pro období od počátku sledování do doby než prošla prvním soustružením, kdy byla provozována s jízdními obrysy kol s šířkou okolku $S_d = 32,5$ mm.

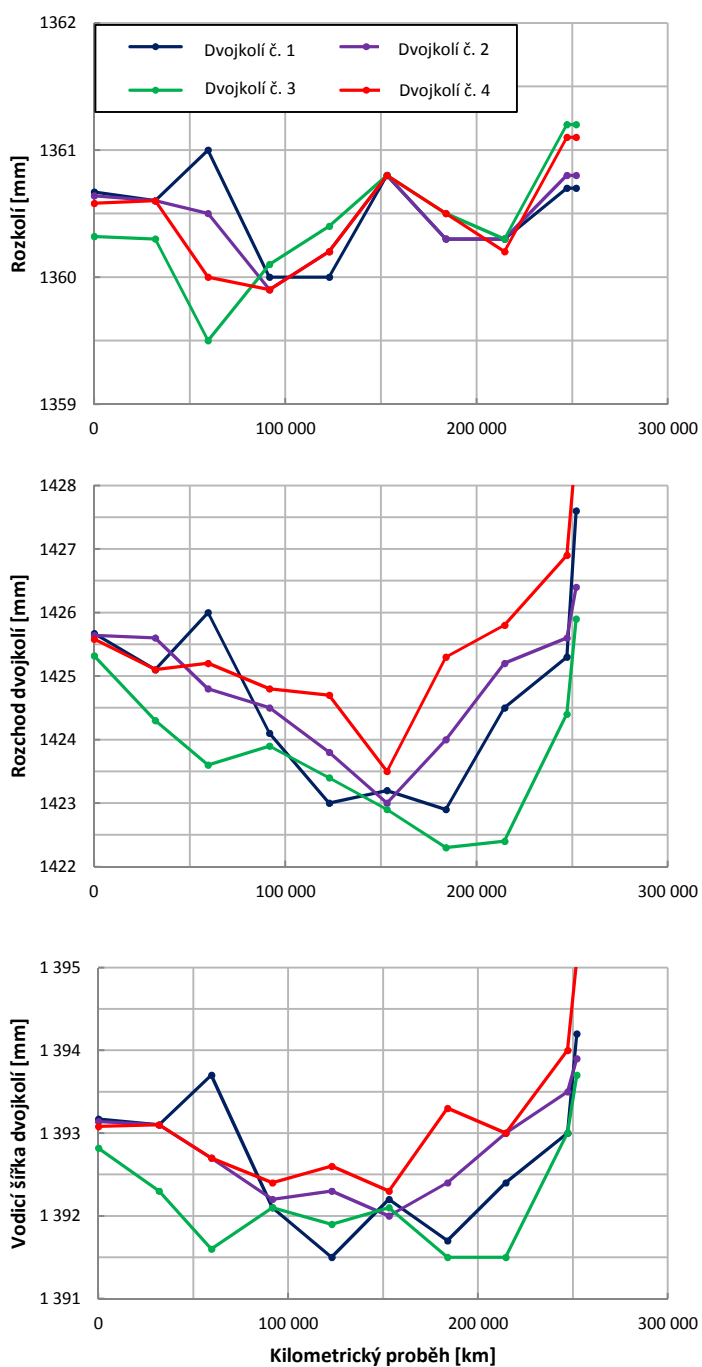
Skoky v hodnotách rozkolí lze vysvětlit:

- možnou chybou pracovníka, který měření prováděl,
- rozdílnou metodikou měření rozkolí,
- používáním měřidla s nízkou rozlišovací schopností.

Na přesnosti měření rozkolí jsou přímo závislé hodnoty rozchodu dvojkolí a vodící šířky dvojkolí.

Z hlediska používaného měřidla lze konstatovat, že měření rozkolí je prováděno měřidlem s rozlišovací schopností 1 mm, což také vysvětluje skokovité změny v naměřených hodnotách.

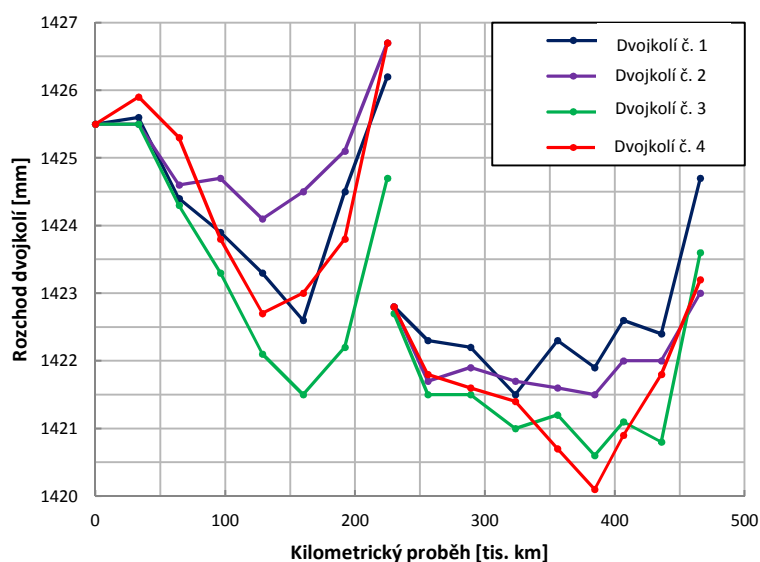
Jak již bylo zmíněno výše, vliv nepřesností v měření rozkolí výrazně ovlivňuje hodnoty rozchodu dvojkolí a vodící šířky dvojkolí. Tato skutečnost je zřejmá opět z Obr. 17.



Obr. 17: Vliv nepřesností měření rozkolí na ostatní sledované rozměry dvojkolí lokomotivy M1

Z obrázku jsou patrné výrazné změny v hodnotách rozkolí, a to nárůst na hodnotu 1361 mm a následný pokles na hodnotu 1360 mm u dvojkolí č. 1 při druhém a třetím měření a dále pokles na 1359,5 mm u dvojkolí č. 3 při druhém měření. Chyba v měření u dvojkolí č. 1 má za následek nárůst hodnoty rozchodu dvojkolí na 1426 mm, což by znamenalo dosažení mezní hodnoty rozchodu dvojkolí. A pokud by tato informace byla brána jako směrodatná, lokomotiva by musela být odeslána na soustružení. Rovněž má tato chyba v měření vliv i na hodnotu vodící šířky dvojkolí č. 1, která při kilometrickém proběhu již 59 552 km téměř dosáhne mezní hodnoty 1394 mm. Nelze pak při vyhodnocování posoudit, zda je dosažení mezních hodnot způsobeno nepřesností měření rozkolí či nikoliv.

Při posledním měření, na samotném konci kilometrického proběhu, jsou na Obr. 17 též zřejmé prudké nárůsty hodnot rozchodu dvojkolí a vodící šířky dvojkolí z důvodu nepřesnosti a rozdílné technologie měření na pracovišti kolového soustruhu v DPOV Nymburk, kde byla tato lokomotiva soustružena. Obdobné skoky lze tedy nalézt i u průběhů základních rozměrů kol lokomotivy M1, které jsou uvedeny v příloze č. 1.1. Na základě tohoto poznatku lze konstatovat, že za srovnatelná lze pokládat pouze ta měření, která jsou provedena na stejném měřicím místě.



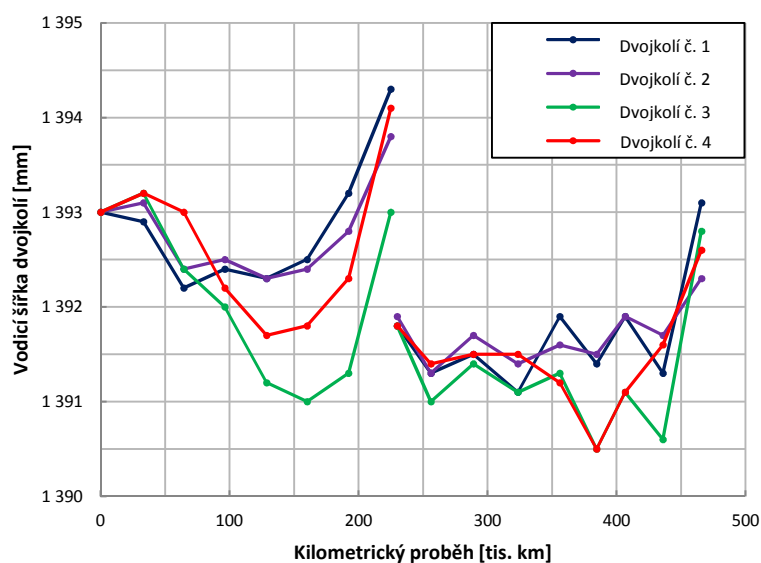
Obr. 18: Průběh rozchodu dvojkolí lokomotivy M15

Na Obr. 18 je uveden průběh rozchodu dvojkolí jednotlivých náprav u lokomotivy M15 pro celkový kilometrický proběh sledování, přičemž mezera mezi průběhy vyjadřuje

soustružení, při kterém byla kola přesoustružena na jízdní obrys se ztenčeným okolkem s šířkou $S_d = 31$ mm.

Z grafického průběhu změn rozchodu dvojkolí lze konstatovat, že při prakticky shodném kilometrickém proběhu lokomotivy bylo u dvojkolí s jízdními obrysy kol o šířce okolku $S_d = 32,5$ mm dosaženo mezní hodnoty rozchodu dvojkolí, zatímco u dvojkolí s jízdními obrysy kol s okolkem šířky $S_d = 31$ mm lze vysledovat, že rozchod dvojkolí dosahuje hodnot nižších a oproti mezní hodnotě disponuje určitou „rezervou“. Avšak i průběh rozchodu dvojkolí je zcela evidentně zatížen chybami v měření rozkolí. S růstem hodnoty rozchodu dvojkolí dochází i k nárůstu charakteristik kontaktní geometrie delta-r funkce, tangens gama funkce a ekvivalentní konicity, což má za následek silnější středění dvojkolí do osy a zkracování délky vlny jeho vlnivého pohybu.

Dále je na Obr. 19 uveden průběh vodící šířky všech dvojkolí pro celý kilometrický proběh u stejné lokomotivy.



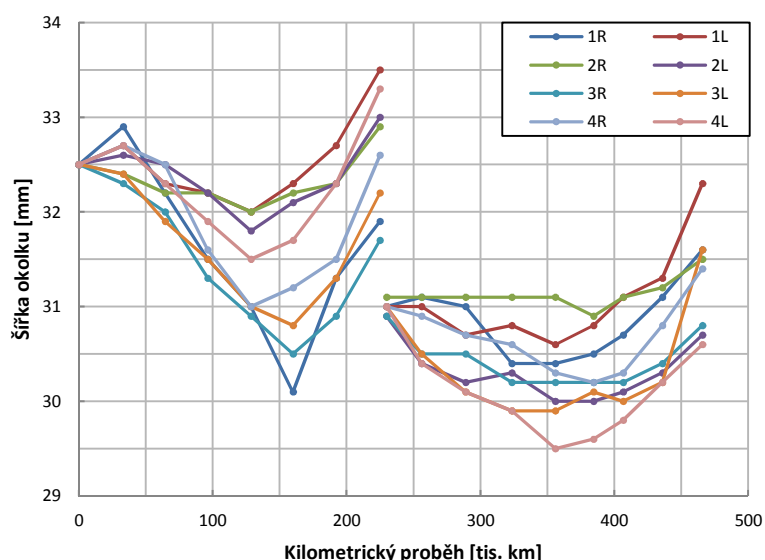
Obr. 19: Průběh vodící šířky dvojkolí lokomotivy M15

Stejně jako v případě rozchodu dvojkolí lze z grafického průběhu vodící šířky jednotlivých dvojkolí vysledovat, že zatímco byla u dvojkolí s jízdními obrysy kol s okolkem šířky $S_d = 32,5$ mm již dosažena mezní hodnota vodící šířky, u dvojkolí s jízdními obrysy kol s okolkem šířky $S_d = 31$ mm při prakticky shodném kilometrickém proběhu dosahuje vodící šířka dvojkolí hodnot nižších a oproti mezní hodnotě disponuje určitou „rezervou“.

2.1.2 Šířka okolku

Dle [7] je jako mezní hodnota šířky okolku stanovena hodnota 33 mm. Při dosažení této hodnoty je lokomotiva odesílána na soustružení. U všech sledovaných lokomotiv lze u této veličiny pozorovat nejprve klesající průběh (okolky ztenčují) a následně nárůst hodnoty této veličiny (tloustnutí okolků). Je zajímavé, že okolky začínají tloustnout po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km, a to jak v období před prvním soustružením, tak i v období po něm. Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, tloustnutí okolků značí opotřebovávání kol do jízdní plochy.

Pro porovnání vývoje šířek okolků je na Obr. 20 uvedena situace pro lokomotivu M15. V grafickém vyjádření jsou místy patrné chyby v měření. Jako příklad lze uvést výrazně nízkou hodnotu šířky okolku kola 1R při měření po dosažení kilometrickém proběhu 160 035 km.

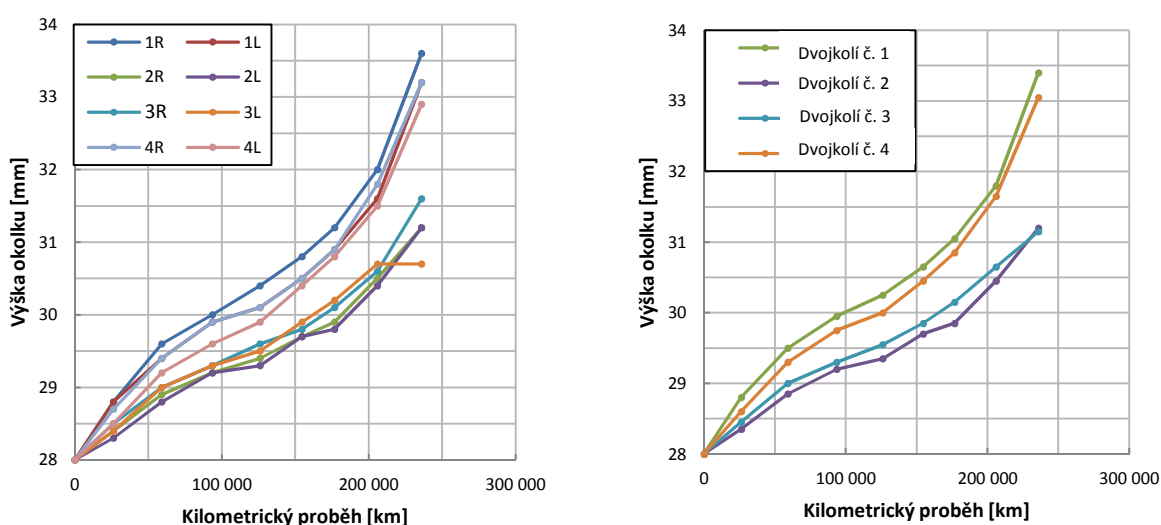


Obr. 20: Průběh šířky okolku všech kol lokomotivy M15

Z grafického průběhu změn šířky okolku lze vysledovat, že při prakticky shodném kilometrickém proběhu lokomotivy bylo u dvojkolí s jízdními obrusy kol s okolkem šířky $S_d = 32,5$ mm dosaženo mnohem vyšších hodnot šířky okolku, než je tomu u dvojkolí s jízdními obrusy kol s okolkem šířky $S_d = 31$ mm. V prvním případě již došlo k dosažení mezní hodnoty šířky okolku dle [7], zatímco po prvním soustružení, kdy již byly lokomotivy provozovány s jízdními obrusy s okolkem šířky $S_d = 31$ mm, bylo dosaženo hodnot téměř o 1,5 mm nižších.

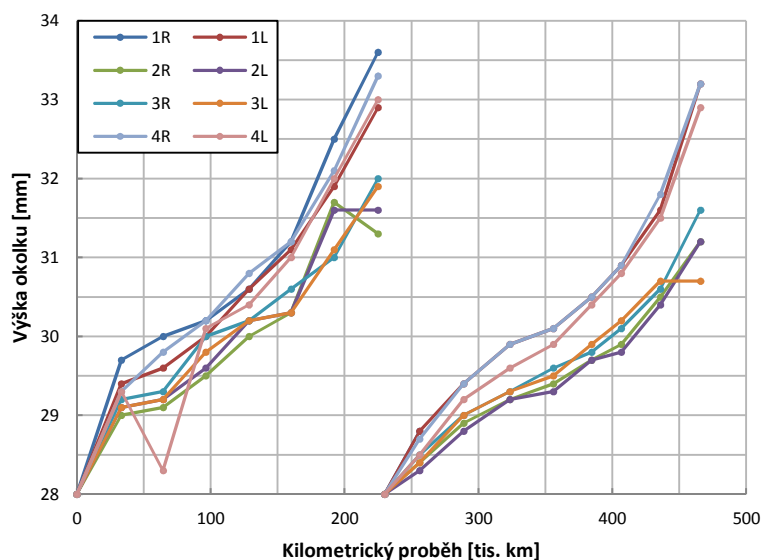
2.1.3 Výška okolku

Na všech sledovaných lokomotivách došlo vlivem během provozování k narůstání hodnoty této veličiny. Hodnota výšky okolku nedosáhla své mezní hodnoty u žádné ze sledovaných lokomotiv. I v hodnotách výšek okolku se místy vyskytují skokovité změny. Tyto změny mohou být opět způsobeny náhodným vlivem, chybou v zápisu, či nesprávným provedením měření. Jako příklad chyby v zápisu lze uvést hodnoty výšek okolku lokomotivy M16 na samém počátku sledování. Místo jmenovité hodnoty 28 mm je zde u všech kol uvedena na první pohled chybná hodnota 32 mm. Průběhy změn základních rozměrů kol a dvojkolí lokomotivy M16 jsou obsahem přílohy č. 1.16. Ze sledování vývoje změn výšky okolku též dále vyplývá skutečnost, že dvojkolí č. 1 a 4 jsou u sledovaných lokomotiv opotřebovávána rychleji, než je tomu u dvojkolí č. 2 a 3. Příklad takového průběhu opotřebení je uveden na Obr. 21 pro lokomotivu M15. V levé části obrázku jsou uvedeny průběhy výšky okolku pro všechna kola. Jelikož se průběhy výšky okolku kol jednotlivých dvojkolí liší pouze minimálně, bylo provedeno jejich zprůměrování. Tyto průměrované průběhy jsou pak uvedeny v pravé části obrázku. Kilometrický proběh je počítán pro období po prvním soustružení, kdy byla lokomotiva již provozována s jízdními obrysy se ztenčeným okolkem na hodnotu $S_d = 31$ mm. Z grafického vyjádření vyplývá skutečnost, že po dosažení kilometrického proběhu 235 947 km je rozdíl mezi výškami okolku na dvojkolích č. 1 a 4 oproti výškám okolku dvojkolí č. 2 a 3 přibližně 2 mm. Což je rozdíl poměrně výrazný.



Obr. 21: Průběh výšky okolku všech kol a průměrů výšek okolku na dvojkolích lokomotivy M15

Na Obr. 22 je graficky znázorněn průběh výšky okolku všech kol lokomotivy M15 pro celkový kilometrický proběh od začátku sledování. Podobně jako v grafickém znázornění průběhu šířky okolku na Obr. 20 jsou i v tomto grafickém znázornění patrné náhodné vlivy a chyby, které ovlivňují přesnost měření. Jako příklad lze mj. uvést pokles výšky okolku kola 4L při měření v kilometrickerém proběhu 64 436 km.



Obr. 22: Průběh výšky okolku všech kol lokomotivy M15

Z grafického průběhu změn výšky okolku lze vysledovat, že při prakticky shodném kilometrickerém proběhu lokomotivy M15 před a po soustružení je trend vývoje této veličiny velmi podobný. A to jak do rychlosti jejího nárůstu, tak do rozdílného charakteru opotřebení dvojkolů č. 1 a 4 proti dvojkolům č. 2 a 3.

Jako další zajímavý poznatek lze, stejně jako v případě průběhů šířky okolku uvést, že jak u lokomotiv s jízdním obrysem se šířkou okolku $S_d = 32,5$ mm, tak u lokomotiv, které byly po prvním soustružení provozovány s jízdními obrysy s okolkem šířky $S_d = 31$ mm, je znatelný progresivnější nárůst výšky okolku po dosažení kilometrickerého proběhu přibližně 150 000 km. Tuto skutečnost lze mj. vysvětlit i vlivem klimatických podmínek, jelikož pozorovaná změna se u velké části lokomotiv projevila na podzim a v zimním období. Vyšší strmost průběhu opotřebovávání může být rovněž způsobena vznikem žlábků v jízdní ploše kol. Přítomnost žlábků však z vývoje změn základních rozměrů kol není možné zjistit.

2.1.4 Strmost okolku

U některých lokomotiv byly na počátku provozu uvedeny nereálné hodnoty strmostí okolku. Tato skutečnost je způsobena chybami v měření přímo ve výrobním závodě společnosti Bombardier. Jako konkrétní příklad lze uvést lokomotivu M15, dokladovanou v příloze č. 1.15. U žádné ze sledovaných lokomotiv nedošlo během sledovaného období provozu k dosažení mezní hodnoty této veličiny.

2.1.5 Průměry jednotlivých kol

Měření průměrů kol je u provozně opotřebených kol problematické a velmi citlivé na metodu měření, což potvrzuje analýza poskytnutých dat. S ohledem na dovolené tolerance rozdílu průměrů kol by bylo vhodné metodu měření upravit a zpřesnit.

2.1.6 Závěrečné shrnutí

Na základě analýzy poskytnutých dat byla provedena jejich úprava, při které byly zjevně nereálné odlišnosti způsobené chybami v měření, rozdíly způsobené jinou metodikou měření či náhodnými vlivy z průběhů jednotlivých základních rozměrů kol a dvojkolí odstraněny.

Vliv měření rozkolí ovlivňuje hodnoty rozchodu dvojkolí a vodící šířky dvojkolí natolik, že bylo přistoupeno k použití průměrované hodnoty rozkolí. Průměrovaná hodnota rozkolí je spočtena aritmetickým průměrem příslušných měření.

Na základě provedeného vyhodnocení provozních měření lze konstatovat následující poznatky:

- Soustružení kol lokomotiv na jízdní obrysy se ztenčeným okolkem má pozitivní vliv na dosahované hodnoty základních rozměrů jízdních obrysů kol dvojkolí.
- Měření rozkolí je prováděno měřidlem, jehož rozlišovací schopnost je nedostatečná.
- Dvojkolí č. 1 a 4 sledovaných lokomotiv vykazují vyšší intenzitu opotřebenosti než dvojkolí č. 2 a 3.
- Opotřebenosti kol lokomotiv je závislé na klimatických podmínkách a ročních obdobích provozu.

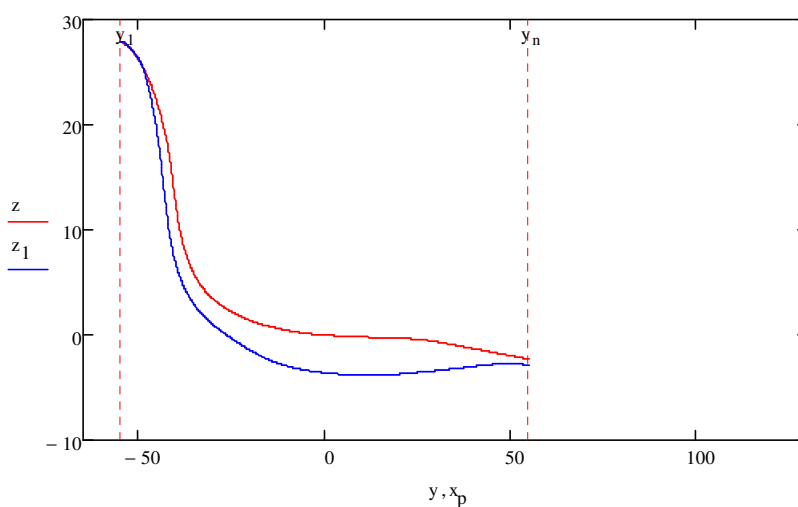
- Sledováním vývoje průběhů základních rozměrů kol dvojkolí není možné zjistit přítomnost žlábků v jízdni ploše kol.

3 VYHODNOCENÍ VÝVOJE TVARU JÍZDNÍCH OBRYŠŮ KOL LOKOMOTIV Z HLEDISKA ZMĚN CHARAKTERISTIK KONTAKTNÍ GEOMETRIE

Veškeré grafy a tabulky v této kapitole vznikly na základě analýzy poskytnutých dat tvarů jízdních obrysů kol z měřicího systému MiniProf.

Pro výpočet charakteristik kontaktní geometrie bylo použito programu Kontakt 4, který je vyvíjen na Dislokovaném pracovišti Dopravní fakulty Jana Pernera v České Třebové. Charakteristiky kontaktní geometrie byly vypočítány pro opotřebené jízdní obrysy poskytnuté společností DYKO a kolej s teoretickými kolejnicemi tvaru UIC60 s úklonem 1:40.

Výpočet hmotnostního otěru a poloměrů opotřebených kol (vstupní údaj potřebný pro program Kontakt 4) byl realizován pomocí programu Mathcad 15 [15]. Výpočet byl proveden v intervalu $\langle -55 \text{ mm} \div +55 \text{ mm} \rangle$, tedy v uživatelsky definované oblasti kontaktu kola a kolejnice, metodou numerické integrace jednoduchým obdélníkovým pravidlem s krokem integrace 0,1 mm. Autor při výpočtu postupoval podle skript [16]. Počátek souřadného systému všech výpočtů byl zvolen na styčné kružnici teoretického jízdního obrysu, a souřadný systém je osově orientovaný tak, jak je běžné pro kolejová vozidla. Na Obr. 23 je znázorněno umístění počátku souřadného systému a dále jsou zde naznačeny vzájemné polohy teoretického (červená barva) a opotřebeného (modrá barva) jízdního obrysu v programu Mathcad. Jízdní obrysy jsou zarovnány na temeno okolku.



Obr. 23: Grafické znázornění jízdních obrysů v programu Mathcad

3.1 Výběr lokomotiv pro vyhodnocení vývoje změn tvaru jízdnicích obrysů kol

Pro analýzu byly vybrány lokomotivy, které byly ve sledovaném období provozovány s jízdnicím obrysem UIC-ORE (S 1002) se ztenčeným okolkem na hodnotu $S_d = 31$ mm, dle normy označeným jako S1002/h28/e31.0/6.67. Lokomotivy s tímto jízdnicím obrysem byly vybrány, protože tato šířka okolku po soustružení převládala u největšího počtu lokomotiv z celé sledované skupiny. Vyhodnocení změn tvaru jízdnicích obrysů lokomotiv během jejich provozování se šířkou okolku $S_d = 32,5$ mm nebylo možné, protože měřicí systém MiniProf byl do užívání zaveden až po přesoustružení lokomotiv na jízdnicí obrysy s okolkem šířky $S_d = 31$ mm.

Autorem bylo sledováno období provozu analyzovaných lokomotiv mezi prvním soustružením a dobou dosažení kilometrického proběhu přibližně 200 000 km od tohoto soustružení.

Na základě vyhodnocení provozních měření základních rozměrů kol dvojkolí s ohledem na charakter provozního nasazení a použitý teoretický jízdnicí obrys byly pro analýzu vybrány 4 lokomotivy, a to:

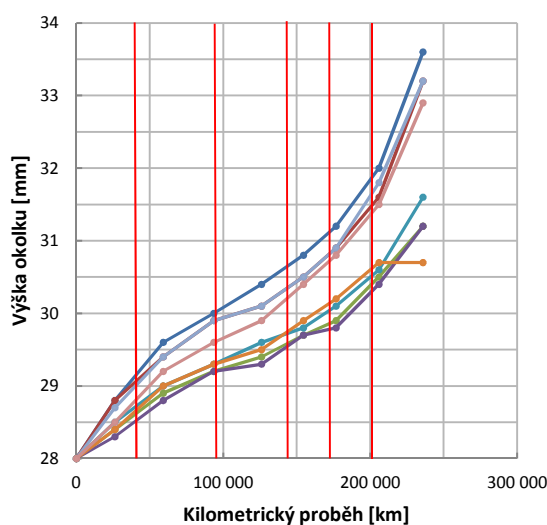
- M15
- M16
- M17
- M18

Důvody předcházející volbě těchto lokomotiv:

- Podobný kilometrický proběh do vykonání prvního soustružení.
- Podobné kilometrické proběhy měření kol dvojkolí během provozu po prvním soustružení.
- Podobný charakter vývoje opotřebení vyplývající z grafických vyjádření změn základních rozměrů kol dvojkolí.

- Sledování opotřebenění kol bylo u všech lokomotiv prováděno přibližně ve stejném časovém období (březen 2016 až leden 2017).

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, z grafických průběhů měření základních rozměrů kol lze u všech veličin vysledovat změnu v trendu opotřebenění při dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení. Na základě těchto poznatků byla vybrána i příslušná měření vybraných analyzovaných lokomotiv. Náčrtek výběru měření je uveden na Obr. 24.



Obr. 24: Výběr měření pro vyhodnocení

Vybráno bylo první měření po vykonaném soustružení, následovalo mezilehlé měření po dosažení kilometrickém proběhu přibližně 80 ÷ 90 000 km, poté následovaly dvě měření v oblasti předpokládaného počátku změn vývoje opotřebenění a závěrečné měření po dosažení kilometrického proběhu přibližně 200 000 km od vykonaného soustružení. Pro ověření, zda se předpokládaná změna charakteru opotřebenění projevila. U lokomotiv M15 ÷ M17 bylo tedy vyhodnoceno celkem 5 měření. U lokomotivy M18 nebylo v době vyhodnocování měření č. 5 k dispozici.

Měření byla tímto způsobem zvolena proto, aby optimálně pokryla sledovanou oblast změn v charakteru opotřebenění kol lokomotiv. Měření č. 1 a 2 u lokomotivy M15 proběhla při nepatrně odlišném kilometrickém proběhu, než je tomu u lokomotiv ostatních. Nicméně kilometrické proběhy měření č. 3 ÷ 5 se od sebe u všech lokomotiv liší již jen minimálně. Pro účely této práce je tedy nejdůležitější sledovanou oblastí kilometrický proběh lokomotiv

150 000 km a vyšší, tedy oblast měření č. 3 ÷ 5. Informace o měřeních jsou uvedeny v následující tabulce Tab. 5.

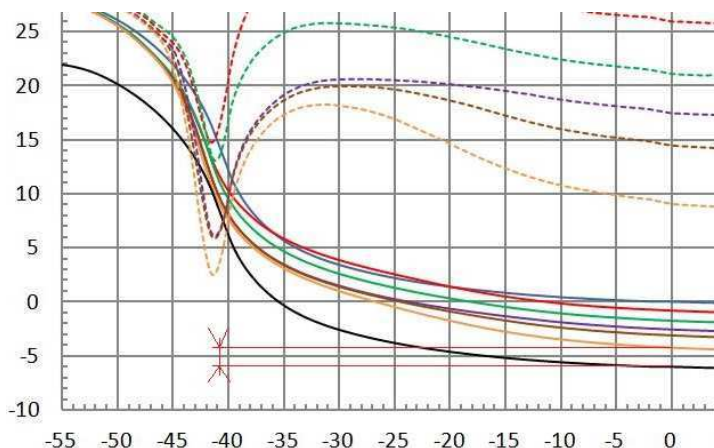
Tab. 5: Dosažený kilometrický proběh analyzovaných lokomotiv v době měření

Lokomotiva M15		
Činnost	Datum	Km proběh [km]
Soustružení	22. 2. 2016	229 856/0
Měření č. 1	6. 4. 2016	26 185
Měření č. 2	12. 7. 2016	93 559
Měření č. 3	11. 10. 2016	154 611
Měření č. 4	15. 11. 2016	176 776
Měření č. 5	20. 12. 2016	206 037
Lokomotiva M16		
Činnost	Datum	Km proběh [km]
Soustružení	28. 2. 2016	239 625/0
Měření č. 1	29. 3. 2016	19 247
Měření č. 2	12. 7. 2016	80 989
Měření č. 3	10. 10. 2016	146 003
Měření č. 4	25. 11. 2016	179 031
Měření č. 5	10. 1. 2017	211 605
Lokomotiva M17		
Činnost	Datum	Km proběh [km]
Soustružení	27. 2. 2016	237 306/0
Měření č. 1	30. 3. 2016	18 237
Měření č. 2	7. 7. 2016	84 336
Měření č. 3	4. 10. 2016	142 618
Měření č. 4	22. 11. 2016	174 131
Měření č. 5	4. 1. 2017	203 853
Lokomotiva M18		
Činnost	Datum	Km proběh [km]
Soustružení	1. 3. 2016	238 431/0
Měření č. 1	6. 4. 2016	17 907
Měření č. 2	15. 7. 2016	83 658
Měření č. 3	31. 10. 2016	147 136
Měření č. 4	15. 12. 2016	177 308

V řádku soustružení je uveden nejprve kilometrický proběh lokomotivy do prvního soustružení a nulou za lomítkem je symbolizováno, že dále je kilometrický proběh počítán od tohoto soustružení.

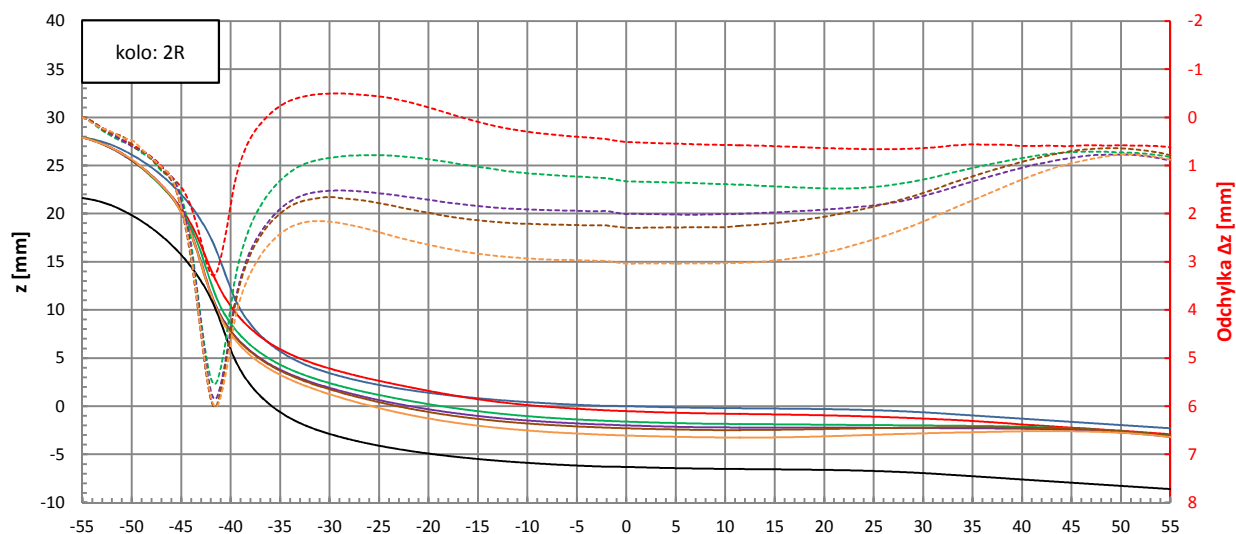
3.2 Vývoj tvaru jízdnicích obrysů kol

Vývoj změn tvaru jízdnicích obrysů vlivem opotřebení je pro analyzované lokomotivy M15 ÷ M18 dokladován v příloze č. 2. Veličina „Odchylka Δz “ na vedlejší svislé ose (znázorněna červeně) grafických vyjádření značí svislou odchylku opotřebovaného jízdnicího obrysu vůči teoretickému jízdnicímu obrysu. Pod vykreslené opotřebované jízdnicí obrysy byl do přílohy č. 2 vkreslen teoretický jízdnicí obrys (znázorněn černou barvou) takovým způsobem, aby došlo k dotyku s opotřebovaným jízdnicím obrysem. Následně je možné provést odhad hodnoty minimální nutné třísky, kterou je třeba při soustružení odebrat z jízdnicí plochy kola v místech styčné kružnice. Odhad hodnoty této hodnoty lze provést dle náčrtku, který je uveden na Obr. 25.



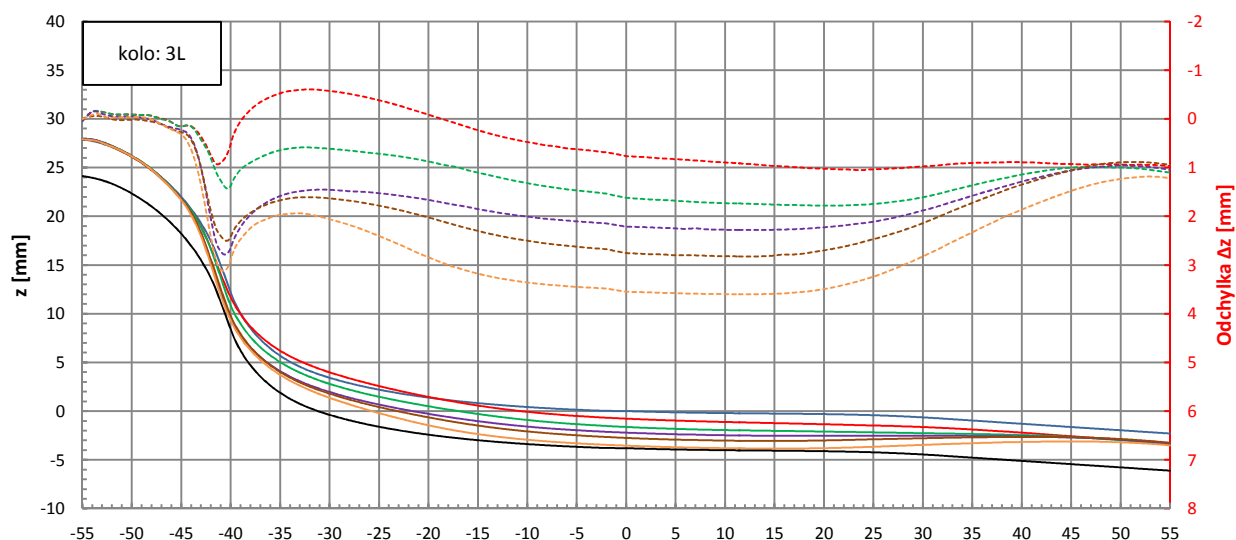
Obr. 25: Odhad hodnoty minimální nutné odebírané třísky při soustružení jízdnicího obrysu

Většina jízdnicích obrysů kol analyzovaných lokomotiv se nejprve opotřebovávala do okolku (okolky ztenčovaly) a následně došlo ke změně charakteru opotřebení a dále se již jízdnicí obrysy opotřebovávaly do jízdnicí plochy. Příklad takového vývoje změny tvaru jízdnicího obrysu je uveden na Obr. 26 pro kolo 2R lokomotivy M16. Popisovaná změna tvaru jízdnicího obrysu se shoduje i s grafickým znázorněním průběhů vývoje základních rozměrů kola uvedených v příloze č. 1.16.



Obr. 26: Vývoj opotřebení jízdního obrysu kola 2R lokomotivy M16

Některé jízdní obrysy naopak vykazovaly minimální opotřebení do okolku. Jako příklad takto opotřebovaného kola lze uvést kolo 3L lokomotivy M16, vyobrazené na Obr. 27. I v tomto případě vyplývá i z grafického znázornění vývoje změn základních rozměrů kola v příloze č. 1.16, skutečnost že okolek tohoto kola prakticky ani nezačal ztenčovat a kolo se ihned opotřebovalo do jízdní plochy, což mělo za následek postupný nárůst šířky okolku bez jakéhokoliv počátečního ztenčení.



Obr. 27: Vývoj opotřebení jízdního obrysu kola 3L lokomotivy M16

Na základě grafického znázornění změny tvaru jízdního obrysu na Obr. 27 lze konstatovat, že z jízdní plochy kola 3L je nutné odebrat menší objem materiálu, než je tomu u kola 2R na Obr. 26. Z Obr. 26 i Obr. 27 je patrné, že v jízdní ploše kol vzniká žlábek. Z grafických průběhů základních rozměrů kol sledovaných lokomotiv, dokladovaných v příloze č. 1, lze vysledovat, že až na výjimky dochází u všech kol nejprve k opotřebení jízdního obrysu do okolku, které postupně mění svůj charakter na příznivější opotřebení do jízdní plochy. Změna v charakteru opotřebovávání nastává v oblasti, která je předmětem tohoto vyhodnocení, tedy po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení. Na základě porovnání grafických průběhů změn tvarů jízdních obrysů v příloze č. 2 s grafickými průběhy vývoje změn základních rozměrů kol dle přílohy č. 1 lze dále konstatovat, že průběhy spolu vzájemně korespondují. Nicméně z grafických průběhů dle přílohy č. 1 není možné identifikovat vznik žlábků v jízdní ploše kol. Vývoj změn tvarů jízdních obrysů kol, dokladovaný v příloze č. 2, tedy poskytuje zpřesnění informace o vývoji opotřebení jízdních obrysů.

Data tvarů jízdních obrysů z měřicího zařízení MiniProf byla použita jako vstupní hodnoty pro výpočet charakteristik kontaktní geometrie pomocí programu Kontakt 4 a použito jich bylo i při výpočtu ostatních parametrů, pomocí kterých je provedeno vyhodnocení opotřebení jízdních obrysů. Hodnoceny budou tyto parametry:

- Hmotnostní otěr
- Ekvivalentní konicita
- Žlábek v jízdní ploše
- Delta-r funkce
- Tangens gama funkce

3.3 Hodnocené parametry opotřebení jízdních obrysů kol

3.3.1 Hmotnostní otěr

Pro hodnocení opotřebení se běžně využívá hmotnostního otěru, prostřednictvím kterého se stanoví rozdíl hmotností opotřebované součásti před a po proběhnutí určitého intervalu sledování. V případě této práce se jedná o hodnocení hmotnostního otěru

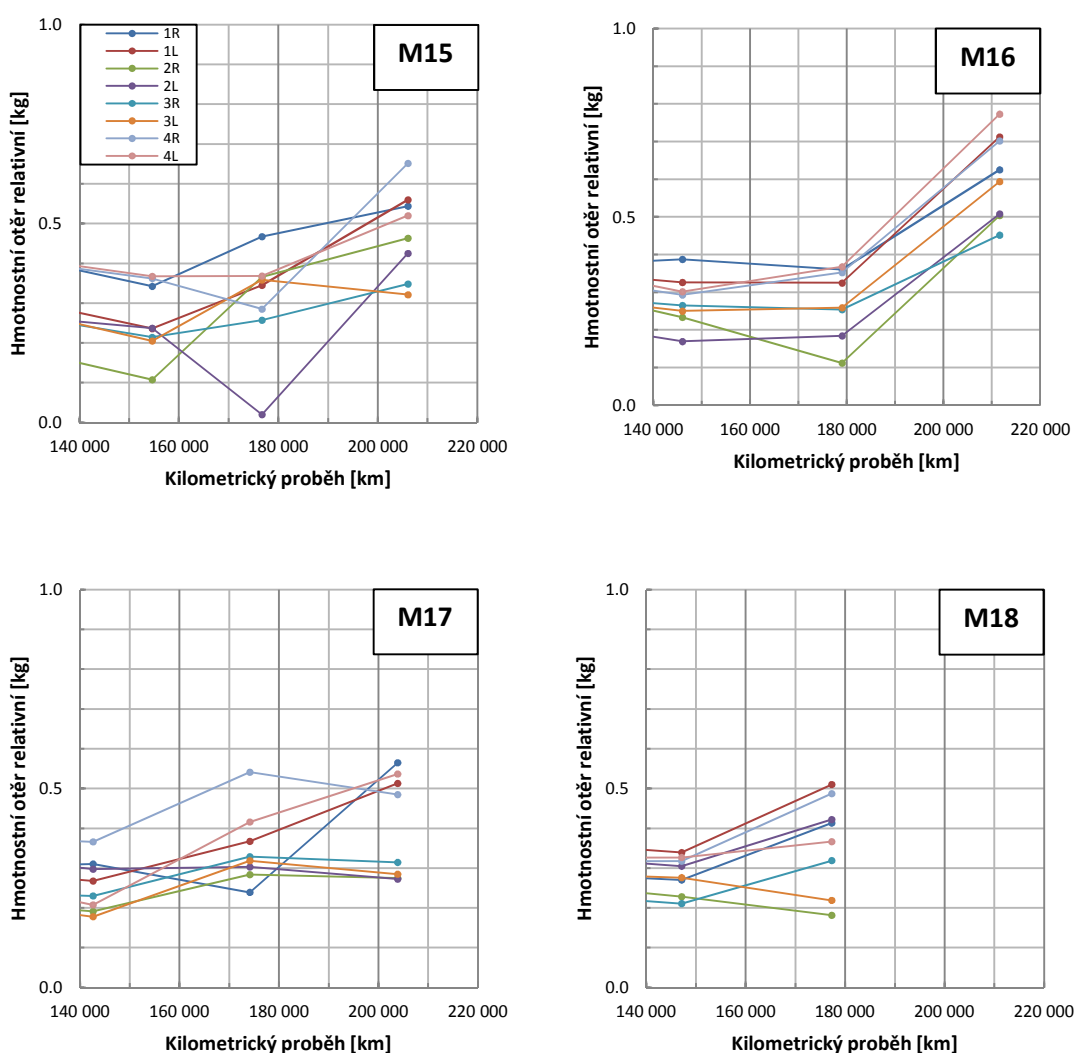
v závislosti na kilometrickém proběhu analyzovaných lokomotiv. Aby bylo možné porovnat mezi sebou různě opotřebovávaná kola, jsou sledované lokomotivy hodnoceny pomocí relativního hmotnostního otěru, vztaženého na kilometrický proběh 10 000 km.

Jako referenční průměr kola pro výpočet hmotnostního otěru byl použit průměr kola z výstupního měření po vykonaném soustružení, dokladovaný v tabulce vývoje změn základních rozměrů kol a dvojkolí. Výpočet průměrů opotřebovaných kol byl proveden na základě znalosti hodnot výšek okolků těchto kol. Výsledky výpočtu relativního hmotnostního otěru analyzovaných lokomotiv pro měření č. 3 ÷ 5 jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6: Relativní hmotnostní otěr kol analyzovaných lokomotiv

Lokomotiva: M15		Hmotnostní otěr relativní [kg]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
11. 10. 2016	154 611	0,34	0,24	0,11	0,24	0,21	0,21	0,36	0,37
15. 11. 2016	176 776	0,47	0,34	0,37	0,02	0,26	0,36	0,29	0,37
20. 12. 2016	206 037	0,54	0,56	0,46	0,43	0,35	0,32	0,65	0,52
Lokomotiva: M16		Hmotnostní otěr relativní [kg]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
10. 10. 2016	146 003	0,39	0,33	0,23	0,17	0,27	0,25	0,29	0,30
25. 11. 2016	179 031	0,36	0,32	0,11	0,18	0,25	0,26	0,35	0,37
10. 1. 2017	211 605	0,63	0,71	0,50	0,51	0,45	0,59	0,70	0,77
Lokomotiva: M17		Hmotnostní otěr relativní [kg]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
4. 10. 2016	142 618	0,31	0,27	0,19	0,30	0,23	0,18	0,37	0,21
22. 11. 2016	174 131	0,24	0,37	0,28	0,30	0,33	0,32	0,54	0,42
4. 1. 2017	203 853	0,56	0,51	0,27	0,27	0,31	0,28	0,48	0,54
Lokomotiva: M18		Hmotnostní otěr relativní [kg]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
31. 10. 2016	147 136	0,27	0,34	0,23	0,30	0,21	0,28	0,32	0,33
15. 12. 2016	177 308	0,41	0,51	0,18	0,42	0,32	0,22	0,49	0,37

Na Obr. 28 jsou pak relativní hmotnostní otěry vyjádřeny graficky. Odlišný průběh relativního hmotnostního otěru kol dvojkolí č. 3 a 4 lokomotivy M17 může být způsoben rozdíly v průměrech jejich kol, které vznikly vlivem opotřebení. U dvojkolí č. 4 při posledním sledovaném měření ze dne 4. 1. 2017 bylo dosaženo rozdílu průměrů jeho kol 1,7 mm, což je dokladováno v protokolech z programu Kontakt 4 v příloze č. 3.17. Tato hodnota se již velmi blíží mezní hodnotě rozdílu průměrů kol, která je stanovena dokumentem [7]. Zmíněné rozdíly průměrů kol mají pak za následek i nesymetrii delta-r funkce, tangens gama funkce a rovněž se promítají do hodnot ekvivalentní konicity.



Obr. 28: Vývoj relativního hmotnostního otěru analyzovaných lokomotiv

Odlišnosti v grafických průbězích jednotlivých lokomotiv mohou být způsobeny neregulárním opotřebáváním jejich kol.

3.3.2 Ekvivalentní konicita

Průběhy ekvivalentní konicity jsou, stejně jako průběhy ostatních charakteristik kontaktní geometrie, dokladovány v protokolech z programu Kontakt 4 v příloze č. 3 k této práci.

Z hlediska jízdních vlastností kolejových vozidel je velmi důležitá hodnota ekvivalentní konicity, která popisuje charakter vlnivého pohybu dvojkolí v koleji. Aby bylo možné ekvivalentní konicitu porovnávat, bude hodnocen její vývoj pro smluvní hodnotu amplitudy vlnivého pohybu dvojkolí $y_0 = 3$ mm v závislosti na kilometrickém proběhu. Vypočtené hodnoty ekvivalentní konicity pro měření č. 3 ÷ 5 jsou uvedeny v Tab. 7.

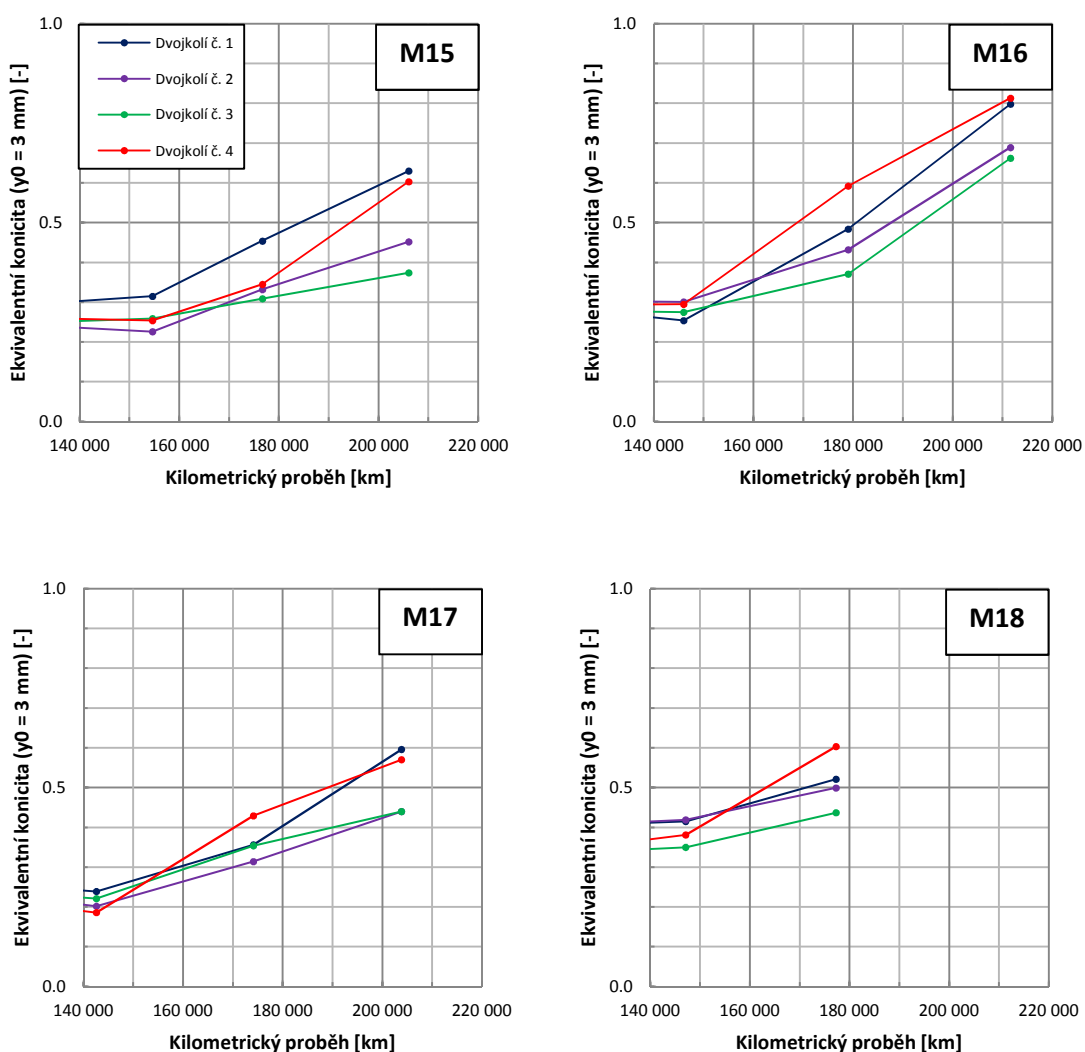
Tab. 7: Hodnoty ekvivalentní konicity sledovaných lokomotiv

Lokomotiva: M15		Ekvivalentní konicita ($y_0 = 3$ mm) [-]			
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1	Dvojkolí č. 2	Dvojkolí č. 3	Dvojkolí č.4
11. 10. 2016	154 611	0,315	0,226	0,259	0,254
15. 11. 2016	176 776	0,454	0,333	0,309	0,345
20. 12. 2016	206 037	0,630	0,452	0,374	0,603
Lokomotiva: M16		Ekvivalentní konicita ($y_0 = 3$ mm) [-]			
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1	Dvojkolí č. 2	Dvojkolí č. 3	Dvojkolí č.4
10. 10. 2016	146 003	0,254	0,301	0,275	0,295
25. 11. 2016	179 031	0,485	0,432	0,371	0,592
10. 1. 2017	211 605	0,798	0,689	0,662	0,813
Lokomotiva: M17		Ekvivalentní konicita ($y_0 = 3$ mm) [-]			
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1	Dvojkolí č. 2	Dvojkolí č. 3	Dvojkolí č.4
4. 10. 2016	142 618	0,239	0,202	0,221	0,186
22. 11. 2016	174 131	0,356	0,314	0,354	0,429
4. 1. 2017	203 853	0,596	0,440	0,440	0,570
Lokomotiva: M18		Ekvivalentní konicita ($y_0 = 3$ mm) [-]			
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1	Dvojkolí č. 2	Dvojkolí č. 3	Dvojkolí č.4
31. 10. 2016	147 136	0,415	0,419	0,350	0,381
15. 12. 2016	177 308	0,521	0,499	0,437	0,603

V období krátce po soustružení dosahuje ekvivalentní konicita na kolech lokomotiv M16 ÷ M18 vyšších hodnot, nicméně poté její hodnota začíná klesat, až dochází k jejímu ustálení na hodnotách okolo 0,2 ÷ 0,3. Není tomu tak u lokomotivy M15, jejíž dvojkolí

vykazují ihned po soustružení velmi nízké hodnoty této charakteristiky. Ustálení hodnot ekvivalentní konicity u všech analyzovaných lokomotiv nastává po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení. Dále začínají hodnoty ekvivalentní konicity opět narůstat, a to vlivem postupného opotřebovávání jízdních obrysů.

Již z Tab. 7 lze vysledovat, že u dvojkolí č. 1 a 4 dosahuje ekvivalentní konicity vyšších hodnot, než je tomu u dvojkolí č. 2 a 3. Zároveň je její nárůst u dvojkolí č. 1 a 4 strmější, než u dvojkolí č. 2 a 3. Oba tyto poznatky značí rozdílnou intenzitu opotřebení jednotlivých dvojkolí. Grafické vyjádření těchto poznatků je zobrazeno na Obr. 29.



Obr. 29: Porovnání průběhů ekvivalentní konicity na dvojkolích analyzovaných lokomotiv

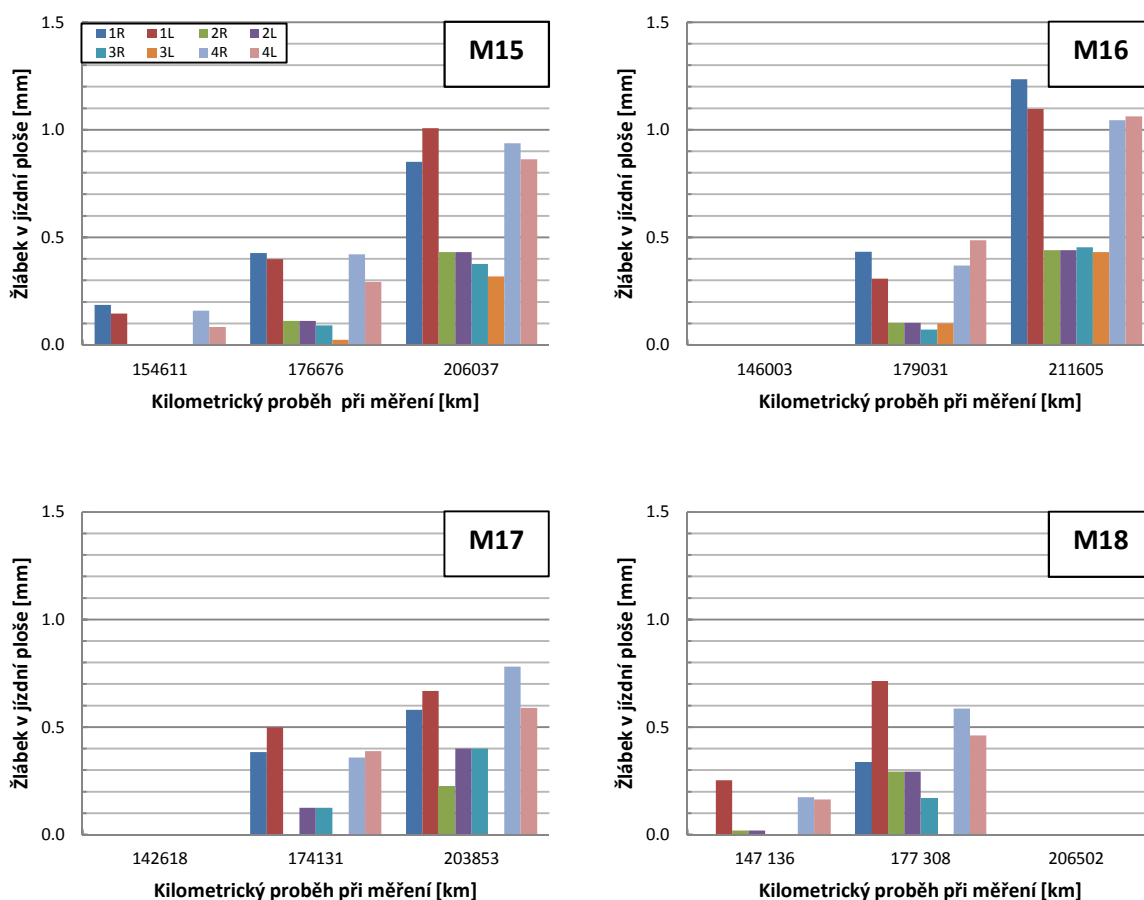
3.3.3 Žlábek v jízdni ploše

Dalším hodnoceným parametrem bude tedy vývoj hloubky žlábků v jízdni ploše kola v závislosti na kilometrickém proběhu. Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, z hlediska opotřebení i jízdni vlastností kolejových vozidel je nežádoucí vznik žlábků v jízdni ploše kola. Vypočtené hodnoty žlábků v kolech analyzovaných lokomotiv pro měření č. 3 ÷ 5 jsou uvedeny v Tab. 8.

Tab. 8: Vývoj hloubky žlábků v jízdni ploše kola

Lokomotiva: M15		Žlábek v jízdni ploše [mm]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
11. 10. 2016	154 611	0,19	0,15	0,03	0	0	0	0,16	0,08
15. 11. 2016	176 776	0,43	0,40	0,21	0,11	0,09	0,02	0,42	0,29
20. 12. 2016	206 037	0,85	1,01	0,57	0,43	0,38	0,32	0,94	0,86
Lokomotiva: M16		Žlábek v jízdni ploše [mm]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
10. 10. 2016	146 003	0	0	0	0	0	0	0	0
25. 11. 2016	179 031	0,43	0,31	0,10	0,10	0,07	0,10	0,37	0,49
10. 1. 2017	211 605	1,24	1,10	0,47	0,44	0,45	0,43	1,04	1,06
Lokomotiva: M17		Žlábek v jízdni ploše [mm]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
4. 10. 2016	142 618	0	0	0	0	0	0	0	0
22. 11. 2016	174 131	0,38	0,50	0	0	0,12	0	0,36	0,39
4. 1. 2017	203 853	0,58	0,67	0,23	0,21	0,40	0	0,78	0,59
Lokomotiva: M18		Žlábek v jízdni ploše [mm]							
Datum	Km proběh [km]	Dvojkolí č. 1		Dvojkolí č. 2		Dvojkolí č. 3		Dvojkolí č.4	
		1R	1L	2R	2L	3R	3L	4R	4L
31. 10. 2016	147 136	0	0,25	0	0,02	0	0	0,17	0,16
15. 12. 2016	177 308	0,34	0,71	0	0,29	0,17	0	0,59	0,46

Na Obr. 30 je graficky vyjádřen vývoj nárůstu hloubky žlábků v jízdni ploše všech kol analyzovaných lokomotiv.



Obr. 30: Vývoj růstu žlábků v jízdni ploše kol analyzovaných lokomotiv

Grafické závislosti popisují kilometrický proběh měření, při kterých byl žlábek v jízdni ploše identifikován. Uvedeny jsou pouze výřezy grafů, kompletní grafická vyjádření jsou zpracována na straně č. 59 této práce.

Na kole 1L lokomotivy M15 dosáhla hloubka žlábků hodnoty 1 mm. Z grafických průběhů analyzovaných lokomotiv je patrné, že ke vzniku žlábků dochází nejprve u dvojkolí č. 1 a 4 a až posléze i u dvojkolí č. 2 a 3. V jízdni plochách kol dvojkolí č. 1 a 4 se žlábek rovněž i rychleji prohlubuje. U lokomotivy M16 dosáhl největší hloubky žlábek opět na kole 1L, a to 1,24 mm.

Poměrně nižší hodnoty žlábků u lokomotivy M17 lze zdůvodnit nejspíš jejím provozováním na odlišném charakteru tratí, než je tomu u lokomotiv M15 a M16.

Kilometrický proběh jednotlivých lokomotiv při měření, během kterého byl zjištěn žlábek, je uveden v Tab. 9.

Tab. 9: Identifikace měření, při kterých došlo ke zjištění žlábků

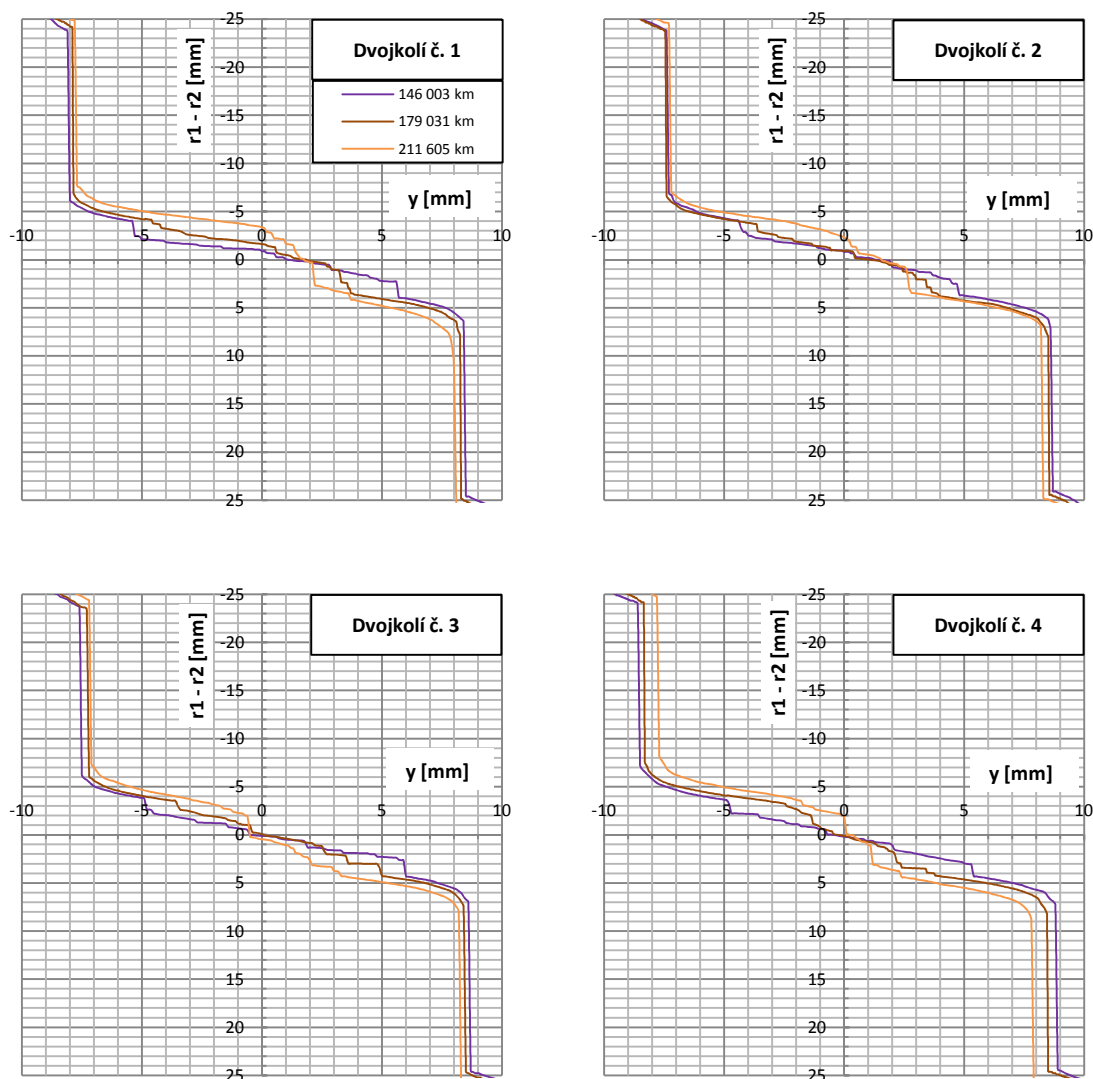
Doba zjištění žlábků v jízdě	
Lokomotiva	Km proběh měření [km]
M15	154 611
M16	179 031
M17	174 131
M18	147 136

Pro úplnost informace je třeba uvést, že výpočet žlábků v jízdě kol byl proveden i pro lokomotivu M18. U této lokomotivy byl žlábek poprvé zjištěn při měření po kilometrickém proběhu 147 136 km. Přistoupím-li ke zprůměrování těchto čtyř uvedených hodnot kilometrických proběhů, pak dosáhnou hodnoty přibližně 160 000 km. Tato hodnota pak vyjadřuje průměrný kilometrický proběh do měření, při kterém dojde ke zjištění vzniku žlábků v jízdě kol.

3.3.4 Delta-r funkce

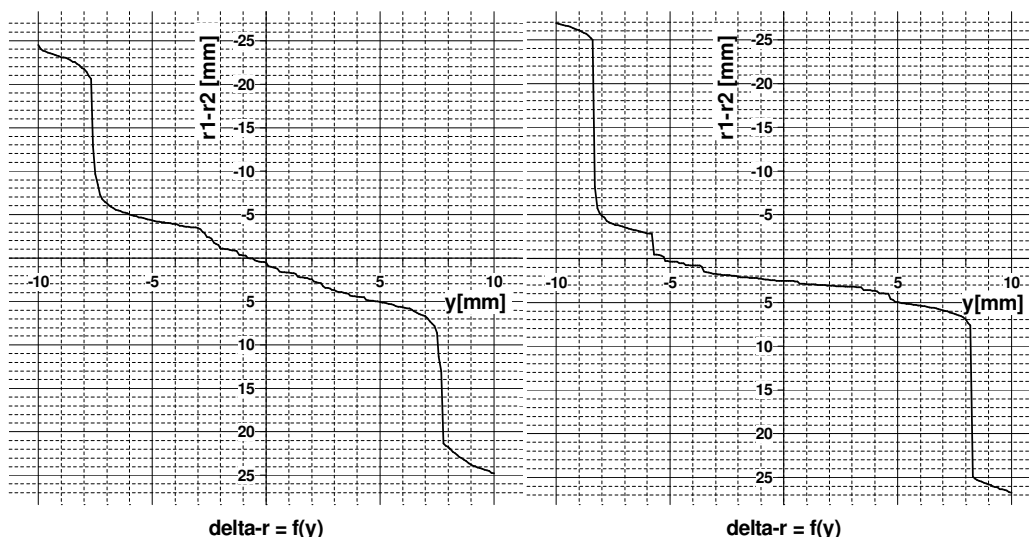
Nesymetrie v průbězích delta-r funkce při vyšších kilometrických probězích jsou způsobeny narůstajícím opotřebením a dále rozdílným průměrem jednotlivých kol dvojkolí. Skoky v průbězích delta-r funkce lze vysvětlit jako výrazné změny poloměrů valení při malém příčném posunutí dvojkolí. V období krátce po soustružení dosahuje delta-r funkce vyšších hodnot a vlivem opotřebením s narůstajícím kilometrickým proběhem postupně klesá. Po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonání soustružení se s narůstajícím kilometrickým proběhem projevuje změna tvaru a polohy průběhu delta-r funkce, která je způsobena narůstajícím opotřebením.

Na Obr. 31 je tato skutečnost znázorněna pro všechna dvojkolí lokomotivy M16 při měřeních č. 3 ÷ 5. Průběhy delta-r funkce na dvojkolích ostatních analyzovaných lokomotiv vykazují stejný trend, jako je tomu u prezentované lokomotivy M16.



Obr. 31: Průběh delta-r funkce na dvojkolích lokomotivy M16

Za zmínku stojí ukázka velmi výrazné nesymetrie delta-r funkce vlivem opotřebení je uvedena na Obr. 32. Vlevo je znázorněn průběh delta-r funkce pro dvojkolí č. 1 lokomotivy M18 po dosažení kilometrického proběhu 17 907 km. Vpravo je pak znázorněna situace pro stejnou lokomotivu i dvojkolí po dosažení kilometrického proběhu 177 308 km. Z porovnání obou průběhů lze vysledovat tyto poznatky: pokles strmosti delta-r funkce a rovněž i nesymetrii jejího průběhu. Výrazný vliv na opotřebení mají silně rozdílné hodnoty průměrů kol dvojkolí č. 1, jejichž rozdíl činil po dosažení kilometrického proběhu 177 308 km 1,7 mm, což se již velmi blíží mezní hodnotě tohoto rozdílu. Průběhy charakteristik kontaktní geometrie lokomotivy M18 jsou dokladovány v příloze č. 3.18.



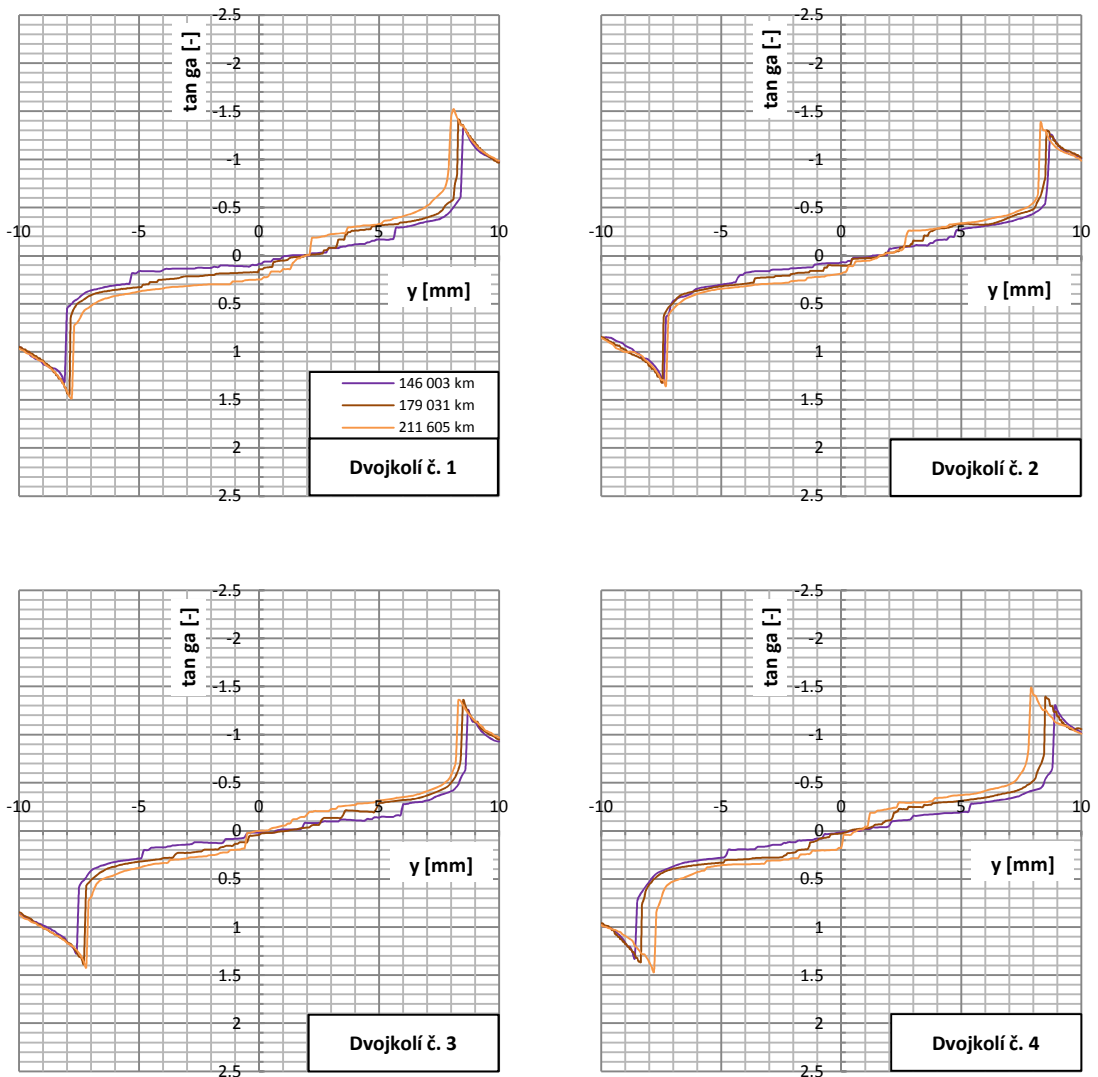
Obr. 32: Porovnání změn v průbězích delta-r funkce vlivem opotřebení

3.3.5 Tangens gama funkce

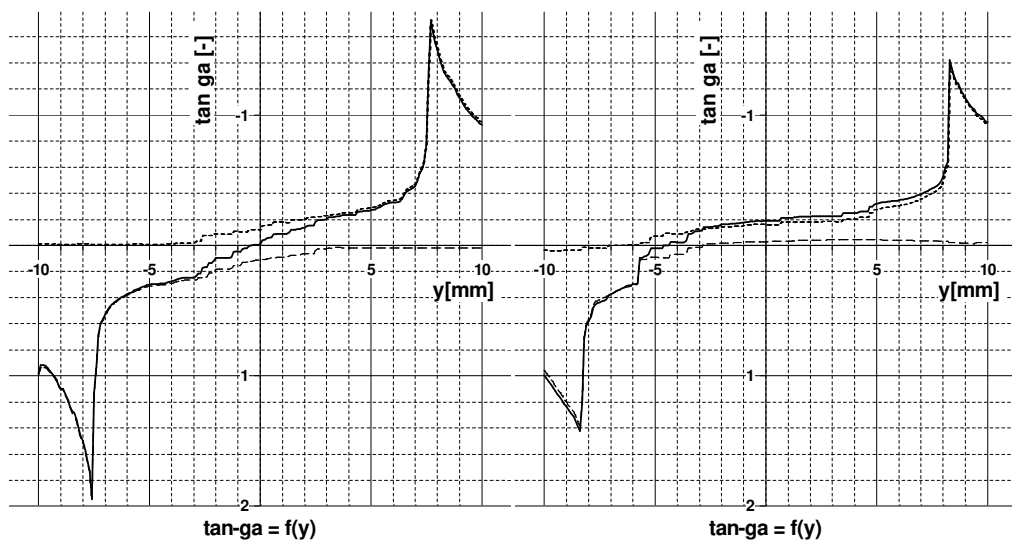
Po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení a při následném dalším nárůstu kilometrického proběhu je u dvojkolí všech analyzovaných lokomotiv obdobně jako v případě delta-r funkce i u tangens gama funkce patrná výrazná změna polohy a tvaru jejího průběhu.

Na Obr. 33 je znázorněn průběh tangens gama funkce na dvojkolích lokomotivy M16 při měřeních č. 3 ÷ 5. Průběhy tangens gama funkce na dvojkolích ostatních analyzovaných lokomotiv vykazují stejný trend, jaký lze vysledovat u prezentované lokomotivy M16.

Za zmínku stojící ukázka velmi výrazné nesymetrie tangens gama funkce vlivem opotřebení a rozdílných hodnot průměrů kol dvojkolí je pak uvedena na Obr. 34, opět pro dvojkolí č. 1 lokomotivy M18. Z hlediska dosaženého kilometrického proběhu se jedná o stejnou situaci jako u delta-r funkce na Obr. 31 v předchozí podkapitole. Vlevo je znázorněn průběh tangens gama funkce po dosažení kilometrického proběhu 17 907 km, v pravé části je znázorněn její průběh po dosažení kilometrického proběhu 177 308 km.



Obr. 33: Průběh tangens gama funkce na dvojkolích lokomotivy M16



Obr. 34: Porovnání změn v průběžích tangens gama funkce vlivem opotřebení

3.4 Zhodnocení opotřebení jízdních obrysů kol analyzovaných lokomotiv

3.4.1 Hmotnostní otěr

Na základě výpočtu relativního hmotnostního otěru lze konstatovat, že dvojkolí všech vybraných analyzovaných lokomotiv mají podobný trend opotřebovávání. Dále je z rozdílů mezi hodnotami dvojkolí č. 1 a 4 a dvojkolí č. 2 a 3 zřejmé, že dvojkolí č. 1 a 4 vykazují známky vyšší intenzity opotřebovávání.

3.4.2 Ekvivalentní konicita

K ustálení ekvivalentní konicity na hodnotě $0,2 \div 0,3$ u všech lokomotiv dochází po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení. Dále začínají hodnoty ekvivalentní konicity narůstat, a to vlivem postupného opotřebovávání jízdních obrysů. Dle dokumentu TSI [2] je pro vozidla určená k provozu na tratích s rozchodem 1 435 mm rychlostmi $60 \div 190$ km/h je stanovena návrhová či též výchozí hodnota ekvivalentní konicity $\lambda_{ekv.} = 0,3$. Jedná se o maximální hodnotu, která nesmí být v provozu překročena u dvojkolí s novými koly. Z provedeného vyhodnocení ekvivalentní konicity u analyzovaných lokomotiv M15 \div M18 vyplývá, že po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení dvojkolí těchto lokomotiv dosahují hodnot ekvivalentní konicity blízkých této návrhové hodnotě. Při následujících měření však již dochází k výraznému narůstání ekvivalentní konicity nad tuto návrhovou hodnotu a na konci sledovaného období při kilometrickém proběhu přibližně 200 000 km již ekvivalentní konicita na dvojkolích analyzovaných lokomotiv dosahuje značných hodnot. Nízká hodnota této charakteristiky vypovídá o existenci dlouhé vlny a nízké budící frekvenci příčného pohybu dvojkolí. Naopak s narůstající hodnotou ekvivalentní konicity dochází k postupnému zkracování délky vlny a zvyšování frekvence vlnivého pohybu dvojkolí v koleji. Takovéto chování s sebou přináší zvýšení opotřebení kol a kolejnic a vozidlo je náchylnější ke vzniku neklidného chodu. Tedy může dojít ke zhoršení jízdních vlastností vozidla. Nutno ale dodat, že veškeré výpočty ekvivalentní konicity v této práci byly provedeny pro teoretickou kolej bez opotřebení a tudíž jsou dosažené hodnoty pouze orientační.

3.4.3 Žlábek v jízdni ploše

U všech vybraných analyzovaných lokomotiv došlo při dosažení kilometrickém proběhu přibližně 160 000 km ke vzniku žlábků v jízdni ploše. Dále je i zde možné z analýzy vysledovat, že na dvojkolích č. 1 a 4 dochází k rychlejšímu prohlubování žlábků, než je tomu u dvojkolí č. 2 a 3. I toto zjištění poukazuje na to, že dvojkolí č. 1 a č. 4 jsou v provozu více namáhána a tudíž se opotřebovávají rychleji, než je tomu u dvojkolí č. 2 a 3. Přítomnost žlábků v jízdni ploše kol může mít vliv i na velikost převalků. Například při měření ze dne 20. 12. 2016 byly u lokomotivy M15 zjištěny tyto hodnoty převalků: 6,1 mm u kola 1R, 4,7 mm u kola 4R a 4,1 mm u kola 4L. Tedy i u převalků došlo při kilometrického proběhu 206 037 km k dosažení mezní hodnoty, stanovené dle dokumentu [7].

Dle normy [9] je v jízdni ploše kola povolen žlábek o maximální hloubce 2 mm. Této mezní hodnoty nebylo dosaženo u žádné z vybraných analyzovaných lokomotiv. Nicméně obecně je vhodné se přítomnosti žlábků v jízdni ploše kol vyvarovat, protože může přispívat k nadměrnému opotřebení jízdni obrysů kol.

3.4.4 Delta-r funkce

Analýzou průběhů změn delta-r funkce vlivem opotřebení bylo vysledováno, že s narůstajícím kilometrickým proběhem mají tyto průběhy na dvojkolích všech analyzovaných lokomotiv shodný trend vývoje.

3.4.5 Tangens gama funkce

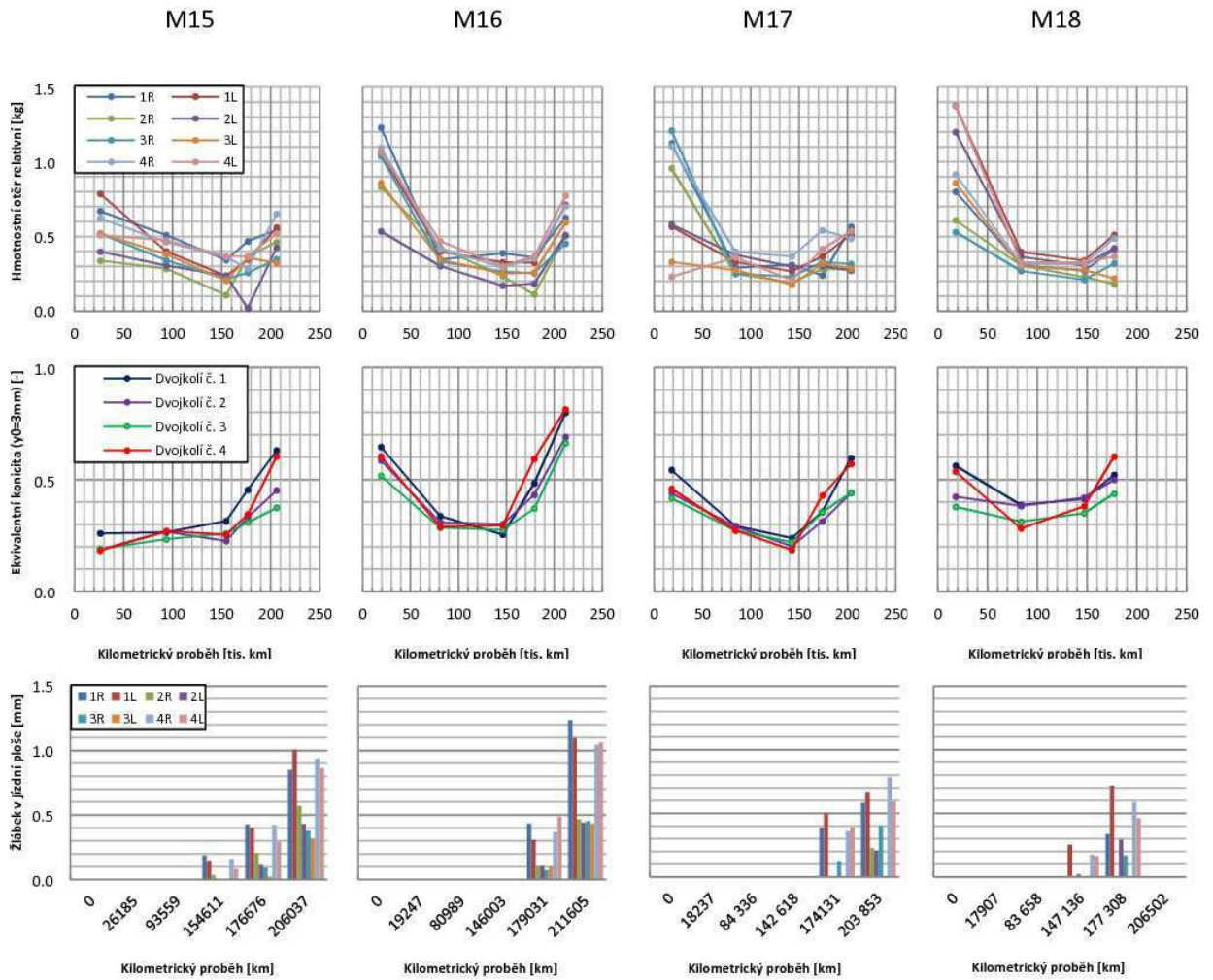
Analýzou průběhů změn tangens gama funkce vlivem opotřebení bylo vysledováno, že s narůstajícím kilometrickým proběhem mají tyto průběhy na dvojkolích všech analyzovaných lokomotiv shodný trend vývoje.

3.5 Závěrečné shrnutí

Na základě vyhodnocení poskytnutých dat z provozních měření a měření změn tvaru jízdni obrysů analyzovaných lokomotiv M15 ÷ M18 z hlediska změn charakteristik kontaktní geometrie a dalších zvolených parametrů (hmotnostní otěr, vývoj hloubky žlábků) je možné konstatovat tyto poznatky:

- Po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení dochází u všech vybraných analyzovaných lokomotiv ke změně charakteru opotřebení kol, která se začínají opotřebovávat rychleji. Tuto skutečnost lze vysledovat u všech hodnocených parametrů.
- Byly zjištěny rozdíly v opotřebovávání dvojkolí č. 1 a 4 ve srovnání s dvojkolími č. 2 a 3. Přičemž dvojkolí č. 1 a 4 vykazují vyšší intenzitu opotřebovávání. Tuto skutečnost lze rovněž vysledovat u všech hodnocených parametrů.
- Hodnota ekvivalentní konicity na dvojkolích analyzovaných lokomotiv začíná po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení výrazně narůstat nad výchozí hodnotu, která je pro daný geometrický vztah dvojkolí-kolej určena.
- Sledováním vývoje změn základních rozměrů kol dvojkolí není možné odhalit vznik žlábků v jízdní ploše kol.
- Sledováním vývoje změn tvaru jízdních obrysů kol vlivem opotřebení lze odhalit vznik žlábků.
- U všech vybraných analyzovaných lokomotiv došlo ke vzniku žlábků v jízdní ploše kol. Žlábků byl zjištěn při měřeních, která byla uskutečněna při kilometrickém proběhu přibližně 160 000 km.
- U všech vybraných analyzovaných lokomotiv je z průběhů změn delta-r funkce a tangens gama funkce vlivem opotřebení patrná výrazná změna tvaru a polohy těchto funkcí s narůstajícím kilometrickým proběhem.

Na Obr. 35 je graficky prezentováno shrnutí poznatků vyplývajících z provedeného vyhodnocení analyzovaných lokomotiv.



Obr. 35: Grafické shrnutí poznatků vyplývajících z vyhodnocení chování lokomotiv M15 ÷ M18

4 NÁVRH OPTIMALIZACE ČETNOSTI MĚŘENÍ A ÚDRŽBOVÝCH ZÁSAHŮ NA JÍZDNÍCH OBRYSECH KOL

4.1 Údržbové zásahy

4.1.1 Stanovení pevného intervalu soustružení jízdních obrysů

Analýzou a vyhodnocením poskytnutých dat z provozních měření a dat z měření jízdních obrysů kol bylo u sledované skupiny lokomotiv zjištěno, že po dosažení kilometrického proběhu přibližně 150 000 km od vykonaného soustružení se mění charakter opotřebení kol a při dalším provozování lokomotiv u nich dochází ke zvýšení rychlosti opotřebovávání jízdních obrysů kol, čímž může dojít ke zhoršení jízdních vlastností. Návod k údržbě lokomotivy [7] uvádí u všech údržbových zásahů soustružení jízdních obrysů dle potřeby, což je většinou až při výrazné změně či dosažení mezní hodnoty jednoho či více sledovaných parametrů.

Návrh optimalizace

Autor navrhuje interval pravidelného provádění soustružení po dosažení kilometrického proběhu 150 000 km. Navržený interval soustružení je možné vhodně propojit s prováděním údržbového zásahu I2, který by měl být dle [7] prováděn po dosažení kilometrického proběhu taktéž 150 000 km \pm 10%. Tímto opatřením by mohlo dojít i k úspoře času, kdy není lokomotiva k dispozici vlivem přejíždění do/z místa soustružení. Předpokladem této časové úspory je však existence soustruhu v blízkém okolí či přímo v dílnách, kde bude údržbový zásah I2 prováděn.

4.1.2 Vzájemná záměna dvojkolí téhož podvozku

Na základě analýzy a vyhodnocení poskytnutých dat bylo dále prokázáno, že dvojkolí č. 1 a 4 sledovaných lokomotiv se v provozu opotřebovávají rychleji, než je tomu u dvojkolí č. 2 a 3. Vzájemná záměna dvojkolí na jednom podvozku by umožnila kompenzaci provozem vzniklého nestejného opotřebení. Jelikož není u lokomotiv možné otočení samotného podvozku, samotný údržbový zásah by mohl být proveden záměnou jednotlivých dvojkolí téhož podvozku.

Návrh optimalizace

Autor navrhuje zvážit přínos vyplývající ze vzájemné záměny jednotlivých dvojkolí téhož podvozku.

4.2 Provozní měření

4.2.1 Zpřesnění měření rozkolí

Analýzou a vyhodnocením poskytnutých dat z provozních měření bylo zjištěno, že k měření rozkolí je u sledovaných lokomotiv používáno měřidlo, jehož rozlišovací schopnost je nedostatečná s ohledem na stanovení dalších veličin, kterými jsou rozchod dvojkolí a vodící šířka dvojkolí a především pak s ohledem na jejich mezní hodnoty. V současné době není prováděno sledování vodící šířky dvojkolí. Dále ani v jednom z dokumentů [2], [7], [9] není předepsáno měření rozkolí podle způsobu popsaného v kap. 1.3.3. Jedná se o měření rozkolí na třech různých místech, která jsou vzájemně pootočena o 120°, které může odhalit např. ohnutí nápravy.

Návrh optimalizace

Autor navrhuje zavést do užívání přesnější měřidlo a rovněž i zavedení výše zmíněného způsobu měření rozkolí. Autor dále doporučuje zavedení sledování vodící šířky dvojkolí, která souvisí s příčnou pohyblivostí dvojkolí v koleji a ve výhybce.

4.2.2 Sledování vývoje tvarů jízdních obrysů kol vlivem opotřebení

Sledováním základních rozměrů jízdních obrysů kol je možné získat jen omezenou informaci o vývoji opotřebení kol a není možné zjistit vývoj změny tvaru jízdních obrysů, prostřednictvím kterého lze mj. odhalit přítomnost žlábků jízdní ploše.

Návrh optimalizace

Autor navrhuje sledování vývoje změny tvaru jízdních obrysů kol vlivem opotřebení na základě vyhodnocení dat z používaného měřicího systému MiniProf.

4.3 Přínos navržených způsobů optimalizace

Přínos této práce v oblasti optimalizace údržbových zásahů by měl prioritně spočívat ve stanovení kilometrického proběhu, při kterém by lokomotivy měly být odesílány na soustružení jízdních obrysů. Tento kilometrický proběh by měl být dodržen i v případě, že u sledovaných rozměrů kol a dvojkolí nedošlo k dosažení žádné z předepsaných mezních hodnot. Zavedením pevně stanoveného intervalu soustružení by mělo umožnit:

- Předejít vzniku žlábků v jízdní ploše kol.
- Předejít zvýšenému opotřebením jízdních obrysů kol z důvodu nevhodné geometrické vazby dvojkolí-kolej.
- Předejít zhoršování jízdních vlastností lokomotiv vlivem zvýšeného opotřebením jízdních obrysů.
- Pevně stanovený interval soustružení při nižším kilometrickém proběhu lokomotiv by měl pravděpodobně mít vliv na vznik a rozvoj povrchových vad kol. Sledování vývoje povrchových vad kol v závislosti na kilometrickém proběhu nebylo v této práci analyzováno.

Vlivem nestejného opotřebování jednotlivých dvojkolí téhož podvozku disponují vnější dvojkolí vždy větším průměrem kol, než dvojkolí vnitřní. Jako další možnost optimalizace se nabízí kompenzace opotřebením vzájemnou záměnou dvojkolí téhož podvozku.

Všechny výše uvedené skutečnosti by měly vést ke zvýšení životnosti kol lokomotiv.

Přínos této práce po stránce ekonomické by měl spočívat ve snížení provozních nákladů vyplývajících z eliminace nadměrného opotřebením jízdních obrysů kol. Při nadměrném opotřebením jízdních obrysů je při jejich obnově nutné provádět výraznější údržbové zásahy. Další možností snížení provozních nákladů je zavedení vhodného propojení pevného intervalu provádění soustružení s údržbovým intervalem I2. Za určitých podmínek lze dosáhnout úspory času, který je potřebný pro přeježdění lokomotivy do/z místa soustružení.

ZÁVĚR

Na základě vyhodnocení poskytnutých dat z provozních měření základních rozměrů kol dvojkolí a dat z měření změn tvaru jízdních obrysů kol vlivem opotřebení provedeného autorem práce byl proveden návrh optimalizace údržbových zásahů na jízdních obrysech kol dvojkolí moderních lokomotiv. Dále bylo doplněno několik doporučení k systému měření dvojkolí a sledování stavu jeho opotřebení, které by měly přispět k získání přesnější informace o stavu a vývoji opotřebení kol dvojkolí.

Návrh spočívá ve stanovení kilometrického proběhu, při kterém je již vhodné provádět soustružení jízdních obrysů. Pravidelně prováděné soustružení umožní eliminovat nadměrné opotřebování jízdních obrysů. Součástí návrhu je i údržbový zásah spočívající v záměně pozic dvojkolí v podvozcích lokomotiv. Tímto by byla možná eliminace rozdílné intenzity opotřebovávání jednotlivých dvojkolí téhož podvozku.

Autor doporučuje po případné realizaci navrženého optimalizačního řešení provádět sledování vývoje stavu dvojkolí s ohledem na ověření přínosu navrženého řešení.

Eliminace nadměrného opotřebení jízdních obrysů kol by měla mít za následek prodloužení životnosti kol a přispět tak ke snížení provozních nákladů.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LATA M.: Konstrukce kolejových vozidel II. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 206 s. ISBN 80-7194-696-6.
- [2] Nařízení Komise (EU) č. 1302 / 2014 ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii.
- [3] IZER J.; ZELENKA, J.: Charakteristiky kontaktní geometrie. In: Scientific Papers of The University of Pardubice, Series B – The Jan Perner Transport Faculty, č. 2 / 1996. S. 39-62. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1996. ISSN 1211-6610.
- [4] ZELENKA J., MICHÁLEK T.: Teorie vozidel – studijní opora. 1. Vydání, 78 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera 2013. ISBN 978-80-7395-652-3.
- [5] KOTRBA A.: Opatření jízdních obrysů kol lokomotiv v provozních podmínkách DKV Brno. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2000.
- [6] KOTRBA A.: Minimalizace opotřebení jízdních obrysů kol dvojkolí železničních kolejových vozidel v provozních podmínkách depa kolejových vozidel Brno. Disertační práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2005.
- [7] Lokomotiva E 186: Návod k údržbě. Bombardier Transportation GmbH. Dokumentační číslo: 3EGK 1107 02 N 0316.
- [8] ZELENKA J., IZER J.: Nový jízdní obrys železničního kola a jeho zkušební provoz. Vědeckotechnický sborník Českých drah, 10/2000, ISSN 1211-2321, GŘ ČD Praha 2000.
- [9] ČSN EN 15313:2016. Železniční aplikace – Požadavky na dvojkolí v provozu – Údržba dvojkolí v provozu na vozidlech a po demontáži. Český normalizační institut, září 2016.
- [10] ZELENKA J., KOHOUT M.: Možnosti ovlivnění jízdních a vodících vlastností kolejových vozidel parametry dopravní cesty. In: 16. Konference „Železniční dopravní cesta 2010“. Správa železniční dopravní cesty, 2010.
- [11] IZER J.: Vozidlo a kolej. Vědeckotechnický sborník Českých drah, 7/1999, ISSN 1214-9074, GŘ ČD Praha.

- [12] KOHOUT M.: Výzkum kontaktní geometrie dvojkolí – kolej při průjezdu vozidel oblouky malých poloměrů. Disertační práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2009.
- [13] GREENWOOD ENGINEERING: *MiniProf Wheel* [online]. [cit. 15. 4. 2017]. Dostupné z: <https://www.greenwood.dk/miniprof.php>
- [14] Měření dvojkolí kolejového vozidla: Návody do cvičení. Vysoká škola Báňská, Ostrava.
- [15] ŠLEGER V., VRECIÓN P.: Mathcad. Příručka k matematickému programu.
- [16] KULIČKA J.: Elementární algoritmy aplikované matematiky. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2014. ISBN 978 – 80 – 7395 – 846 – 6.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Průběhy základních rozměrů jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

Příloha č. 2 Průběhy změn tvaru jízdních obrysů kol vlivem opotřebení

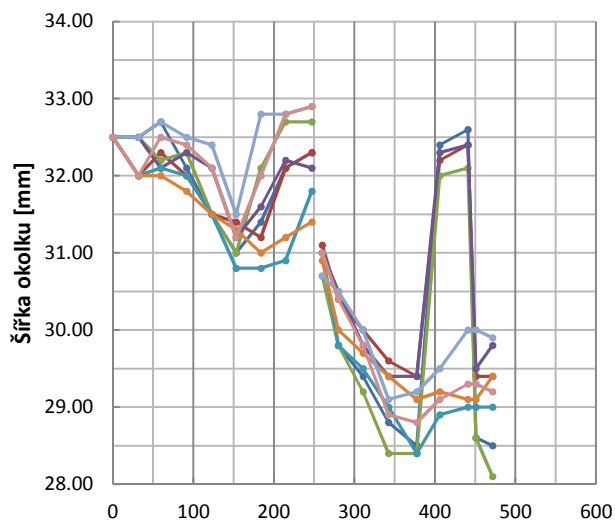
Příloha č. 3 Průběhy charakteristik kontaktní geometrie dvojkolí–kolej

Příloha č. 1

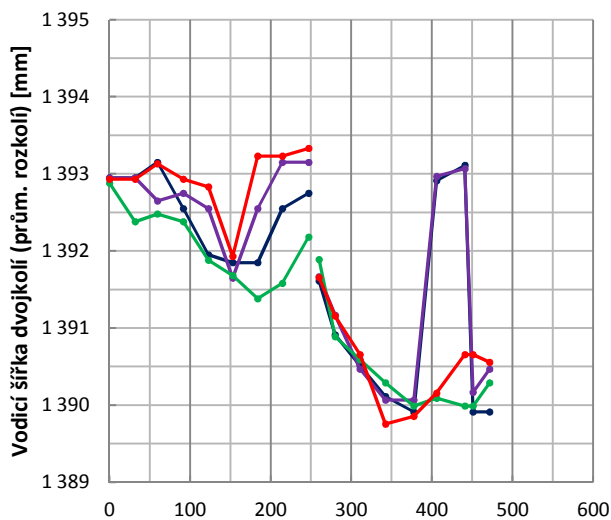
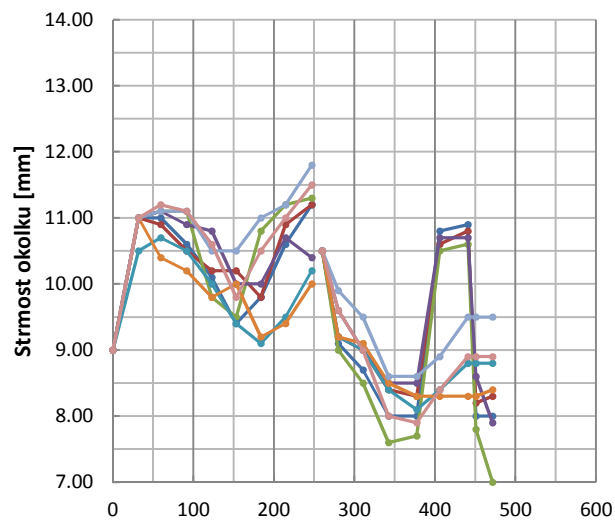
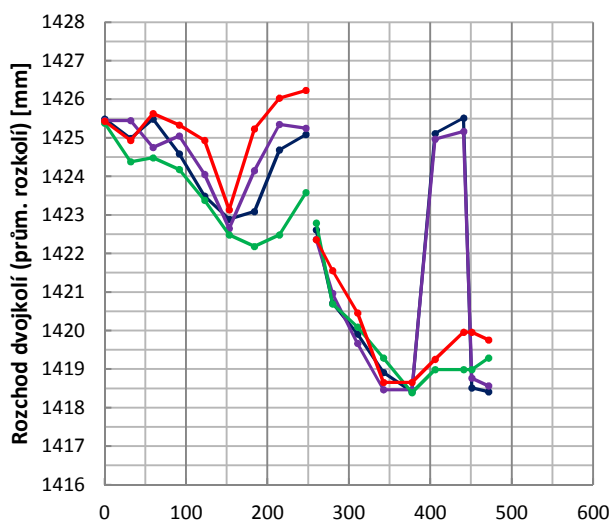
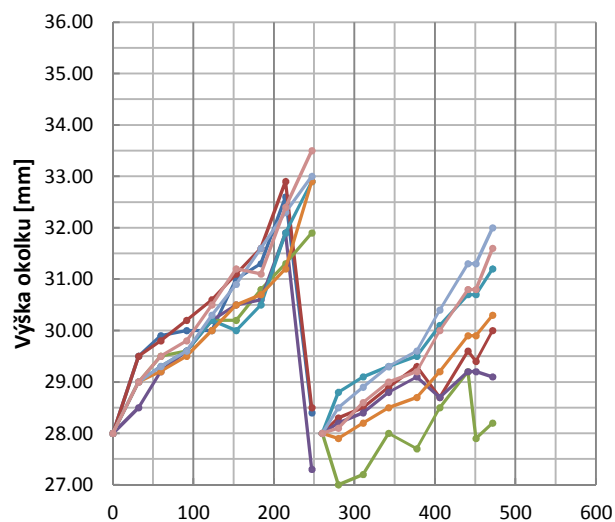
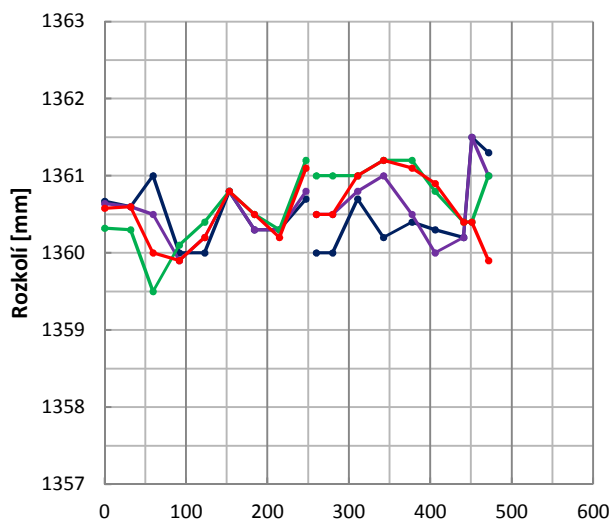
**Průběhy základních rozměrů jízdních obrysů kol a
dvojkolí v provozu**

Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M1

Rozměry kol



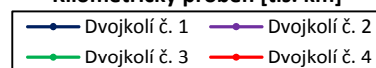
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]

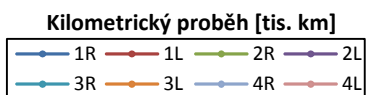
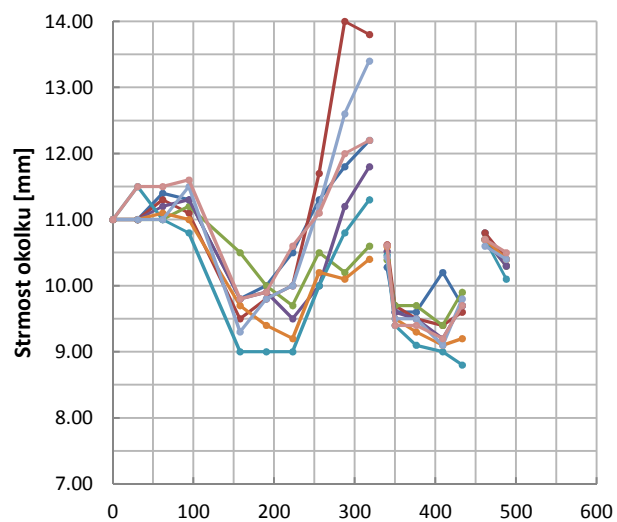
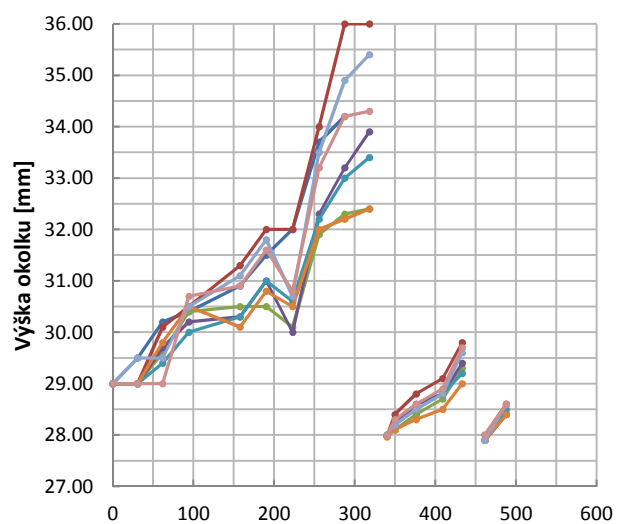
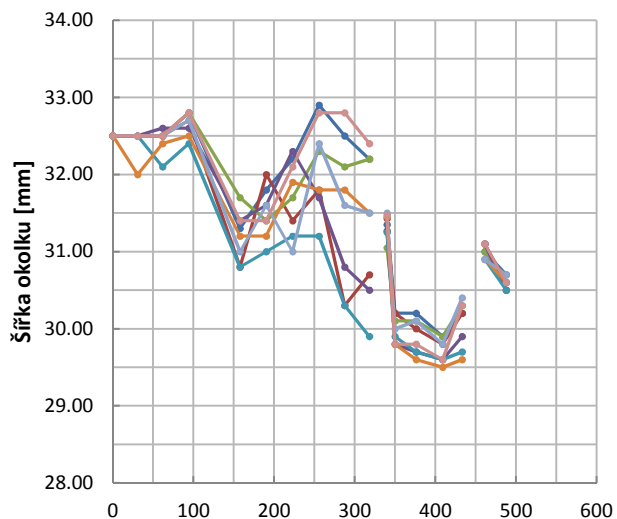


Kilometrický proběh [tis. km]

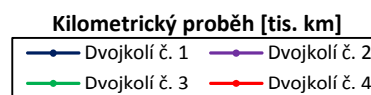
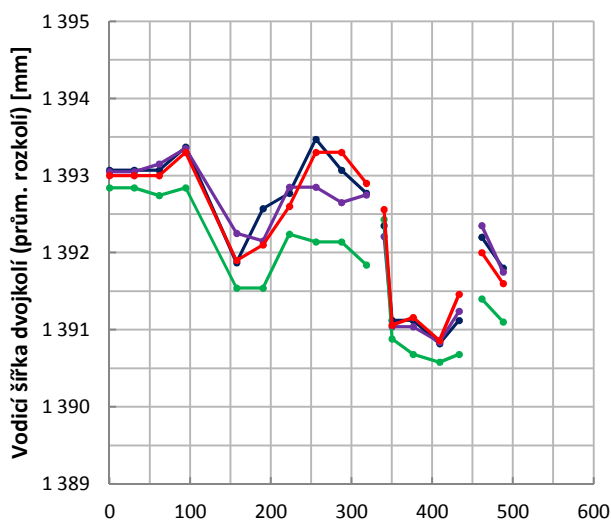
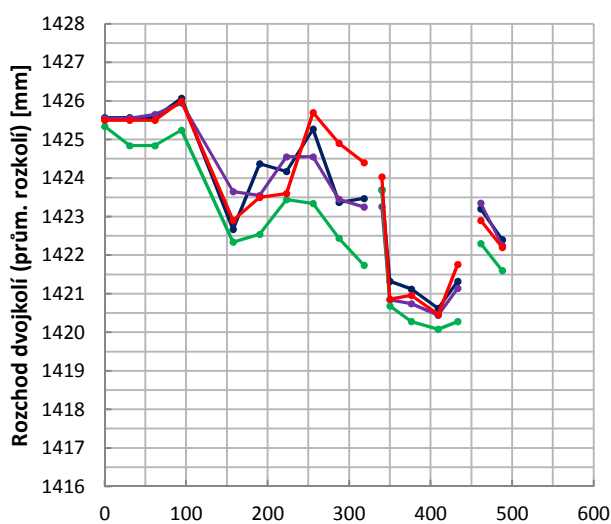
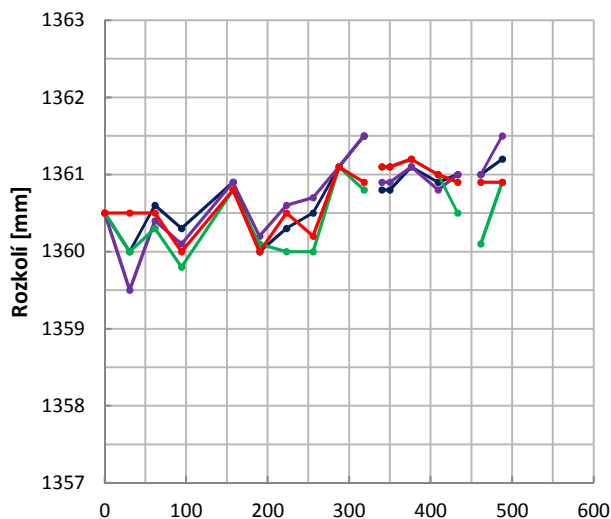


Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M2

Rozměry kol



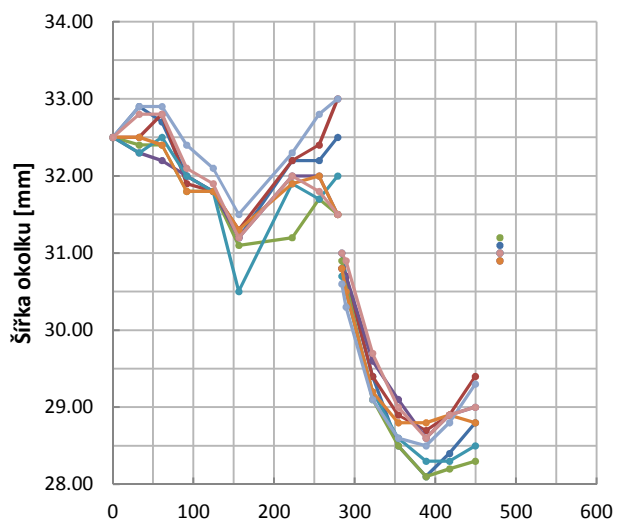
Rozměry dvojkolí



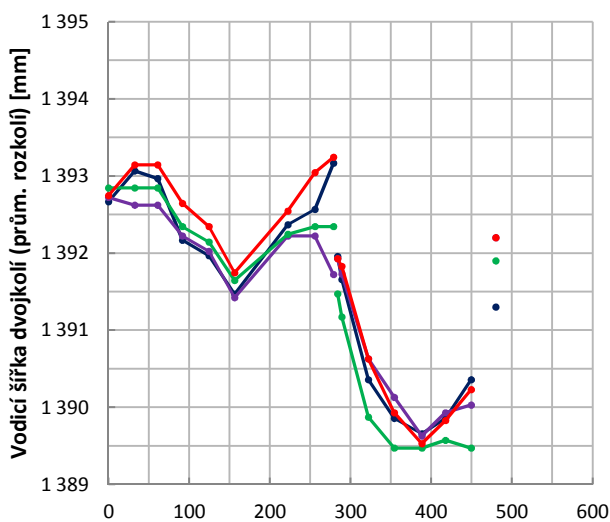
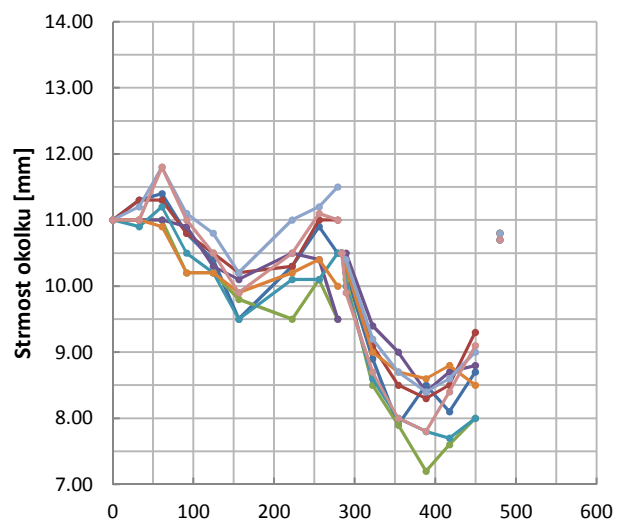
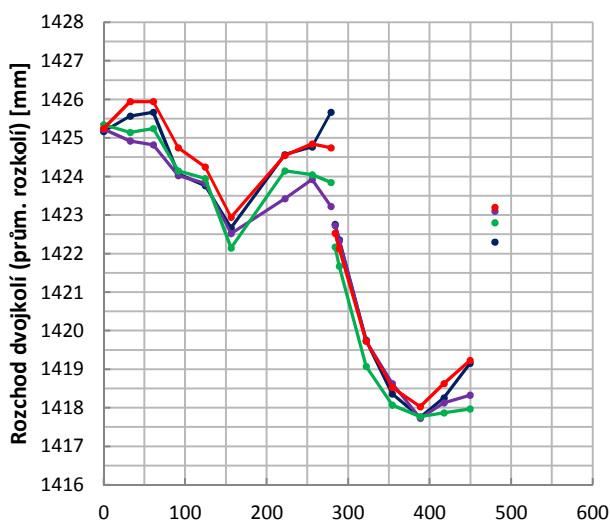
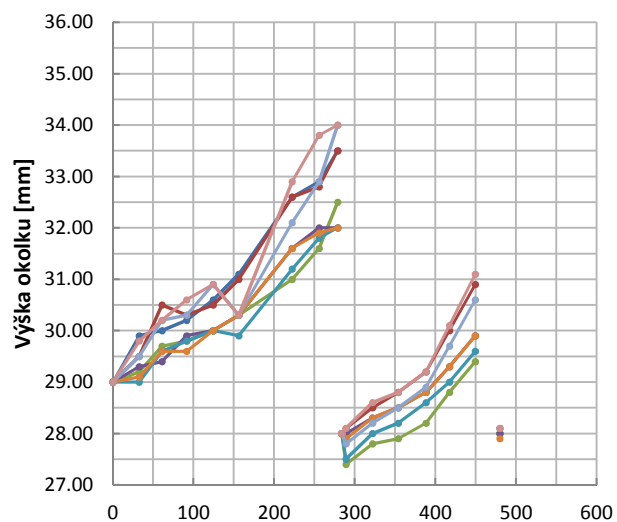
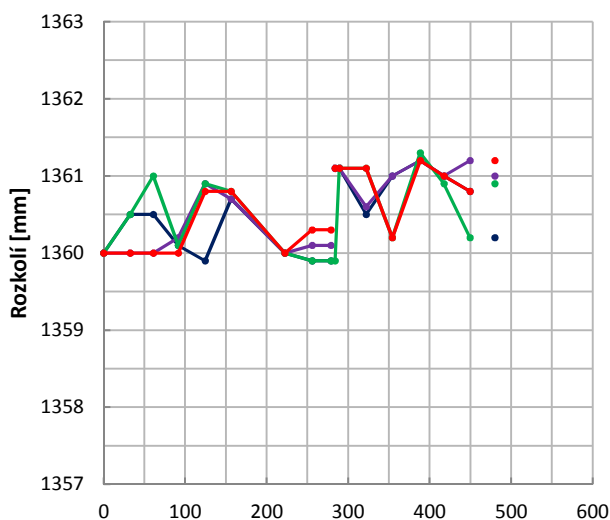
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M3

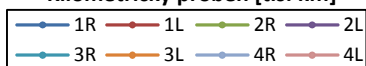
Rozměry kol



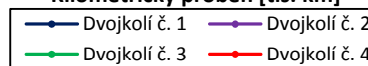
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



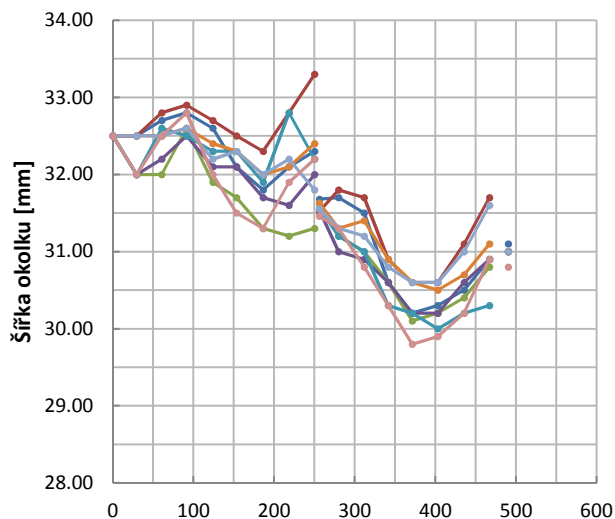
Kilometrický proběh [tis. km]



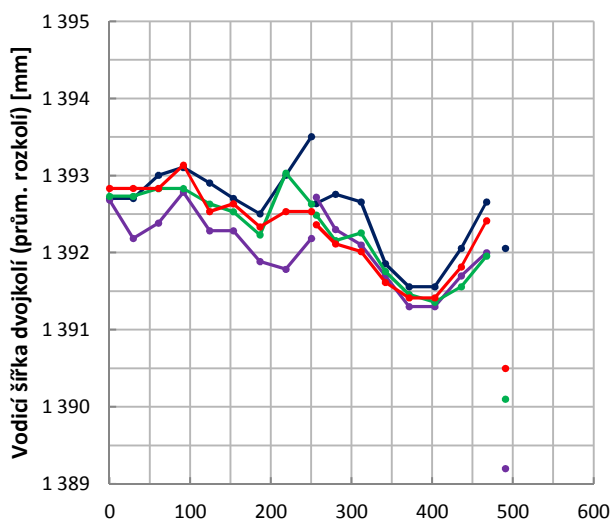
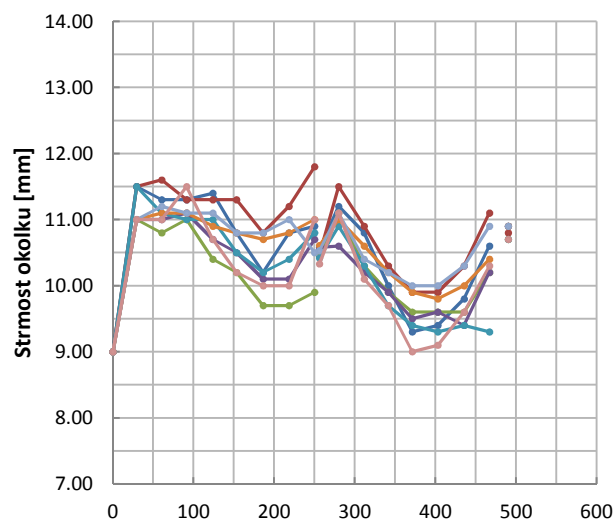
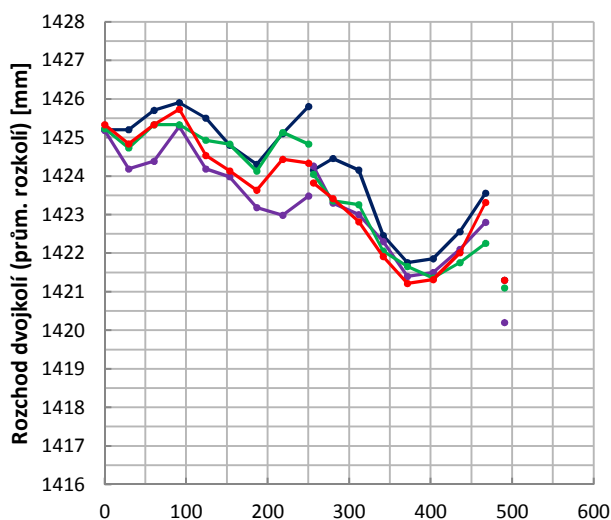
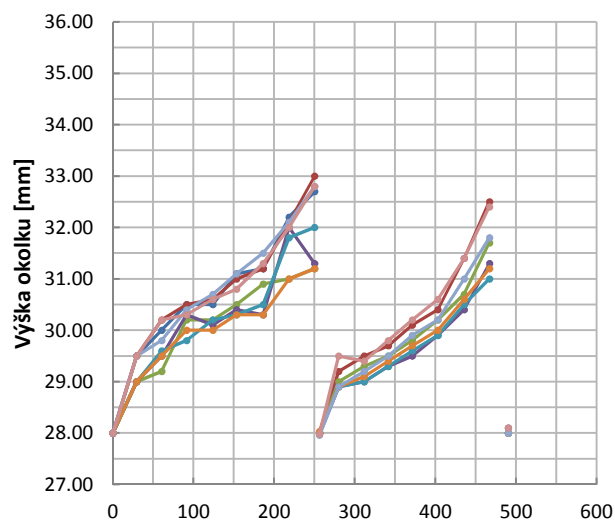
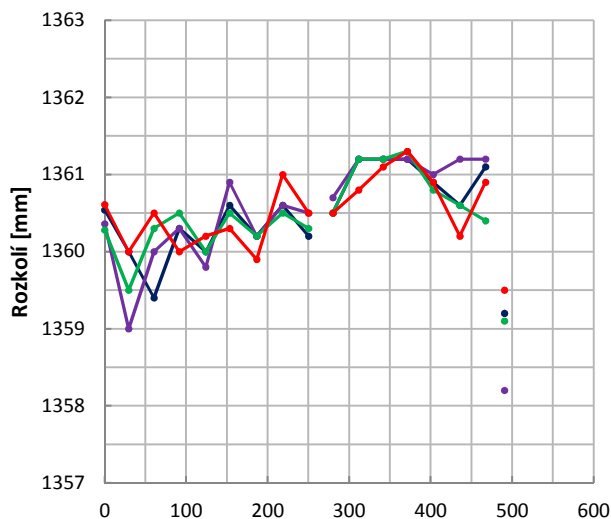
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M4

Rozměry kol



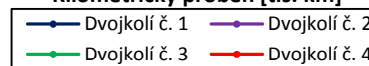
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



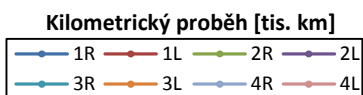
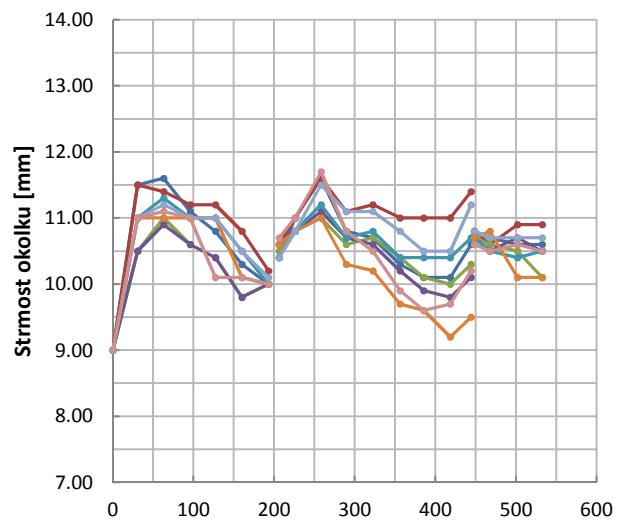
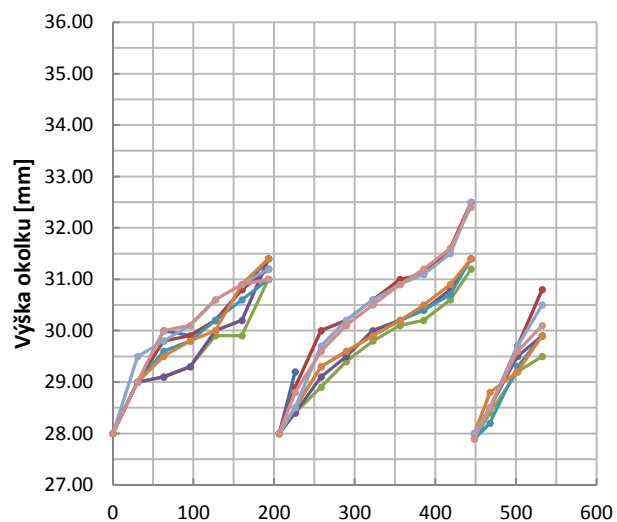
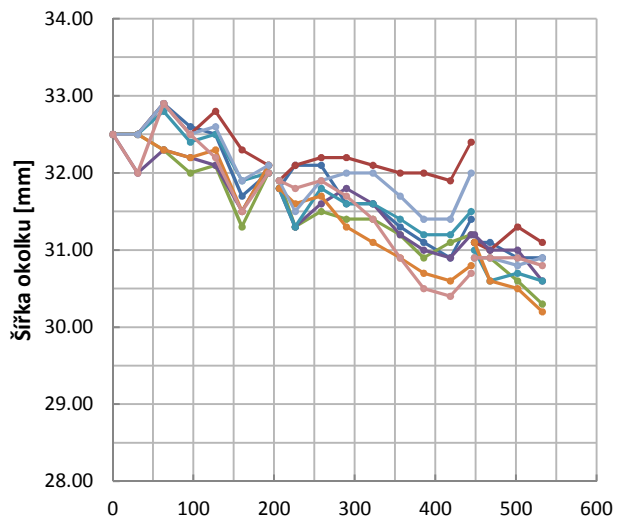
Kilometrický proběh [tis. km]



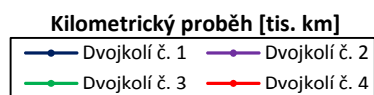
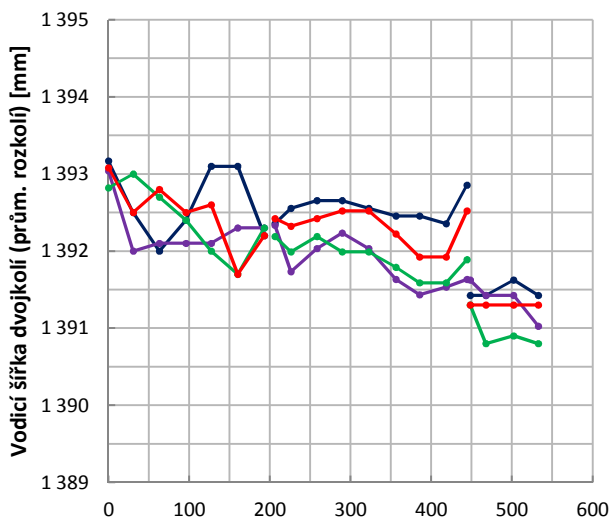
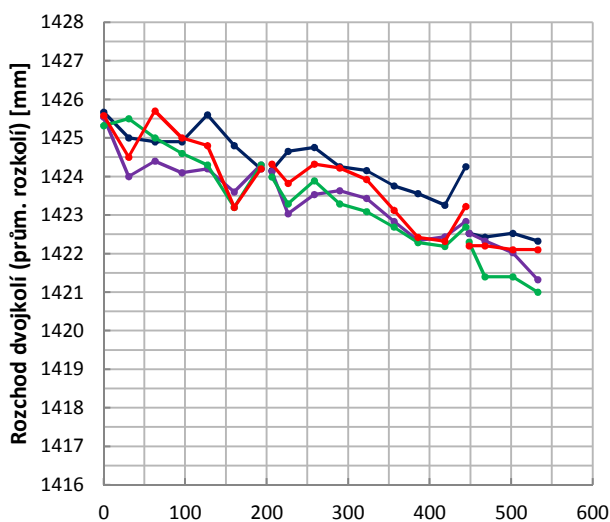
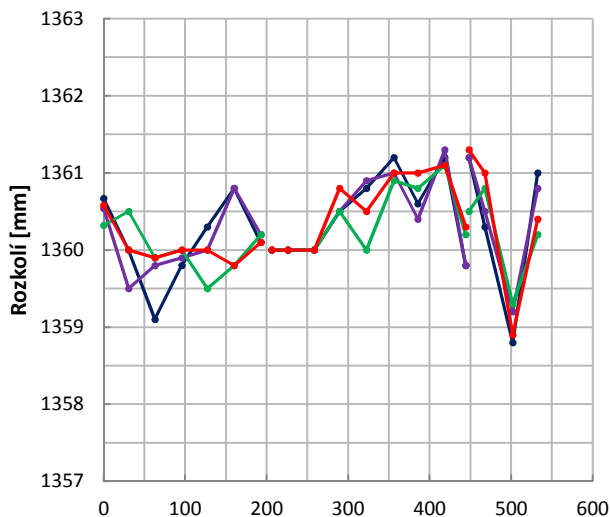
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M5

Rozměry kol



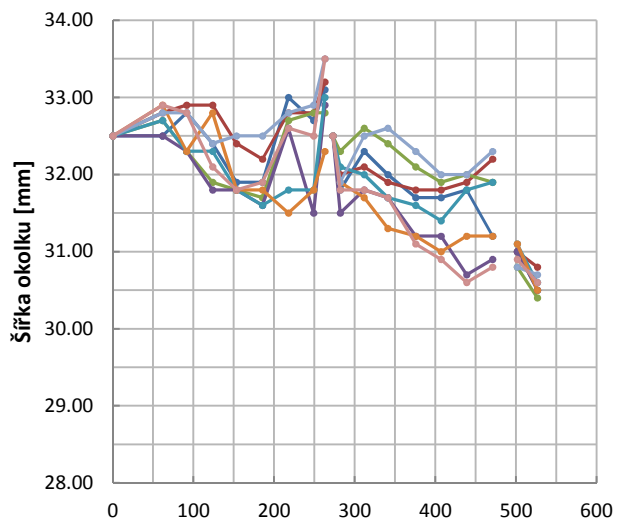
Rozměry dvojkolí



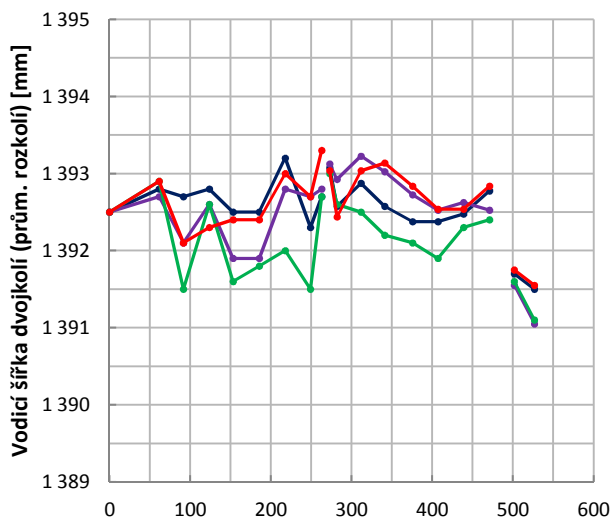
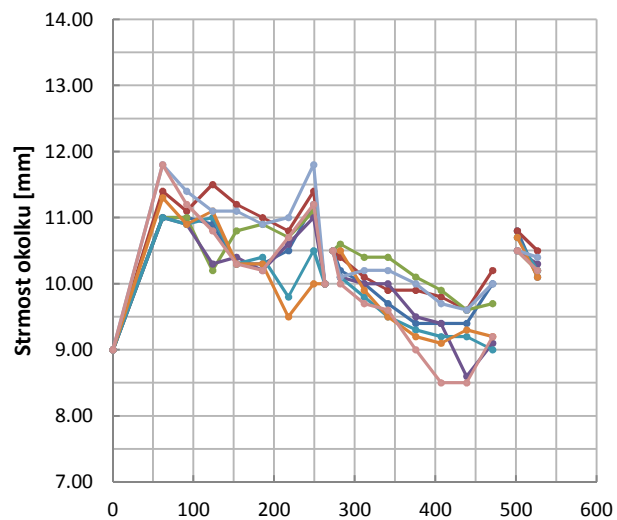
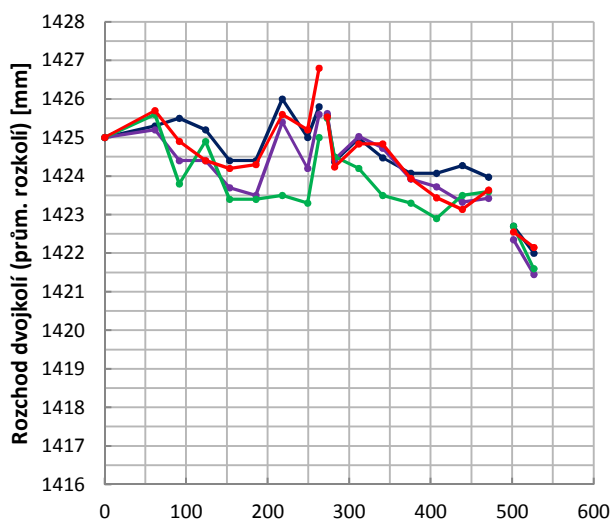
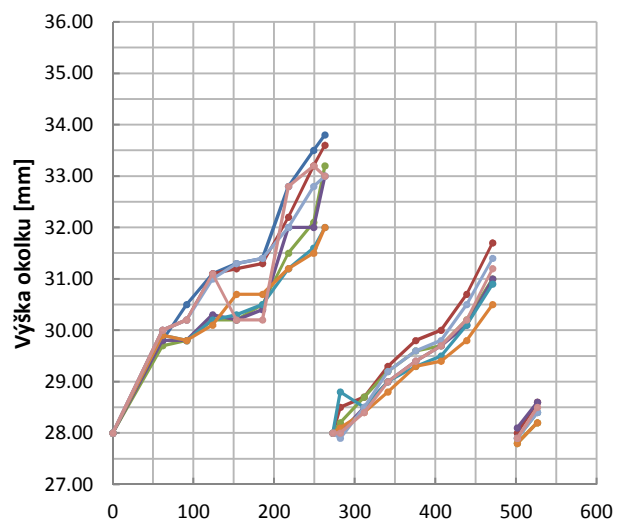
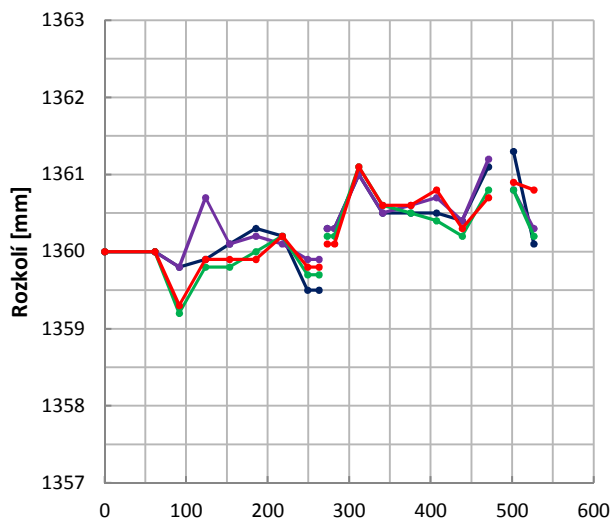
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M6

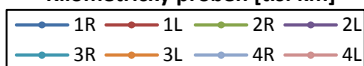
Rozměry kol



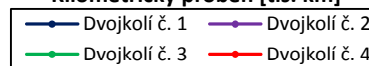
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



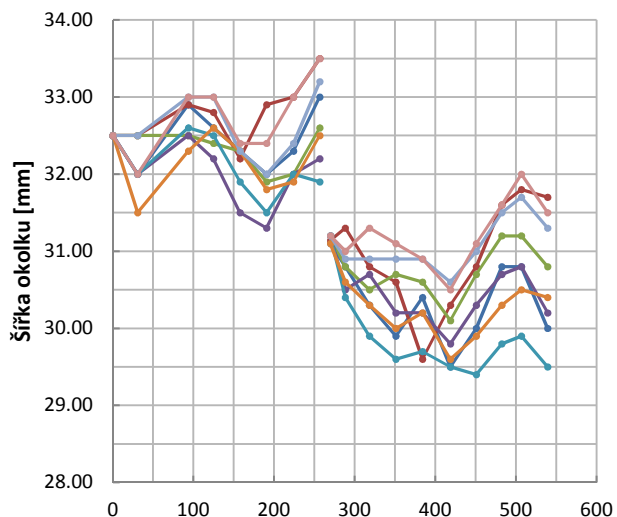
Kilometrický proběh [tis. km]



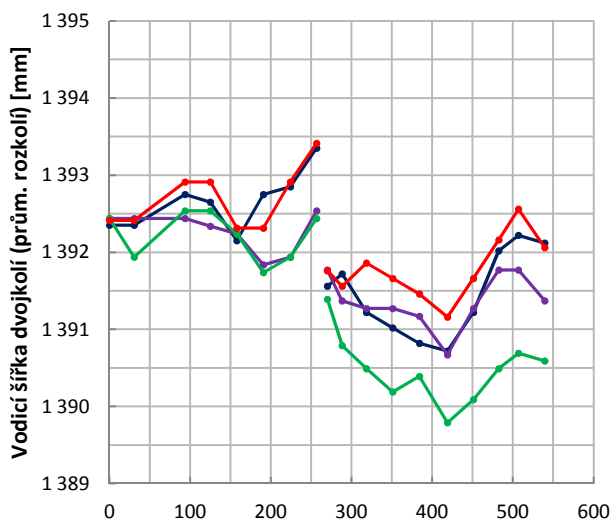
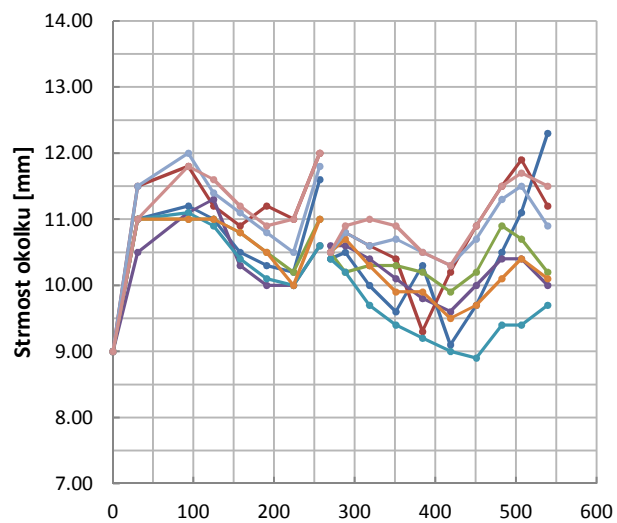
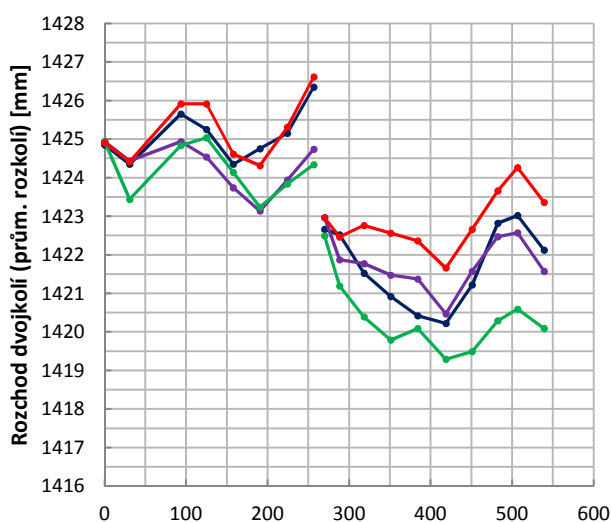
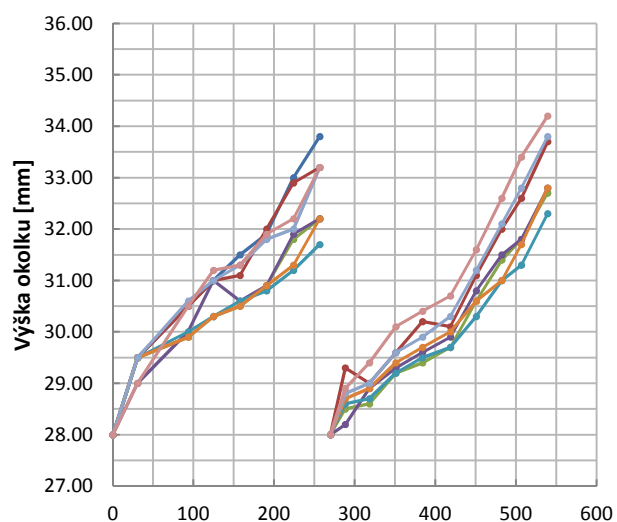
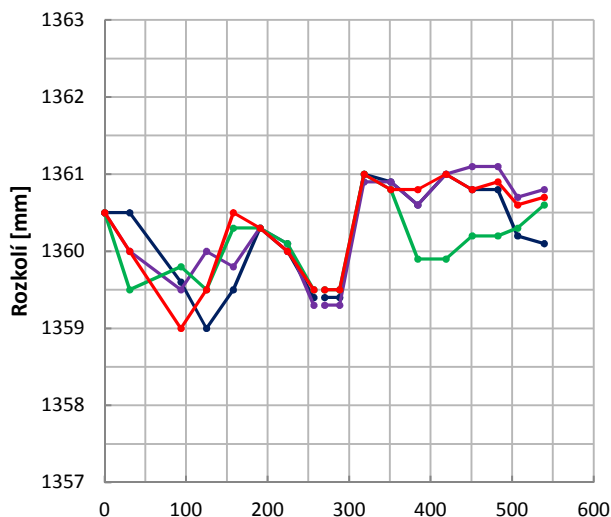
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M7

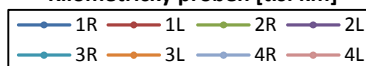
Rozměry kol



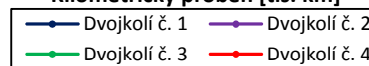
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



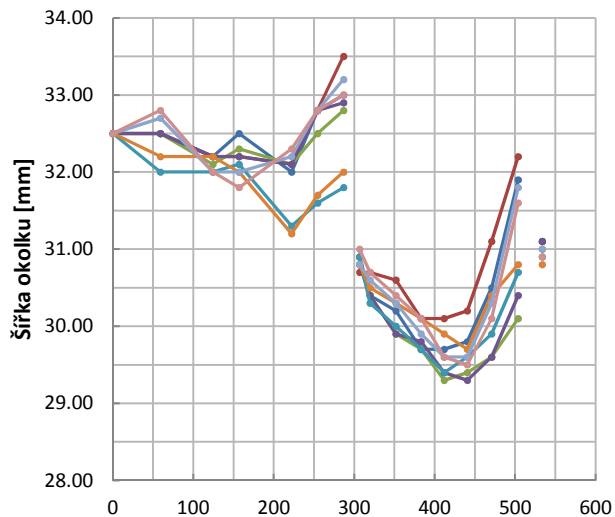
Kilometrický proběh [tis. km]



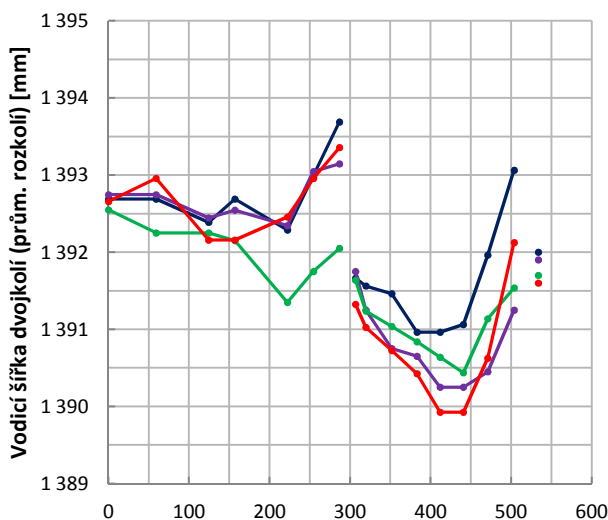
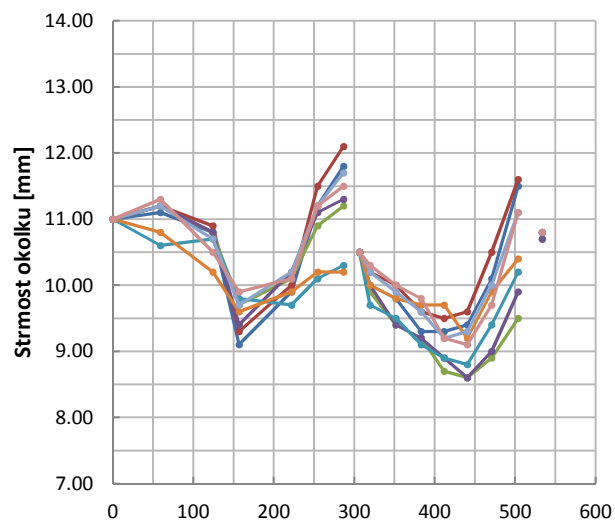
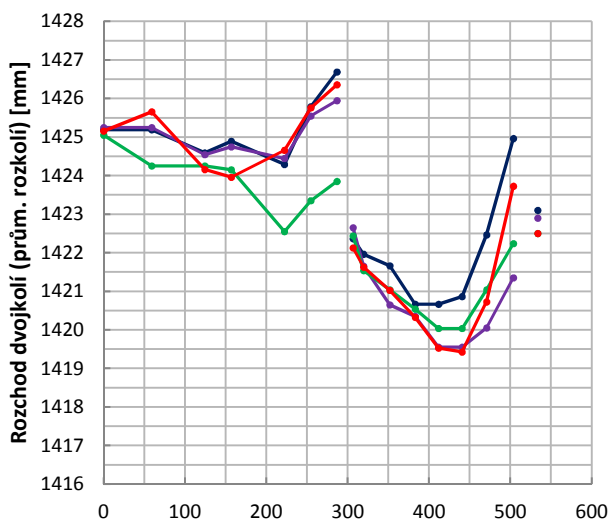
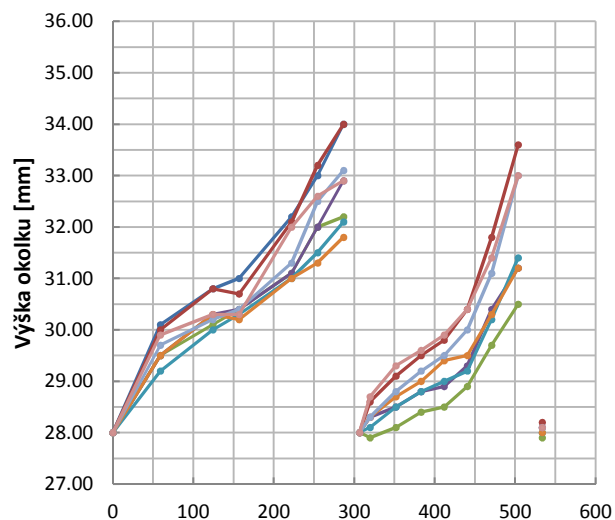
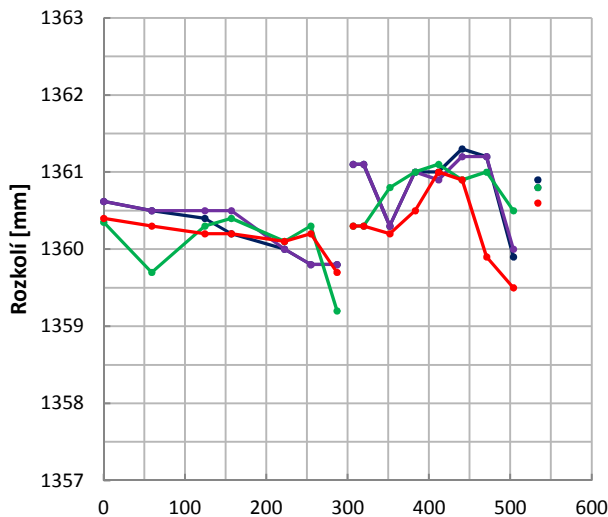
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M8

Rozměry kol



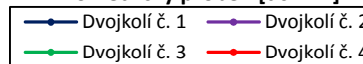
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



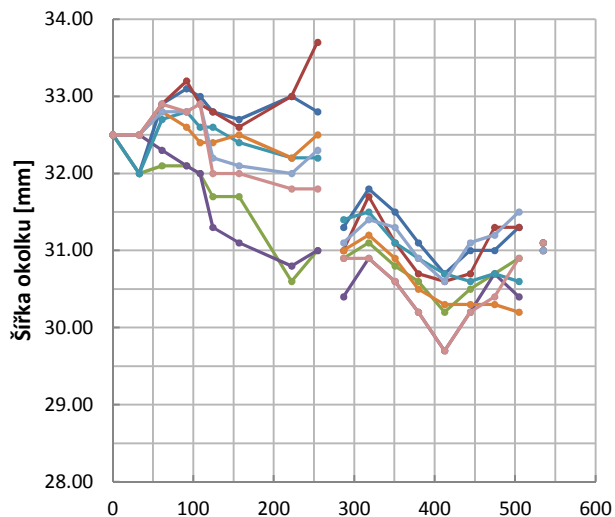
Kilometrický proběh [tis. km]



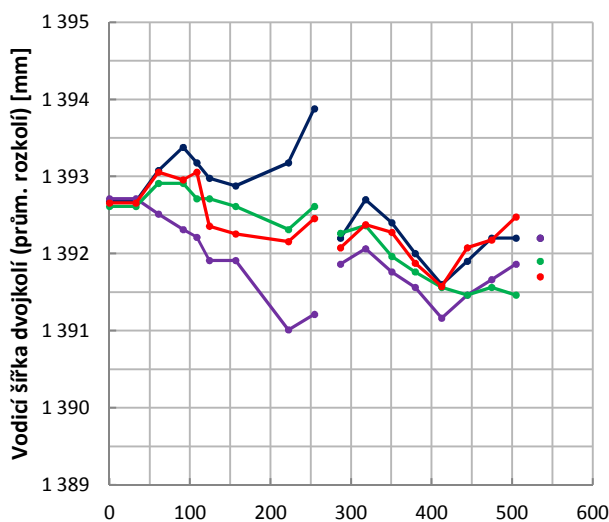
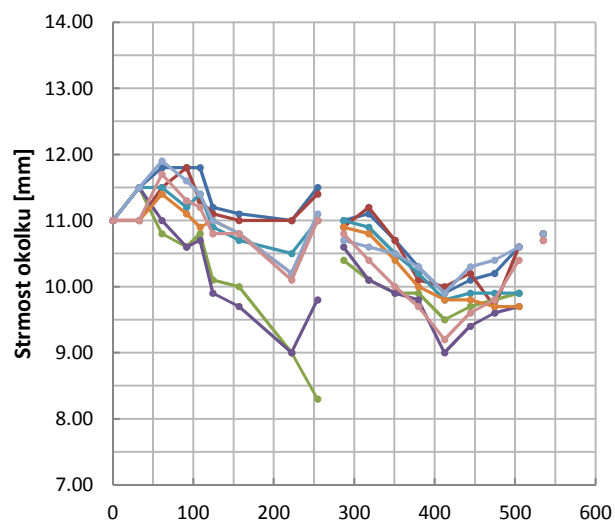
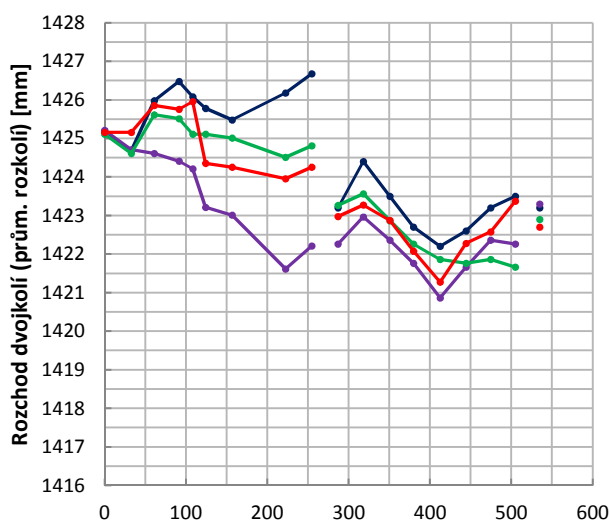
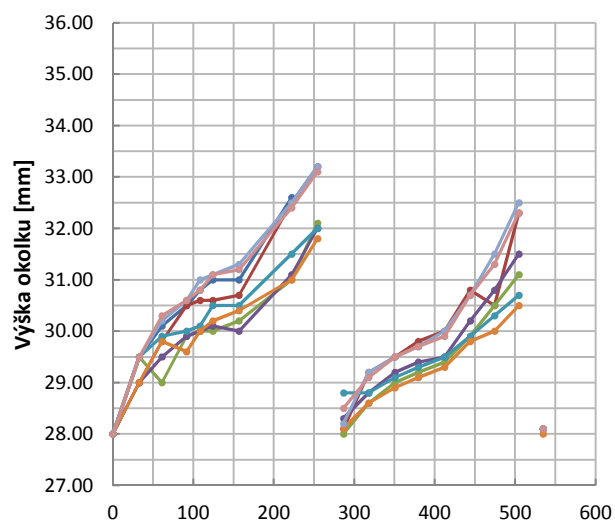
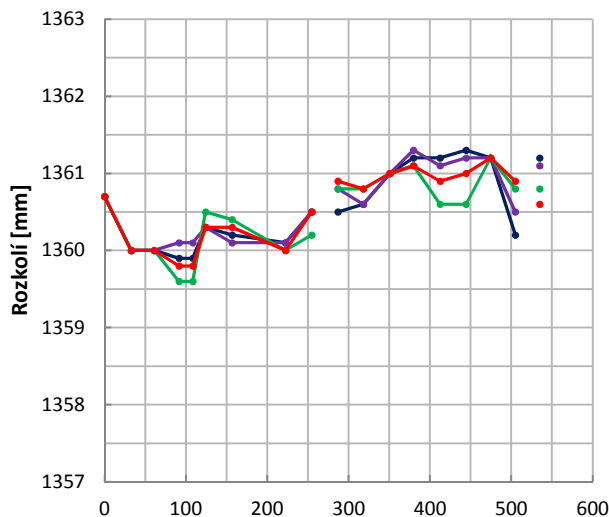
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M9

Rozměry kol



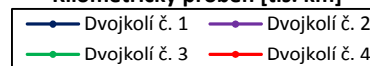
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



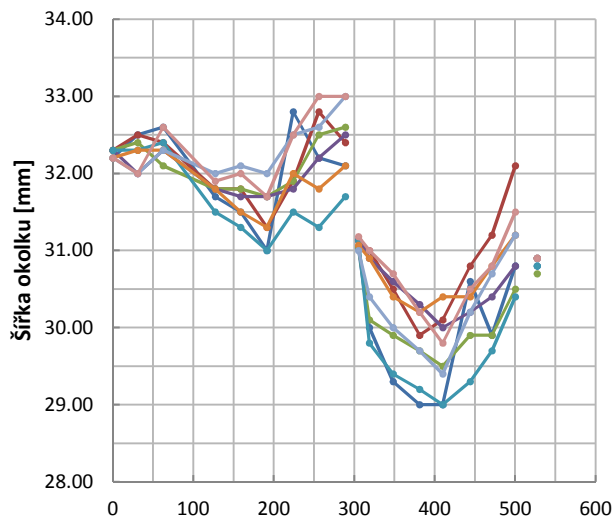
Kilometrický proběh [tis. km]



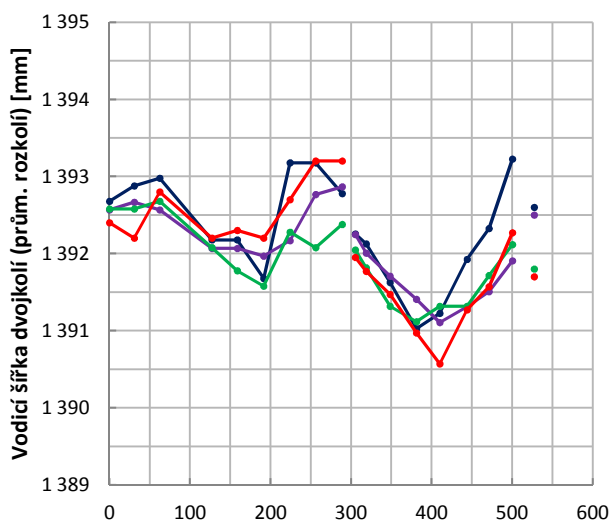
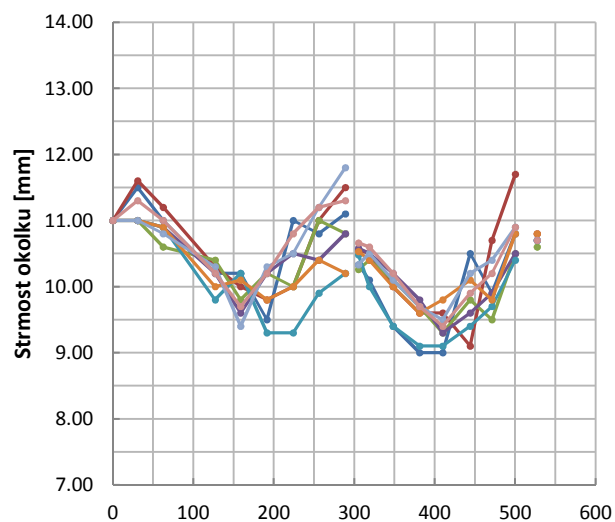
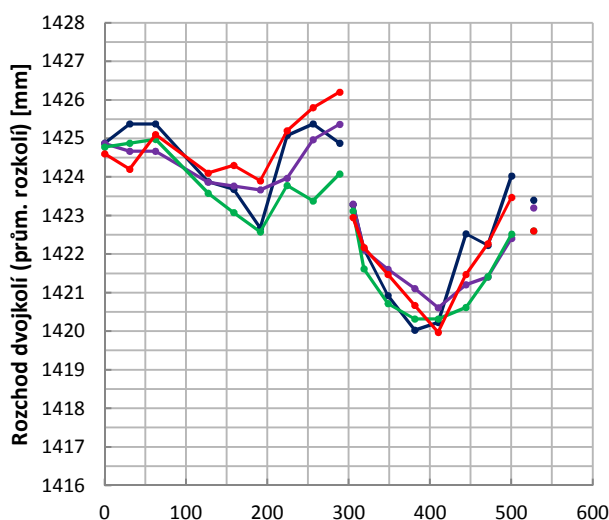
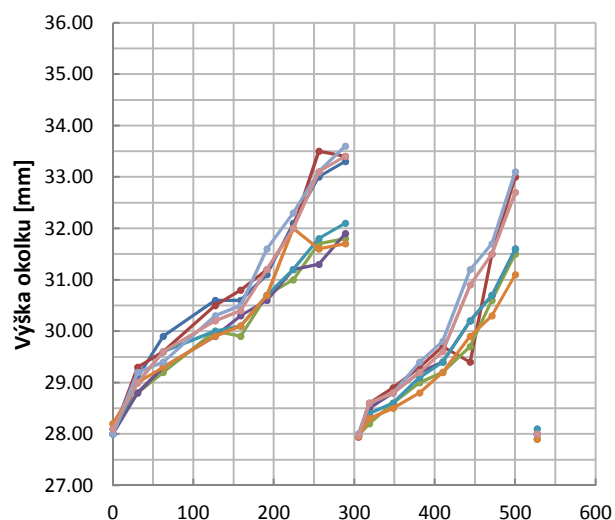
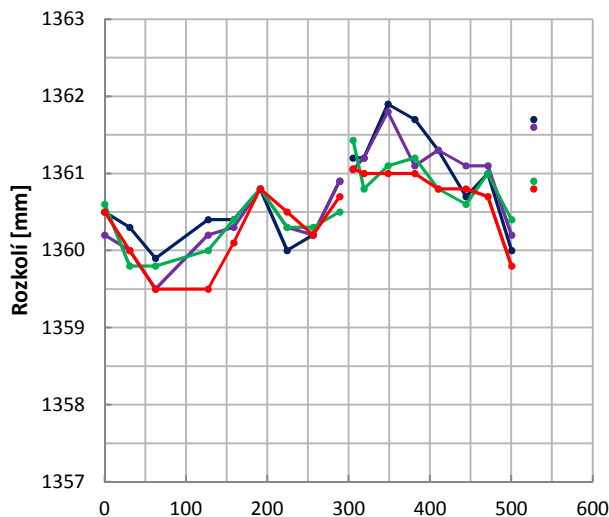
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M10

Rozměry kol



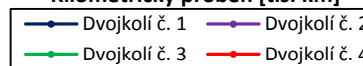
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



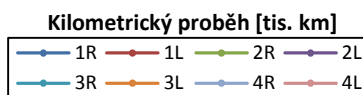
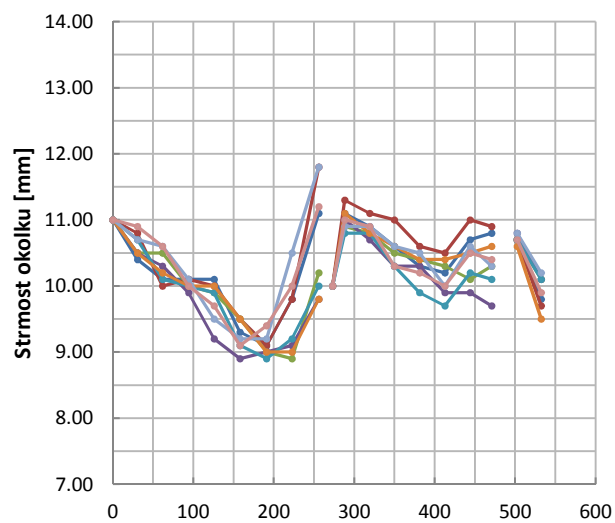
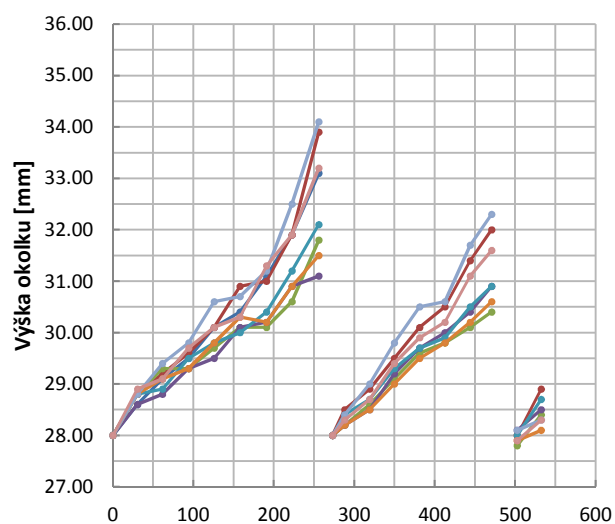
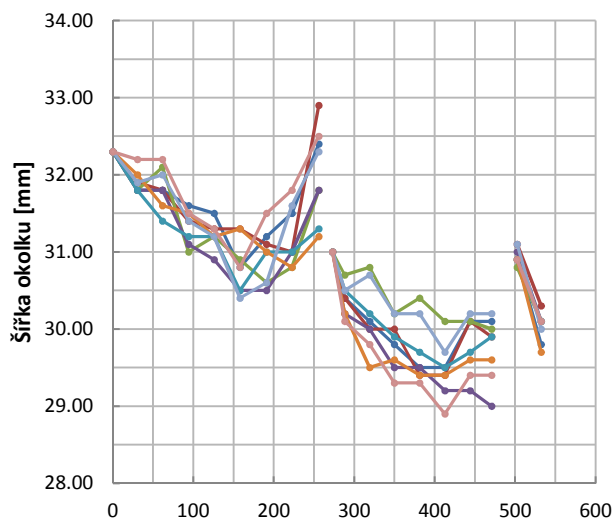
Kilometrický proběh [tis. km]



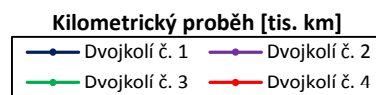
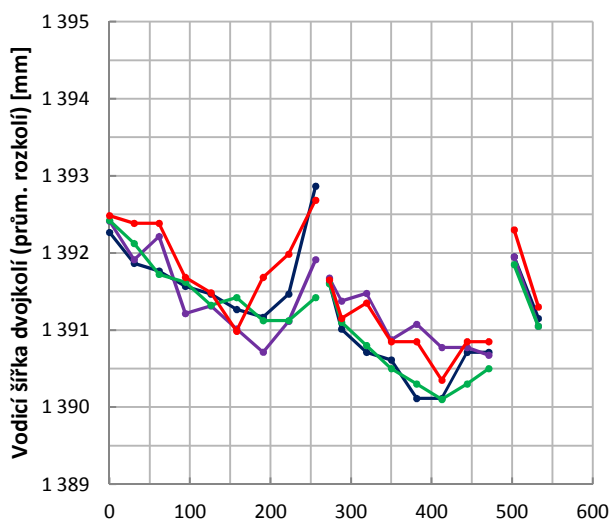
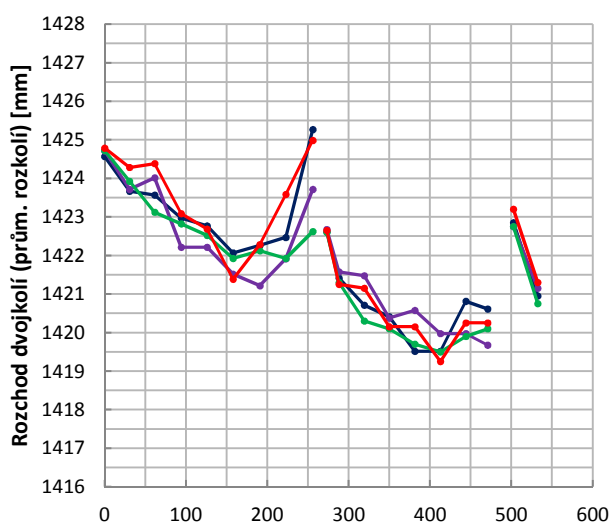
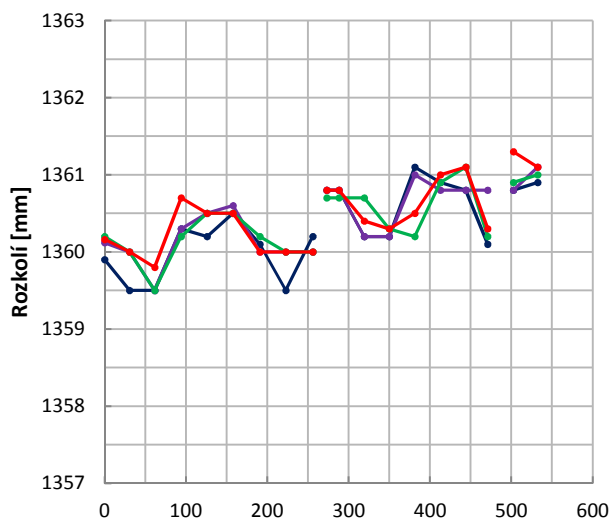
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M11

Rozměry kol



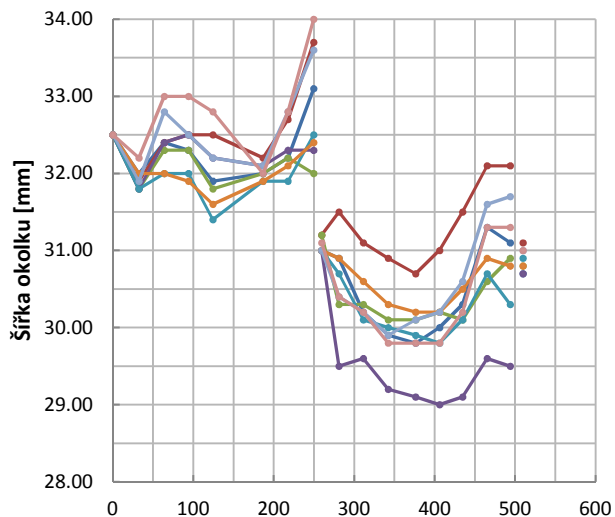
Rozměry dvojkolí



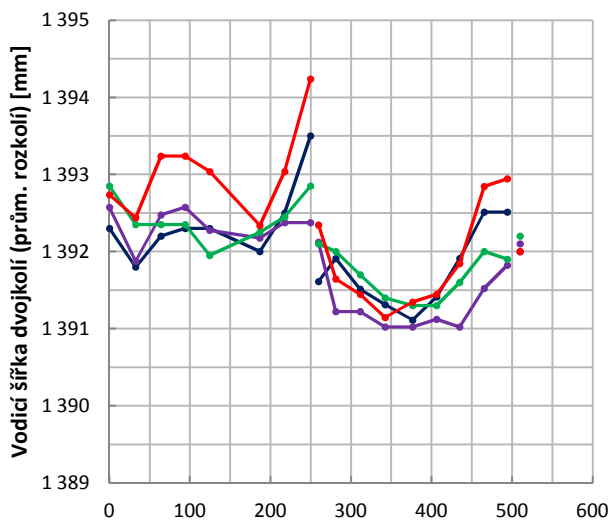
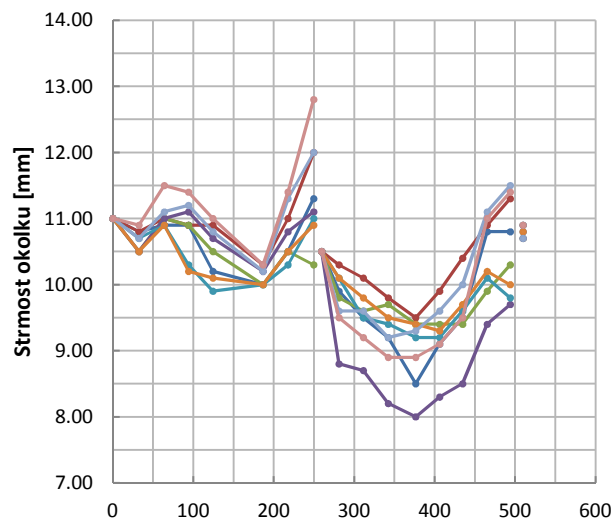
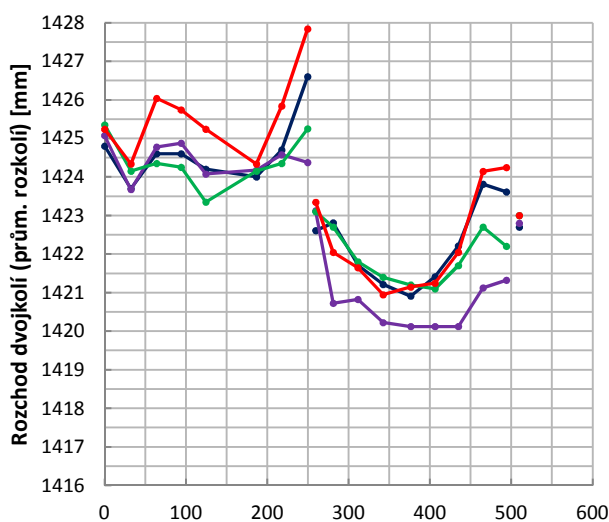
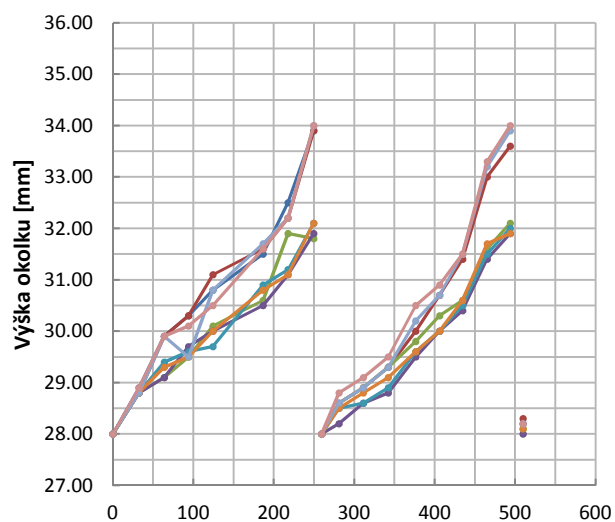
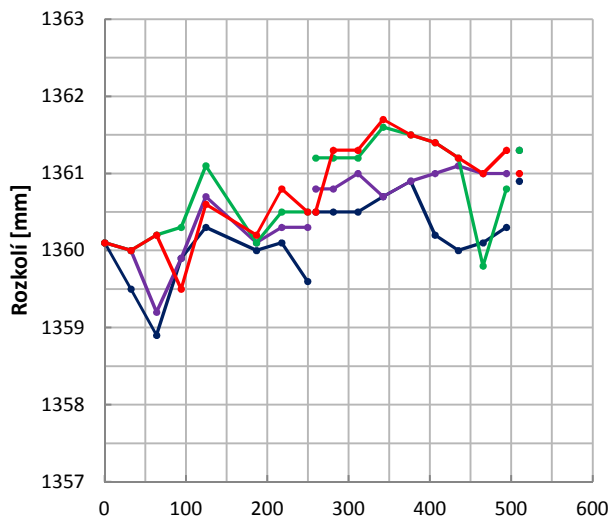
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M12

Rozměry kol



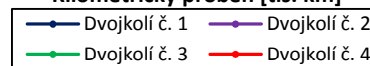
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



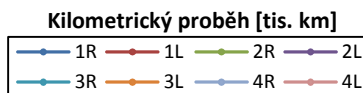
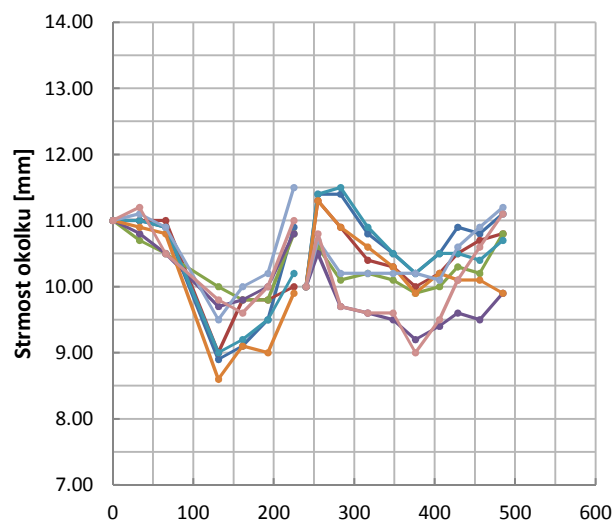
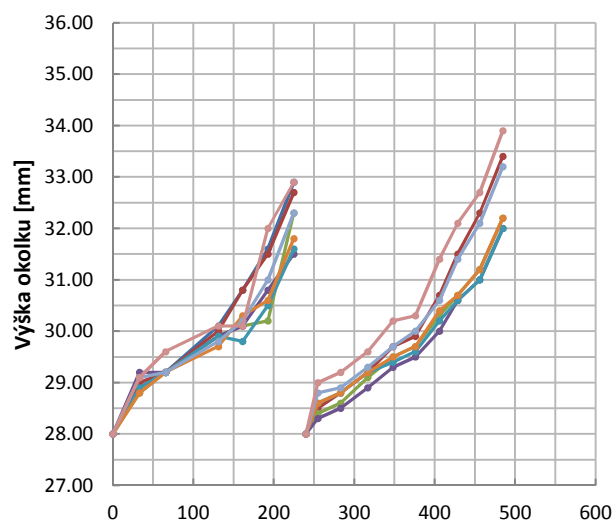
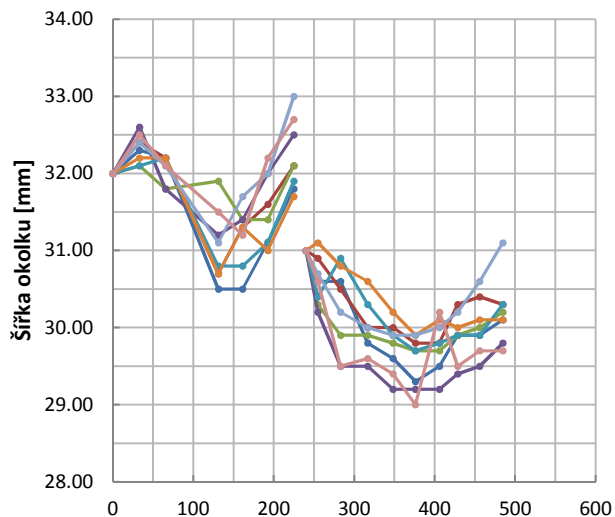
Kilometrický proběh [tis. km]



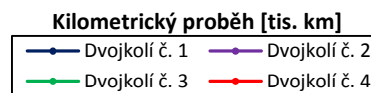
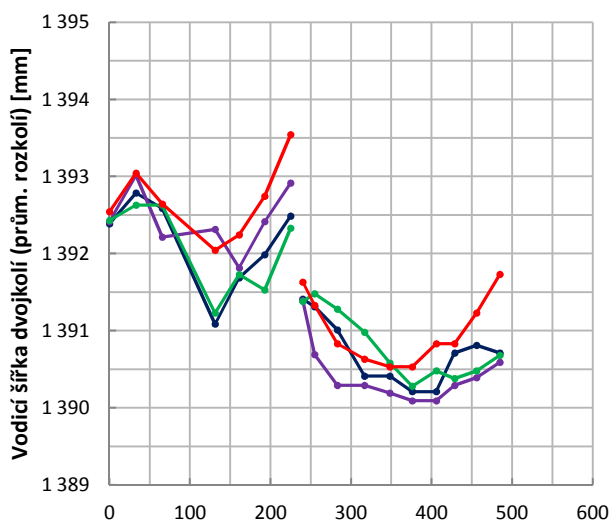
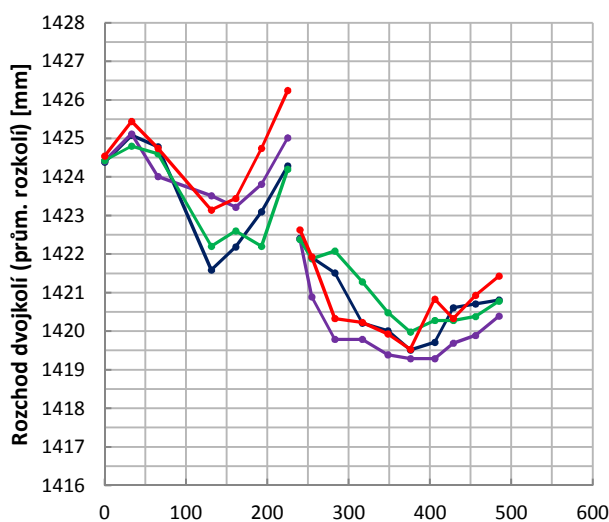
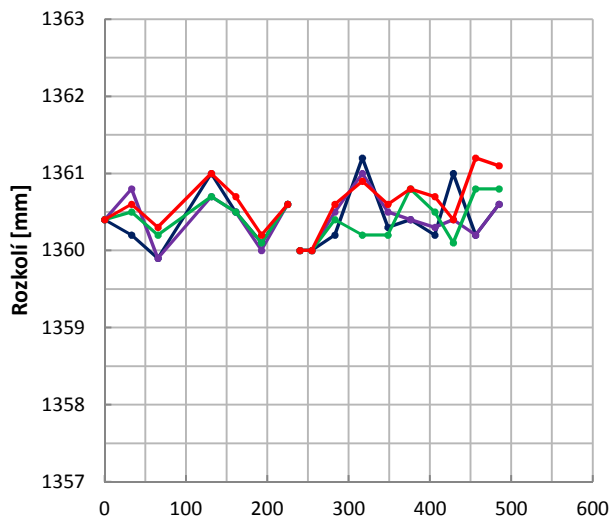
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M13

Rozměry kol

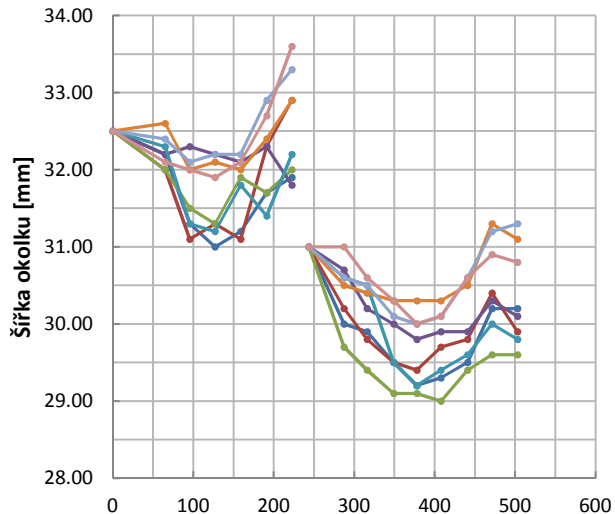


Rozměry dvojkolí

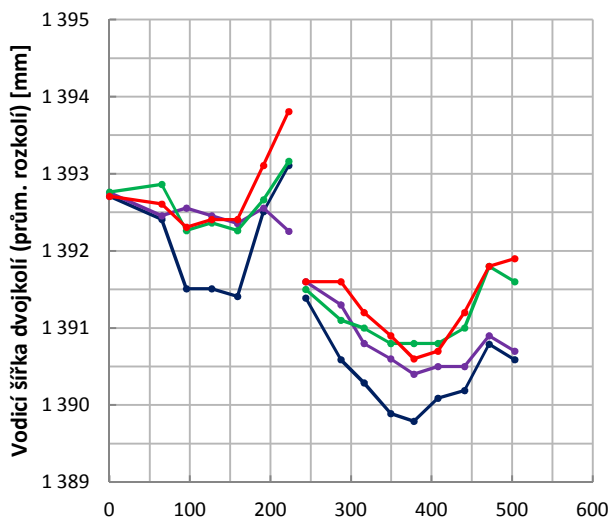
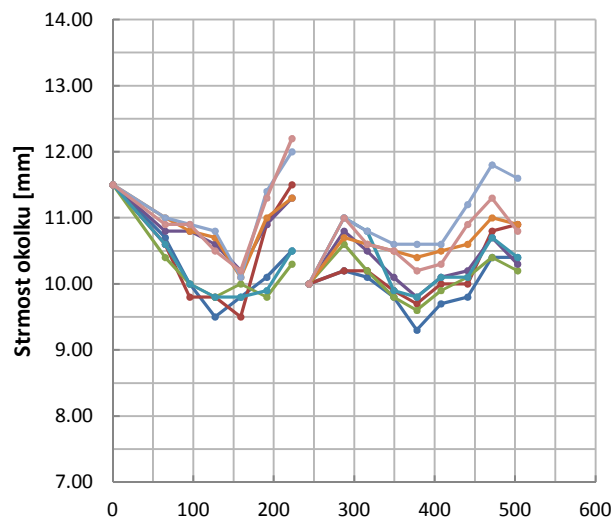
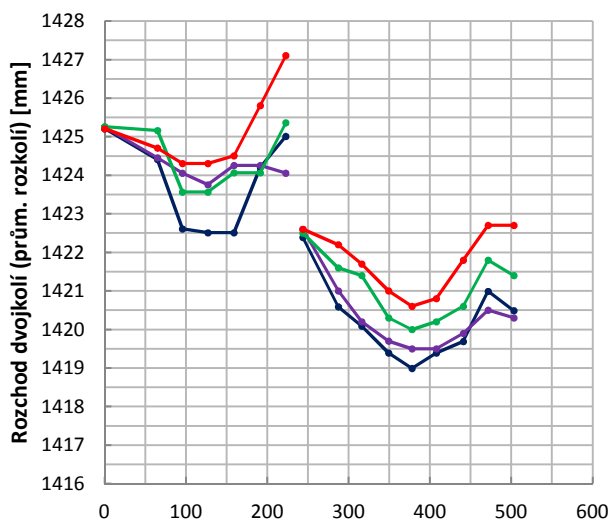
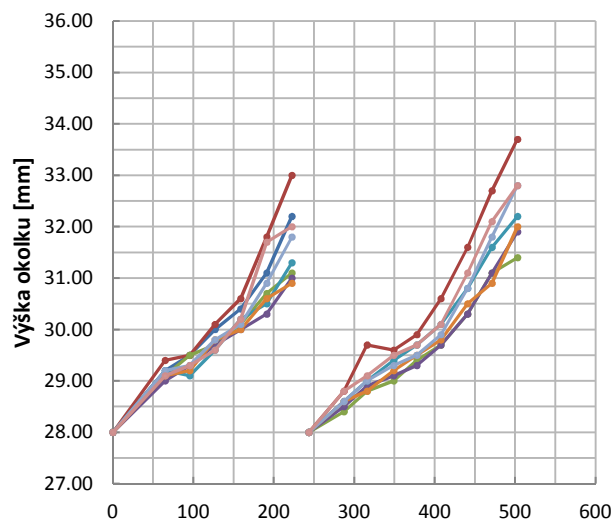
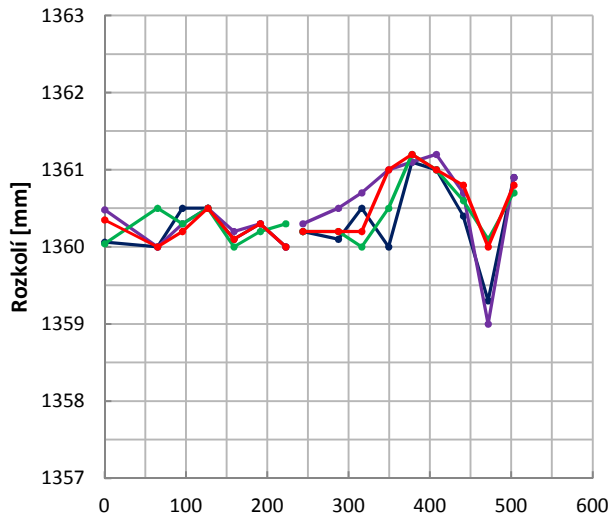


Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M14

Rozměry kol



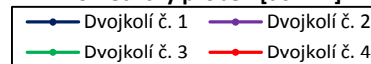
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]

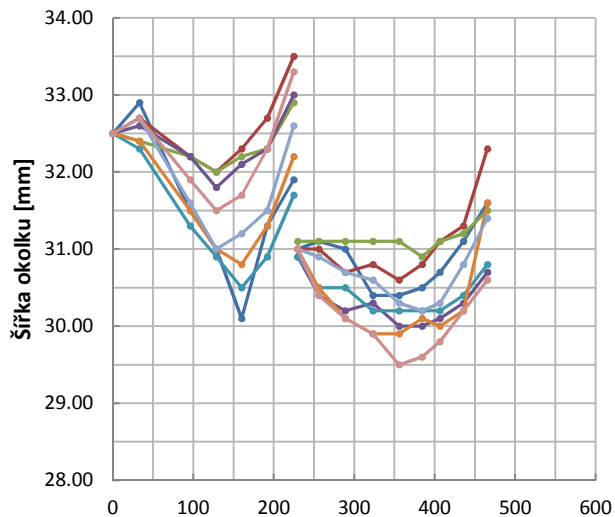


Kilometrický proběh [tis. km]

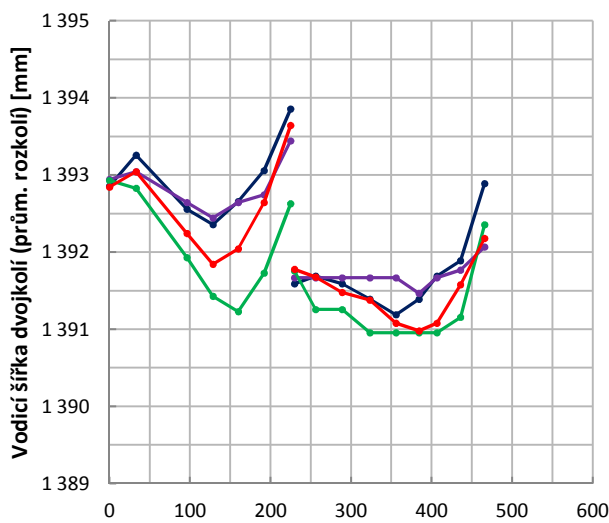
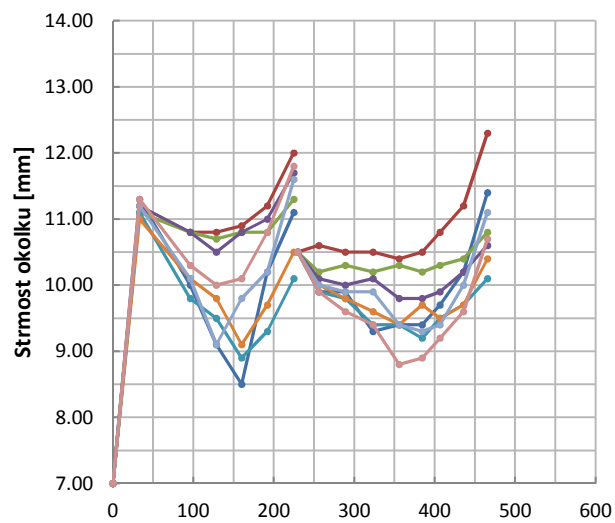
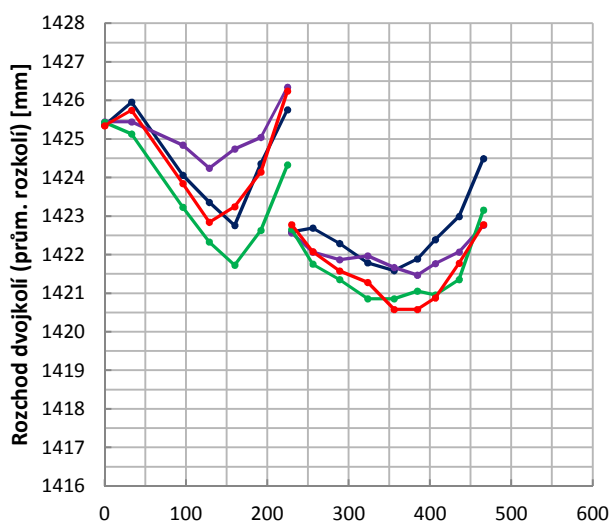
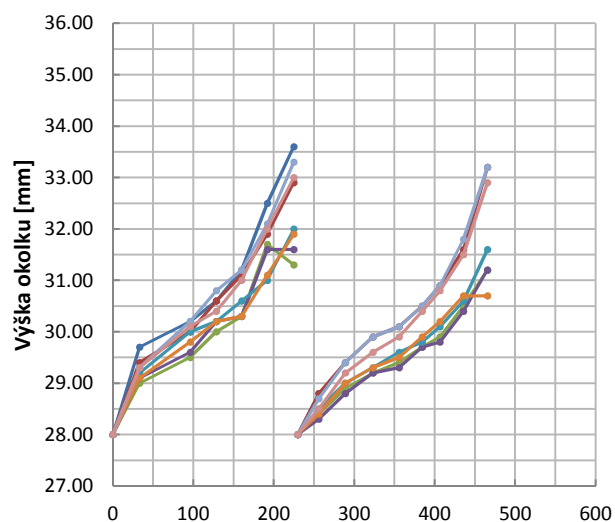
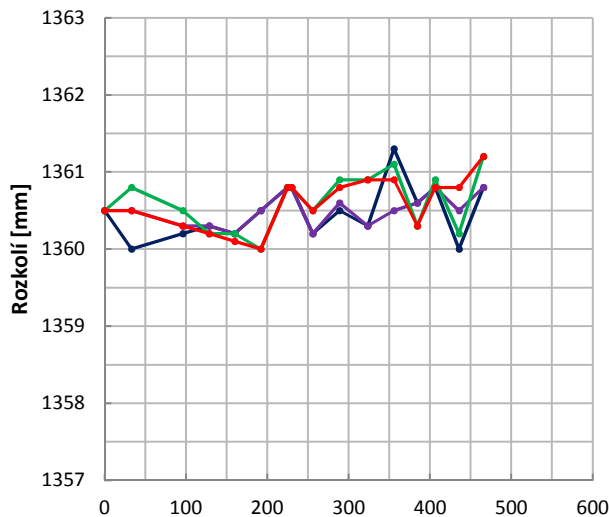


Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M15

Rozměry kol



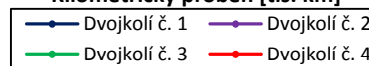
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



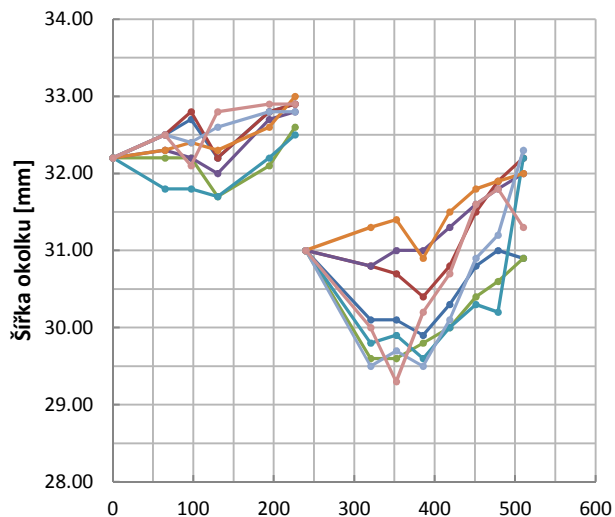
Kilometrický proběh [tis. km]



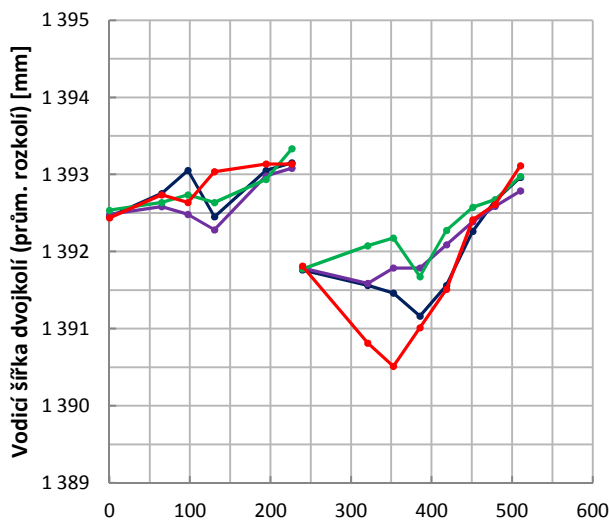
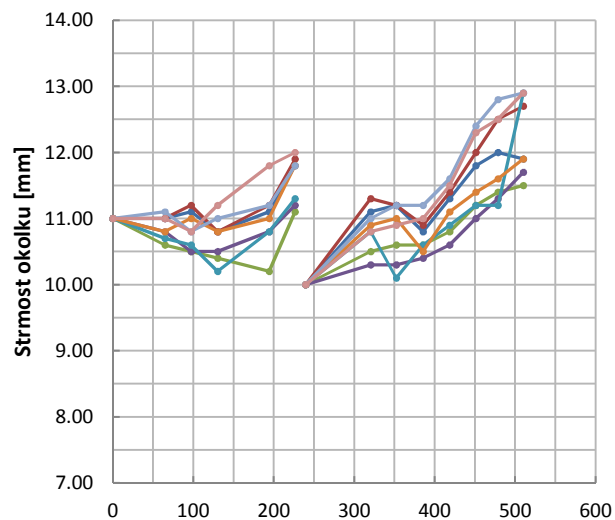
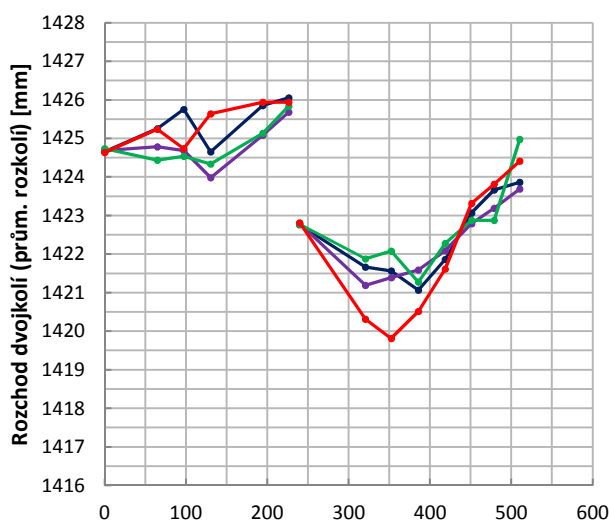
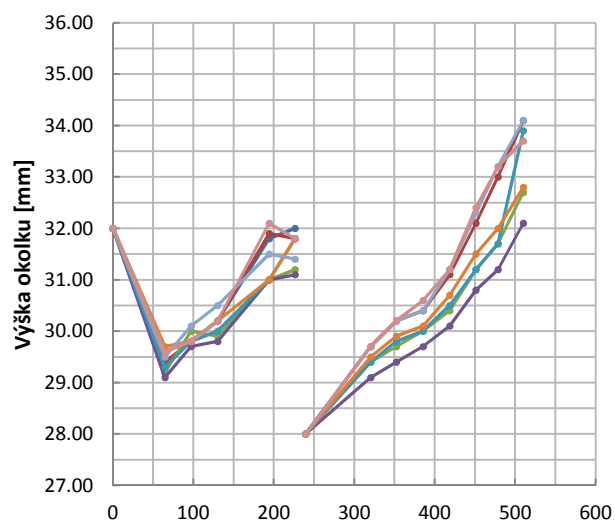
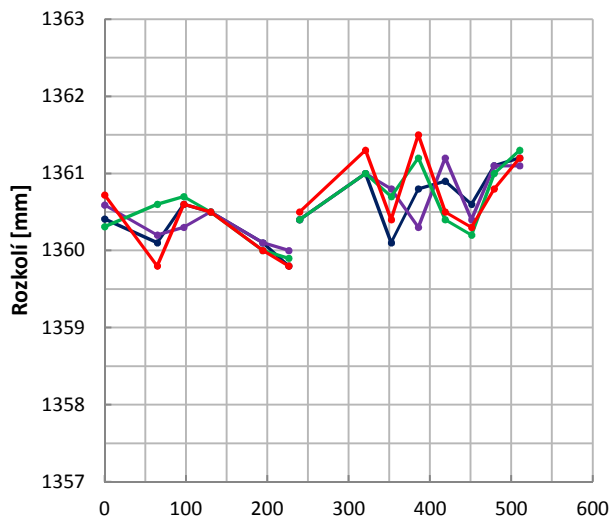
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M16

Rozměry kol



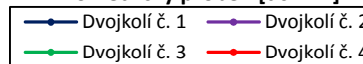
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]

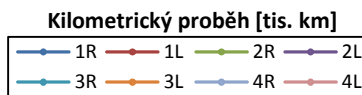
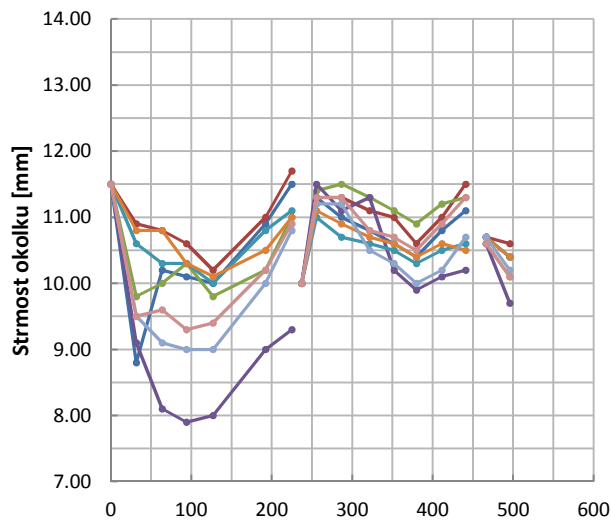
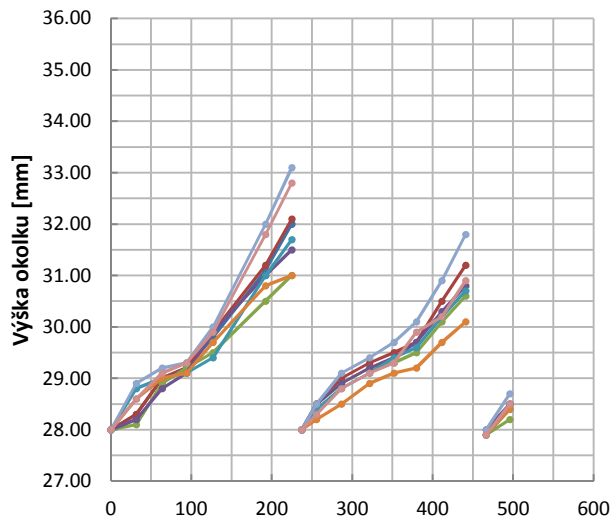
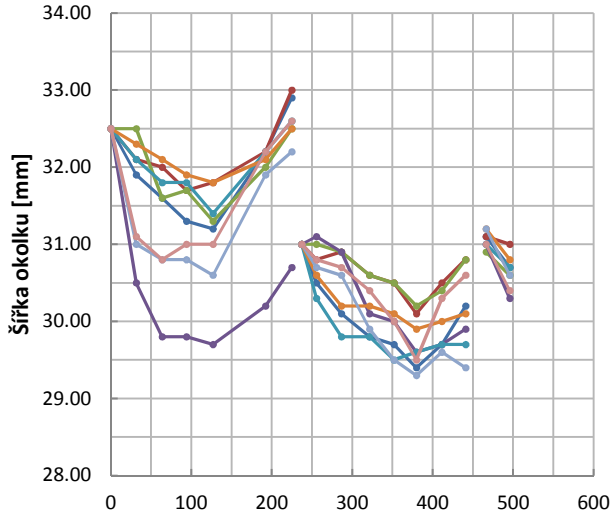


Kilometrický proběh [tis. km]

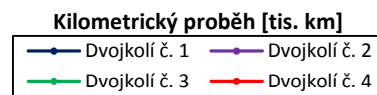
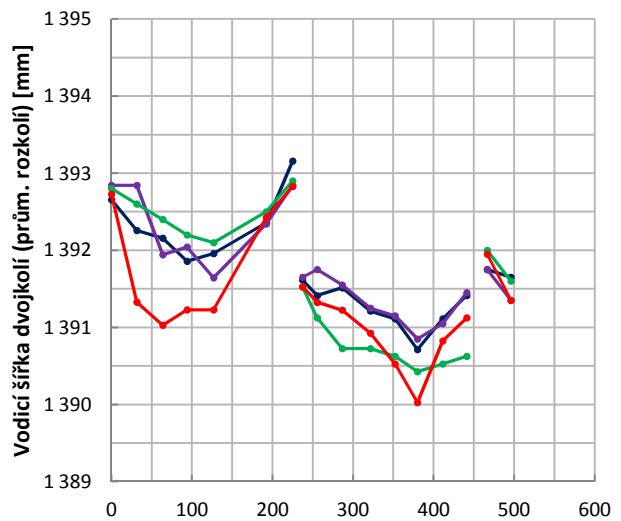
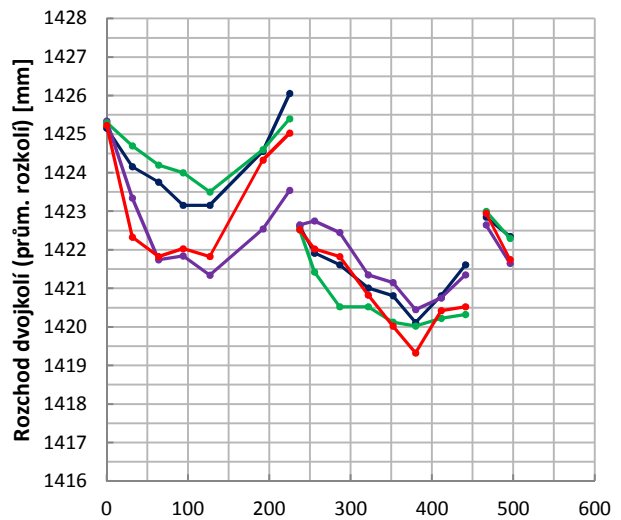
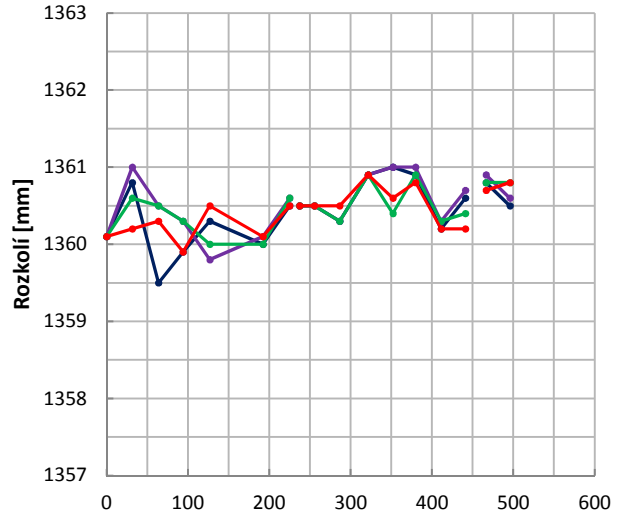


Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M17

Rozměry kol

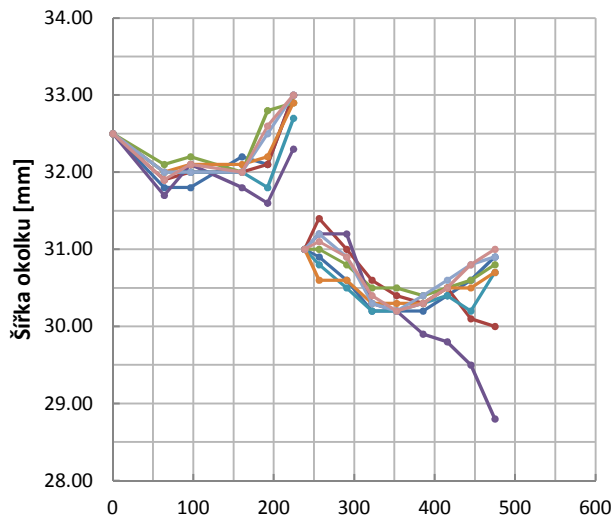


Rozměry dvojkolí

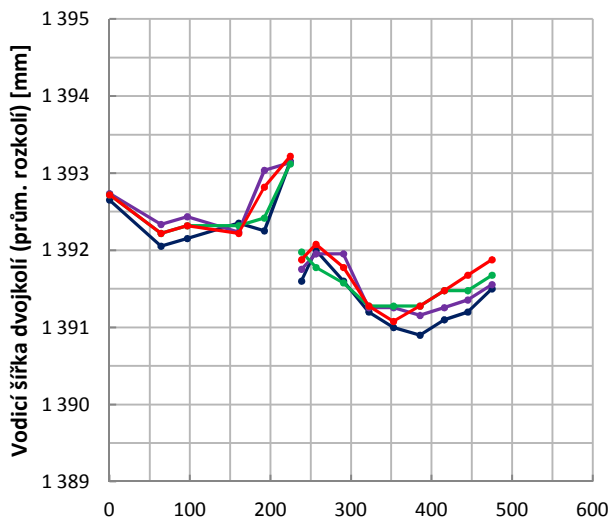
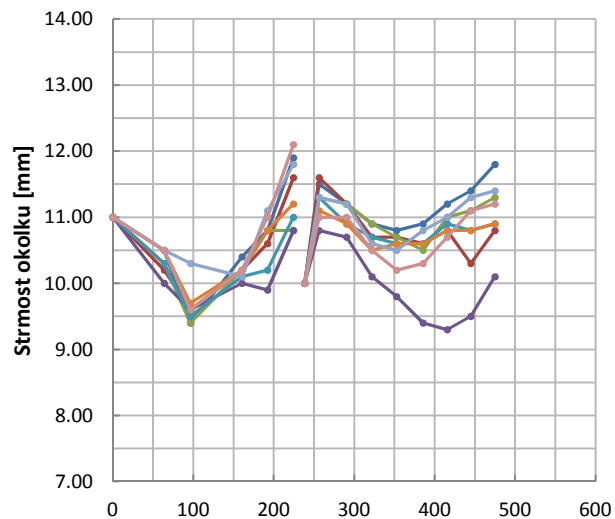
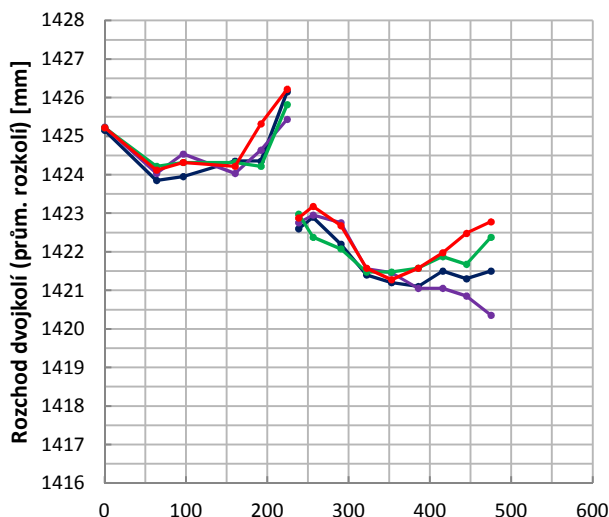
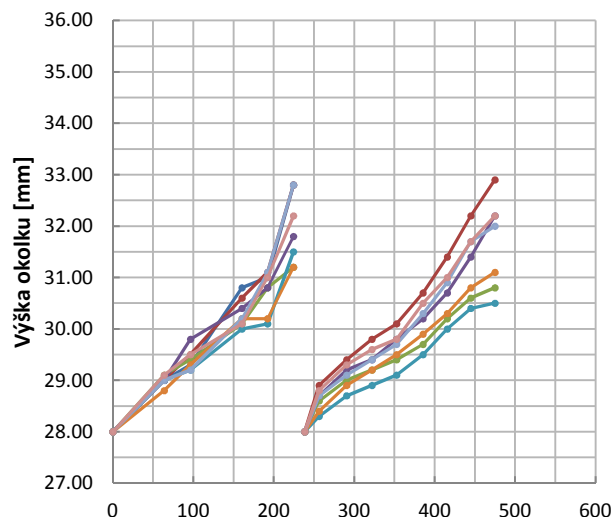
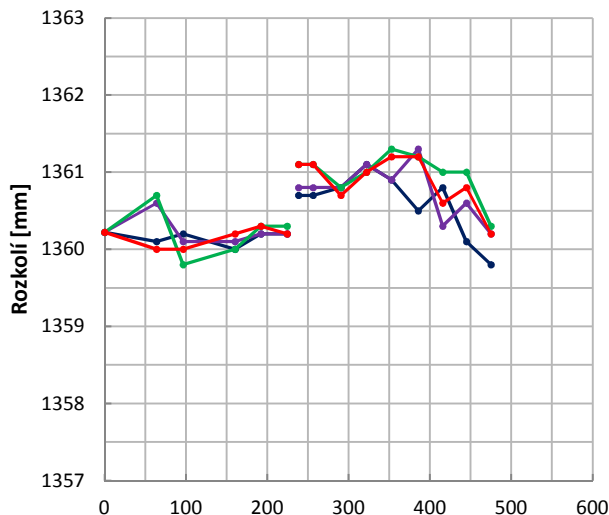


Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M18

Rozměry kol



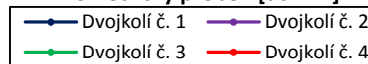
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]

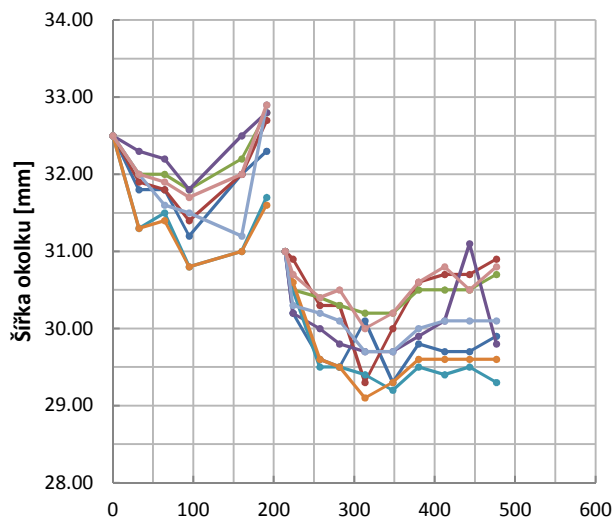


Kilometrický proběh [tis. km]

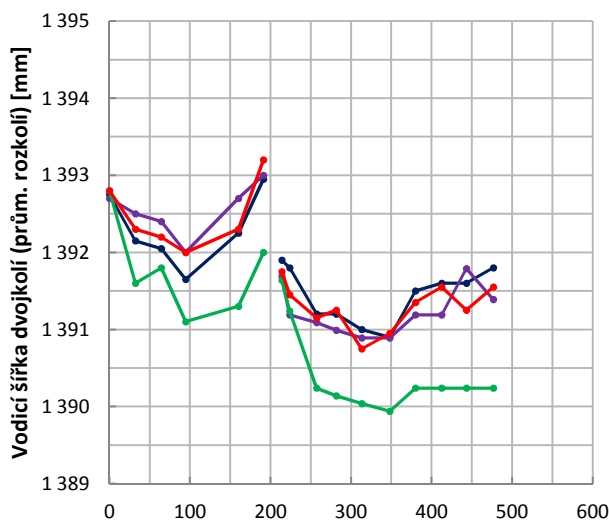
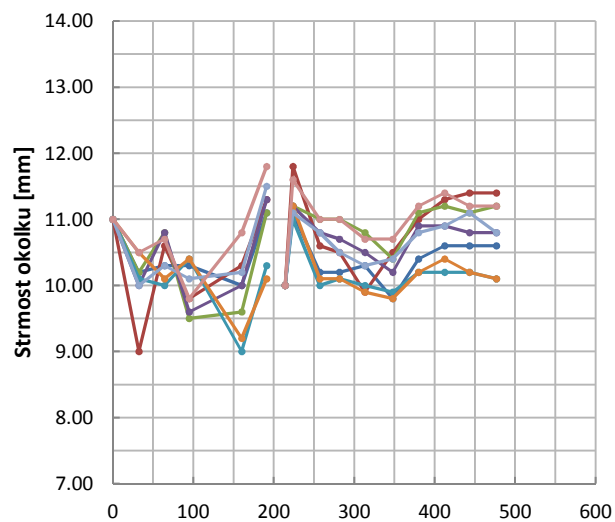
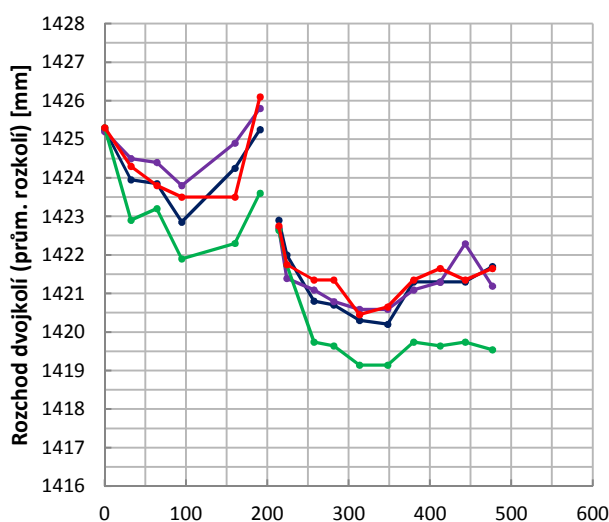
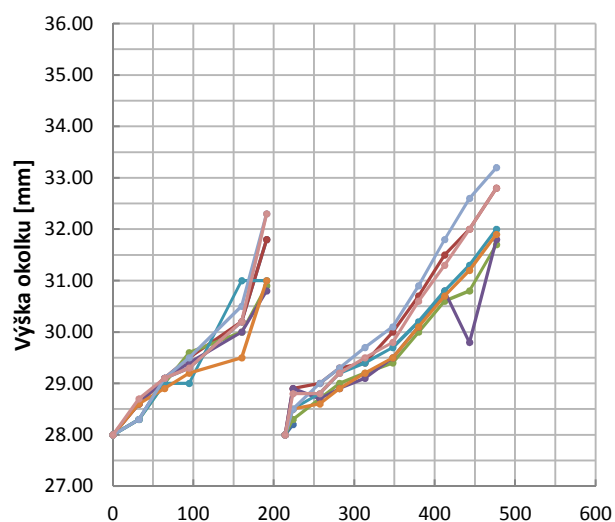
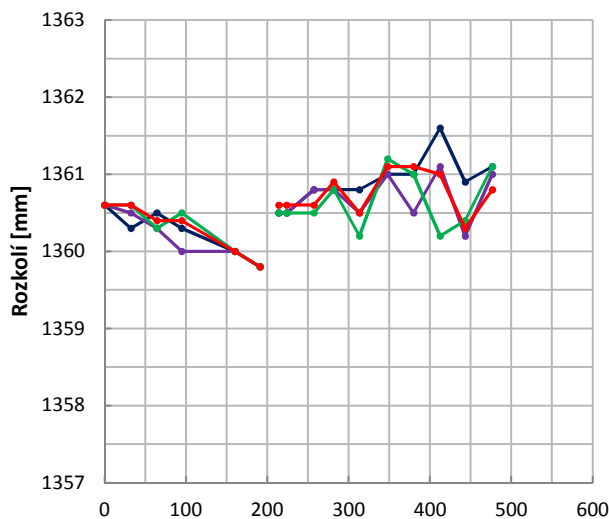


Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu
lokomotiva: M19

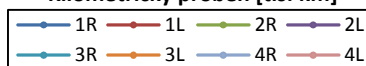
Rozměry kol



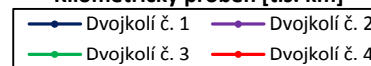
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



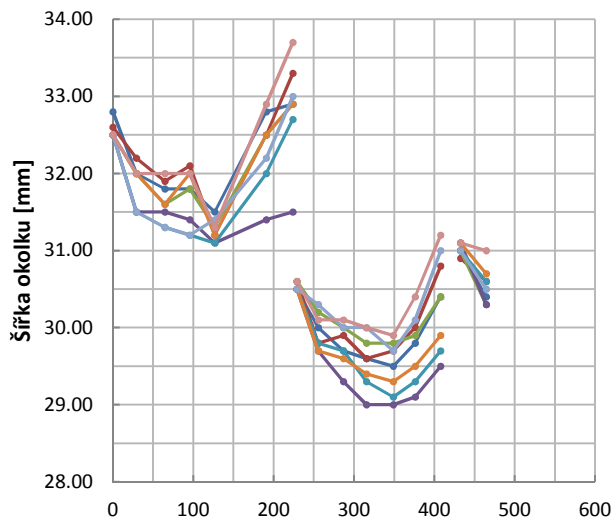
Kilometrický proběh [tis. km]



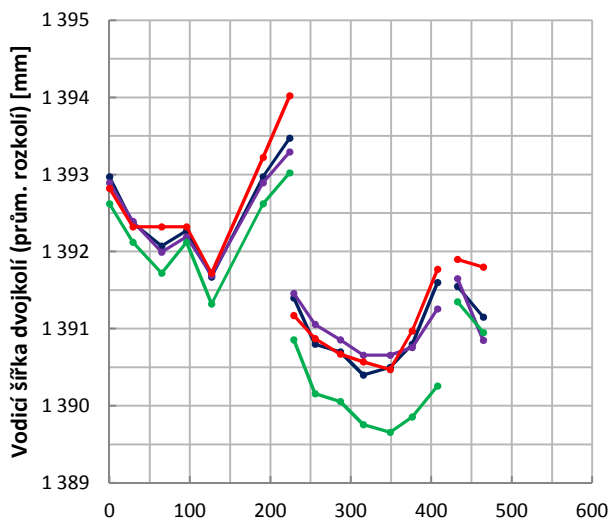
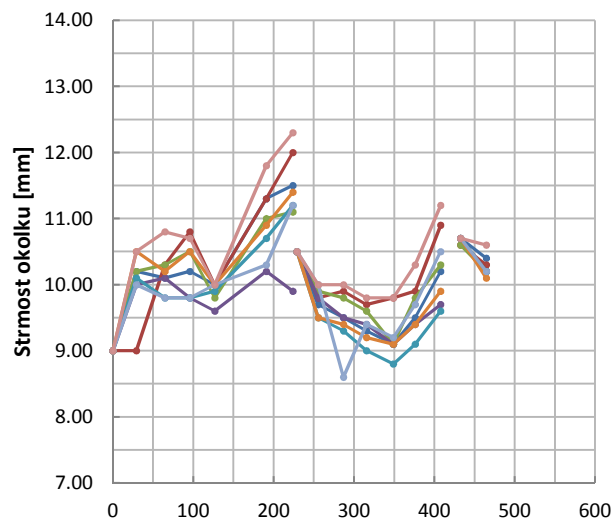
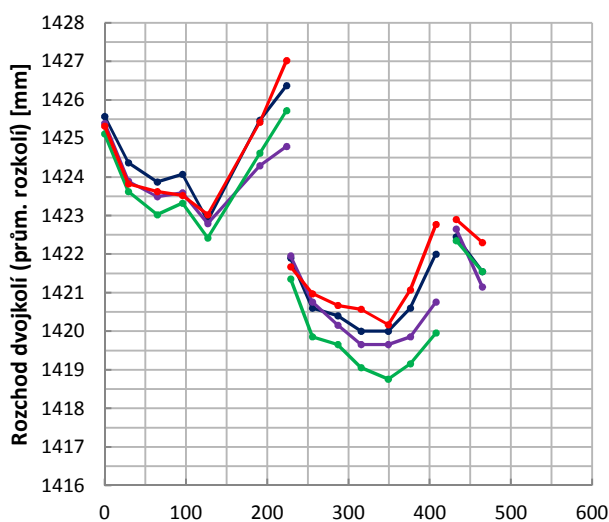
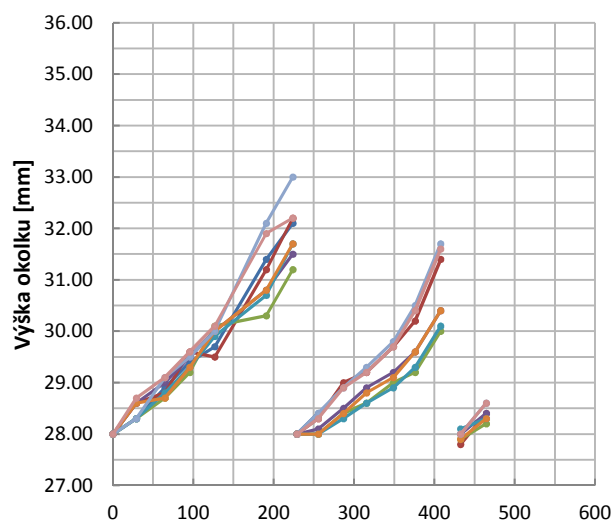
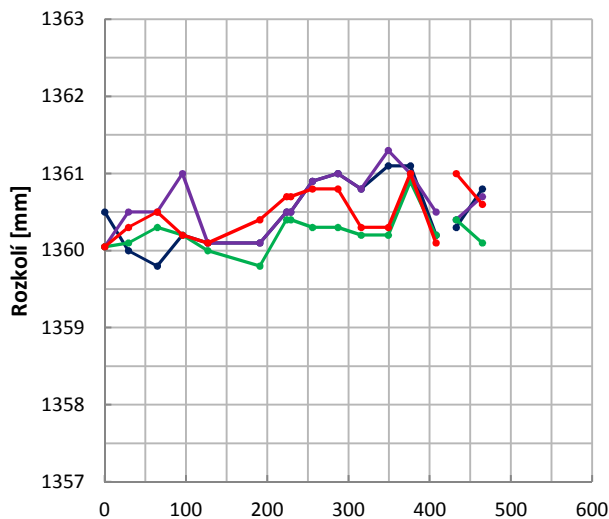
Rozměry jízdních obrysů kol a dvojkolí v provozu

lokomotiva: M20

Rozměry kol



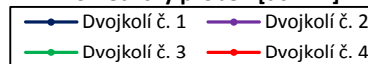
Rozměry dvojkolí



Kilometrický proběh [tis. km]



Kilometrický proběh [tis. km]

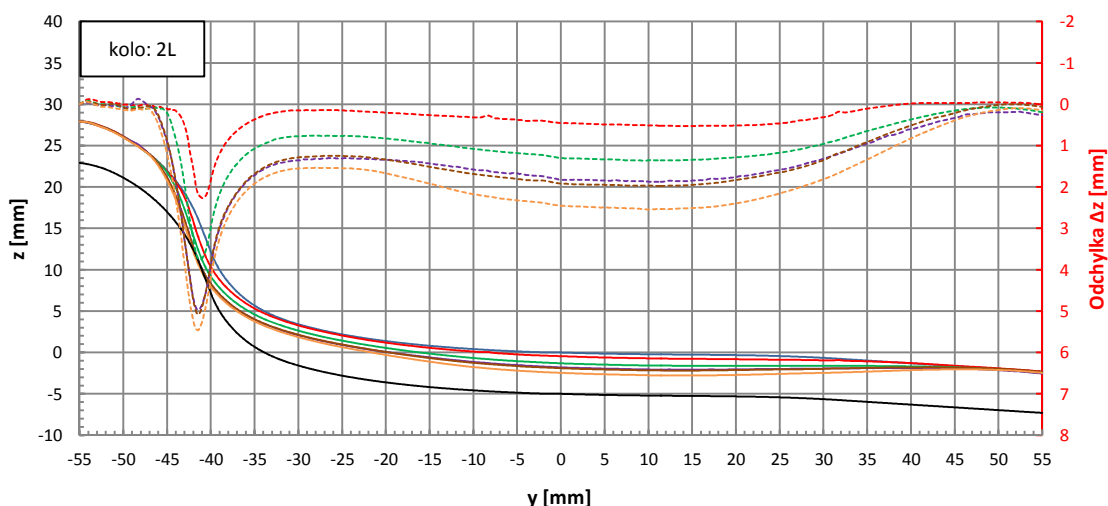
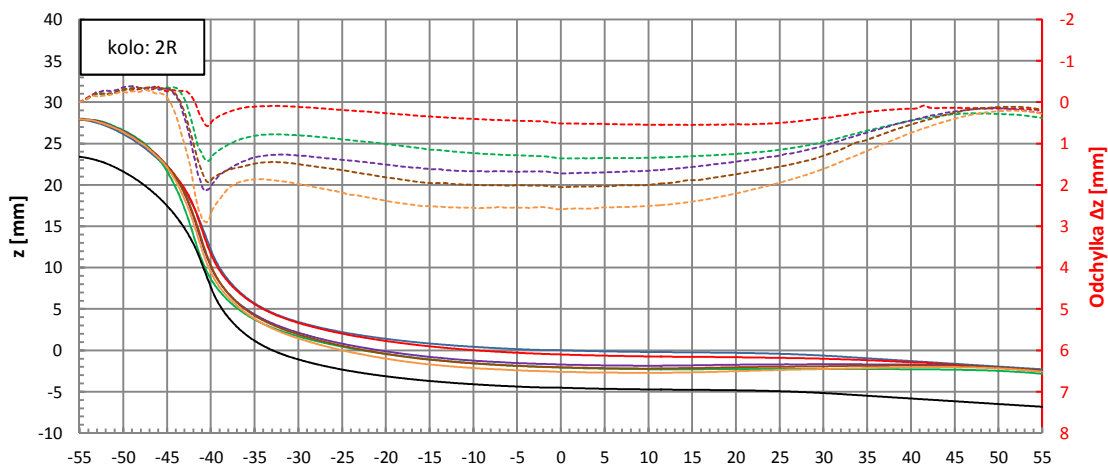
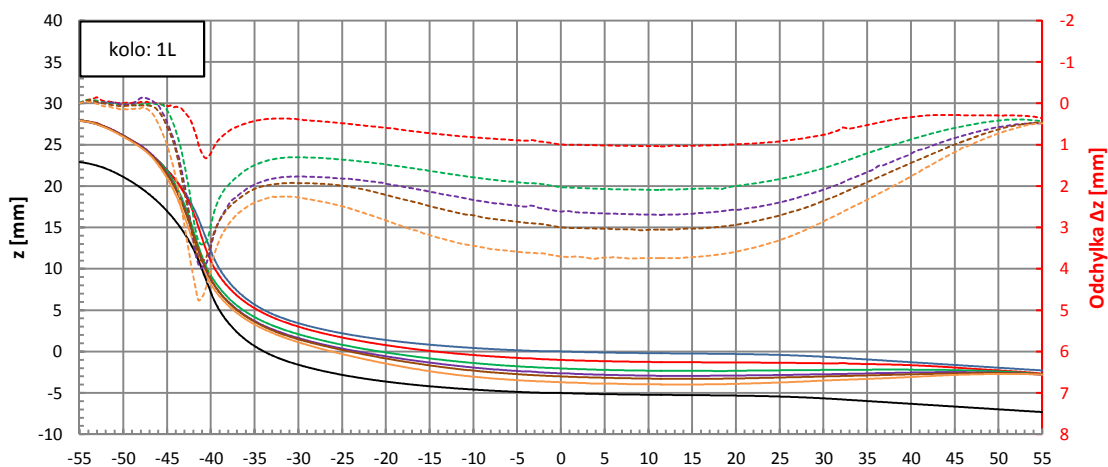
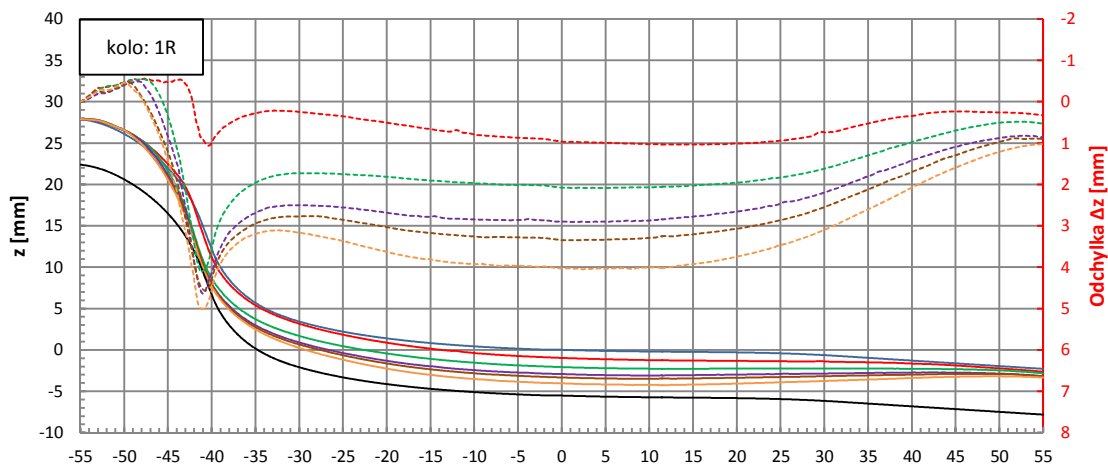
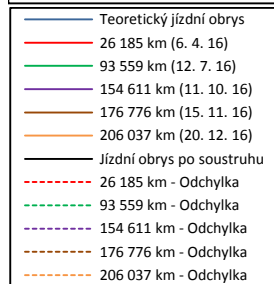


Příloha č. 2

**Průběhy změn tvaru jízdních obrysů kol vlivem
opotřebení**

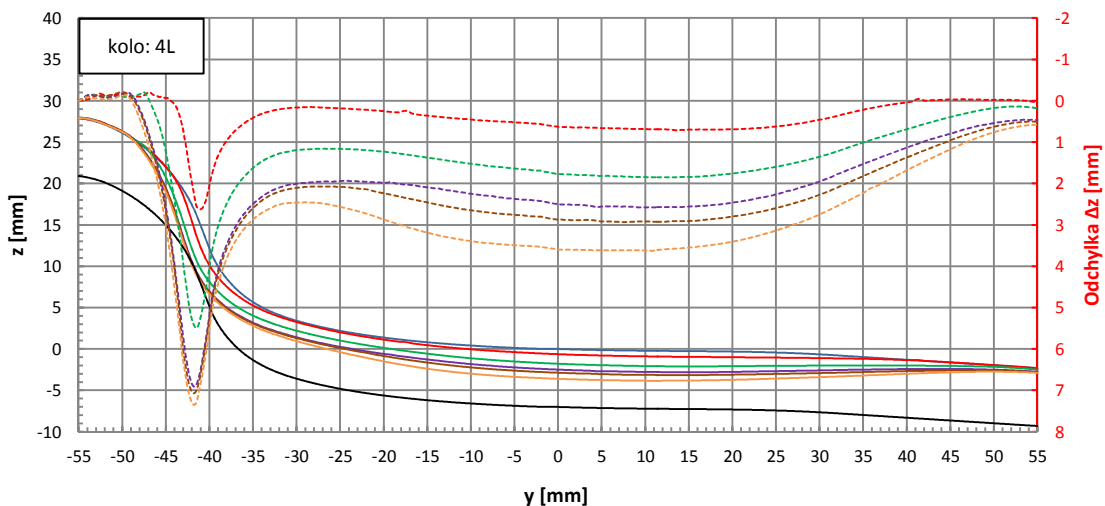
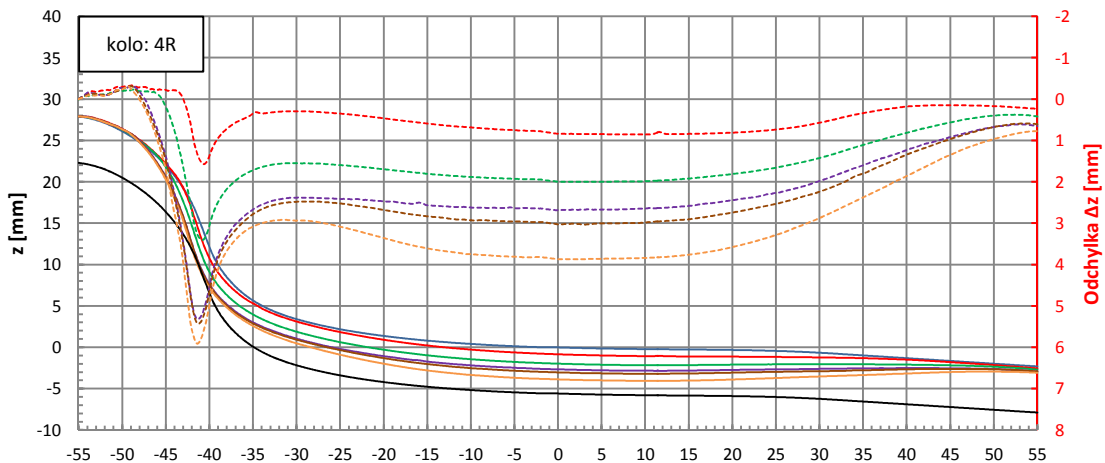
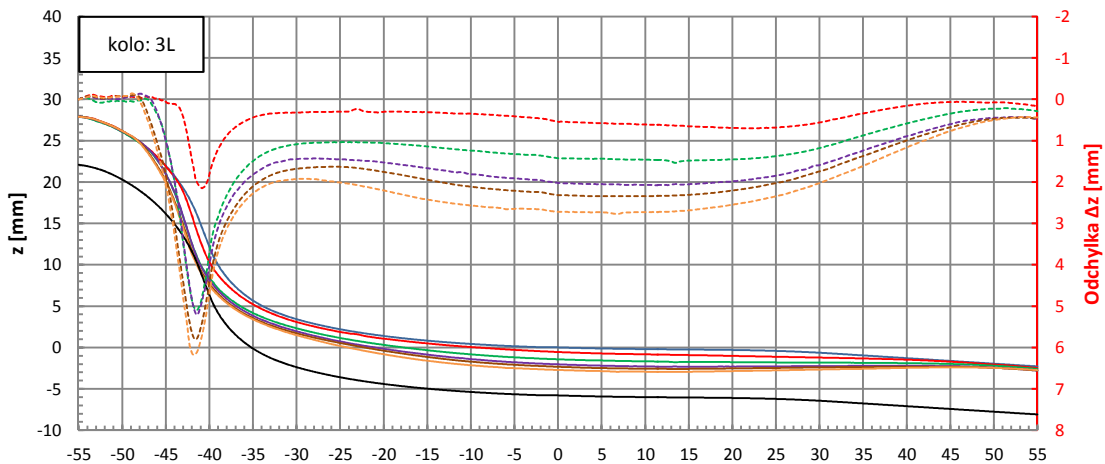
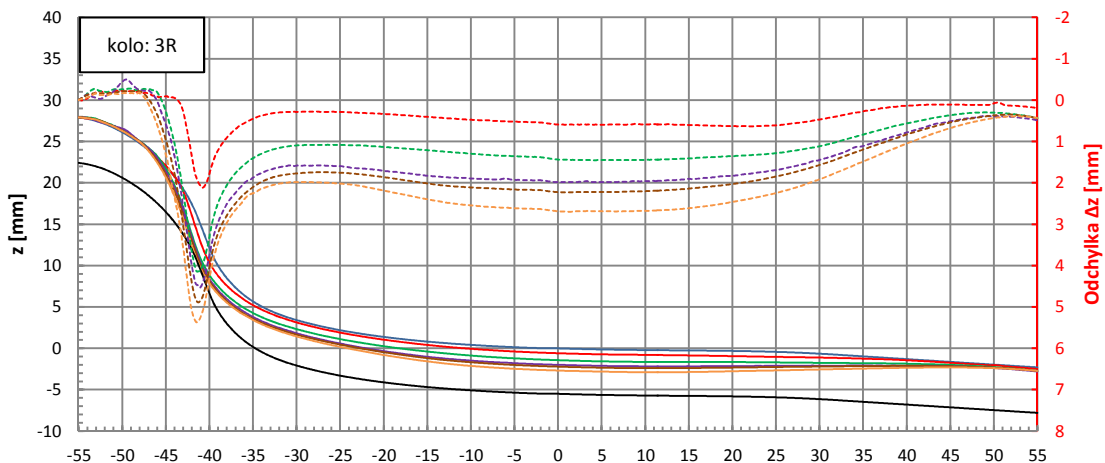
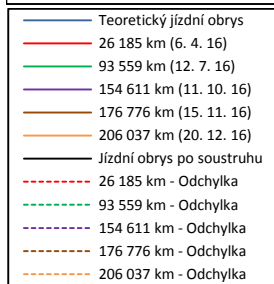
Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M15

Dvojkolí č. 1 a 2



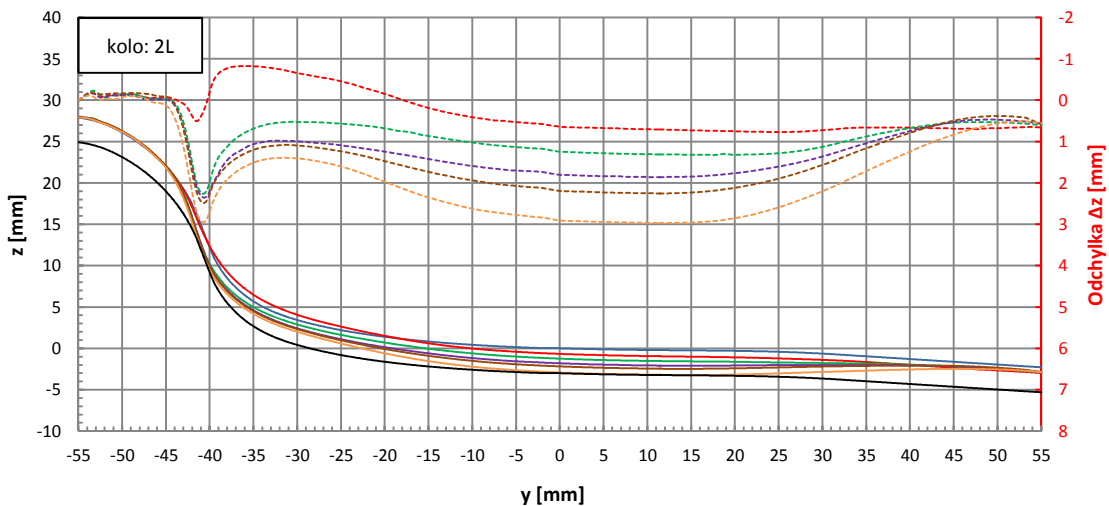
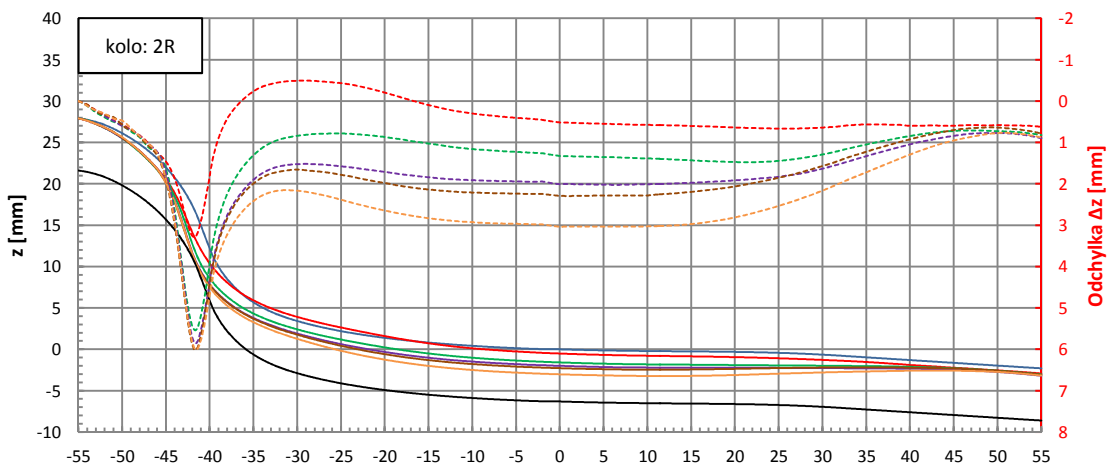
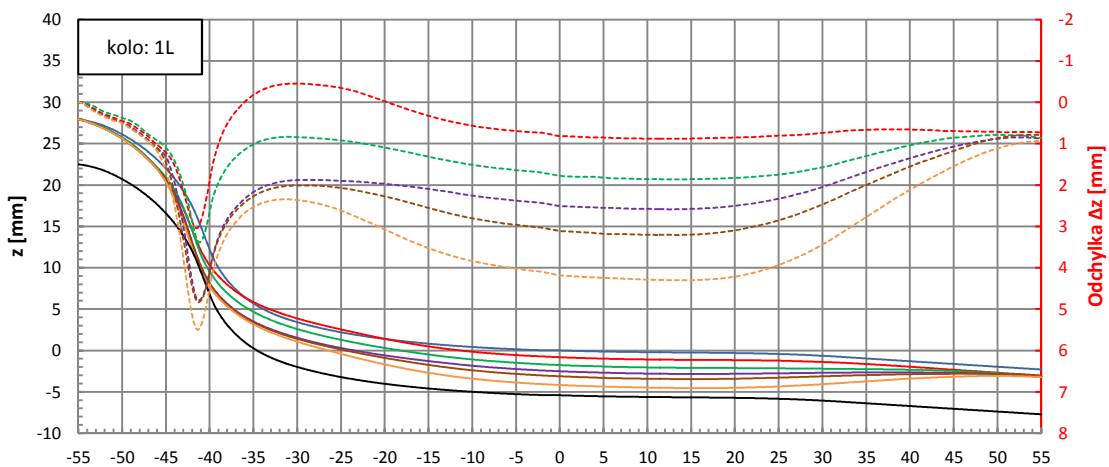
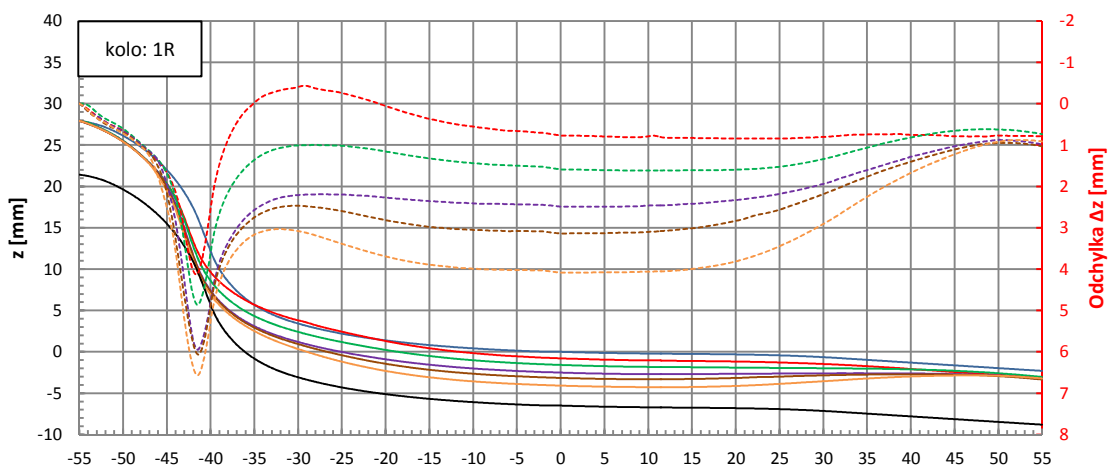
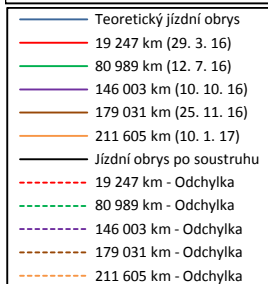
Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M15

Dvojkolí č. 3 a 4



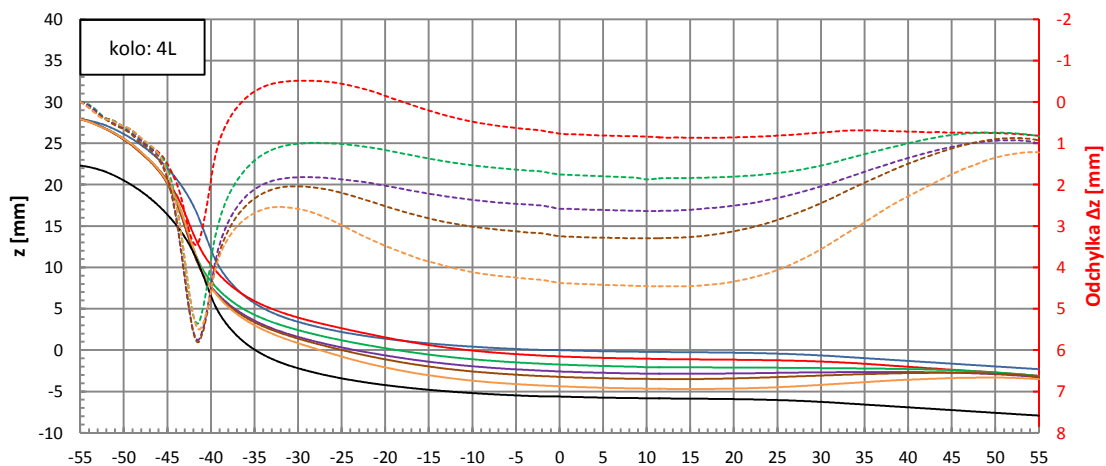
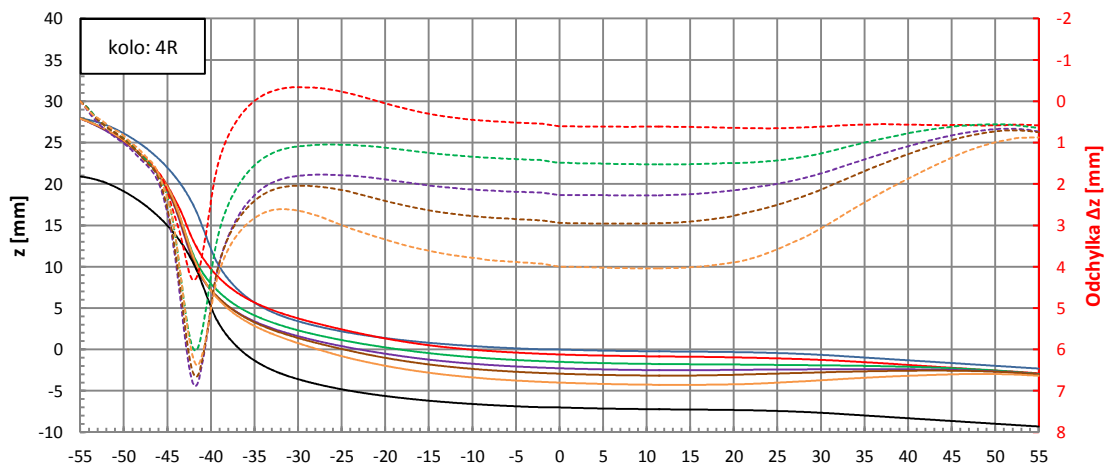
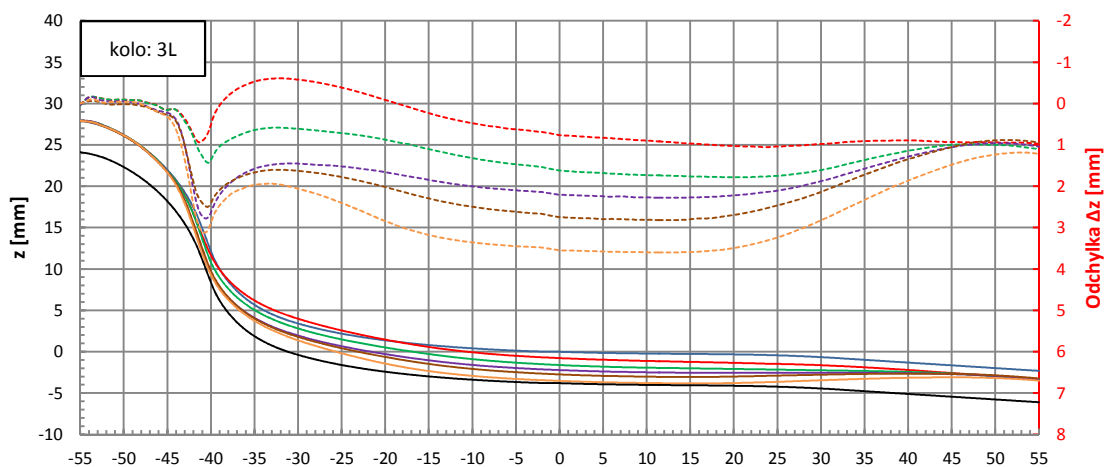
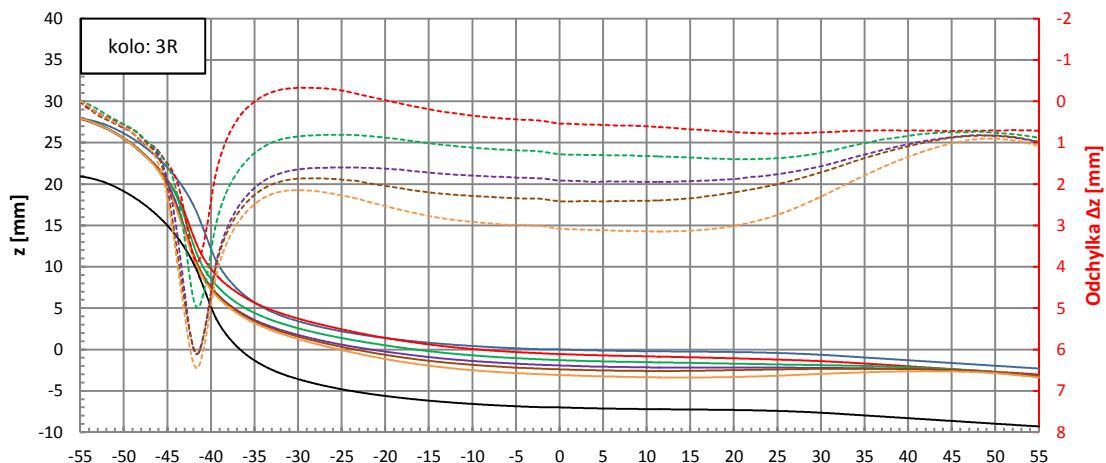
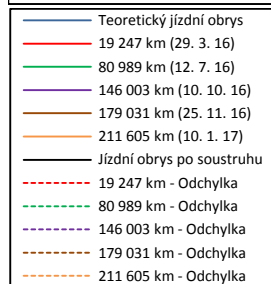
Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M16

Dvojkolí č. 1 a 2



Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M16

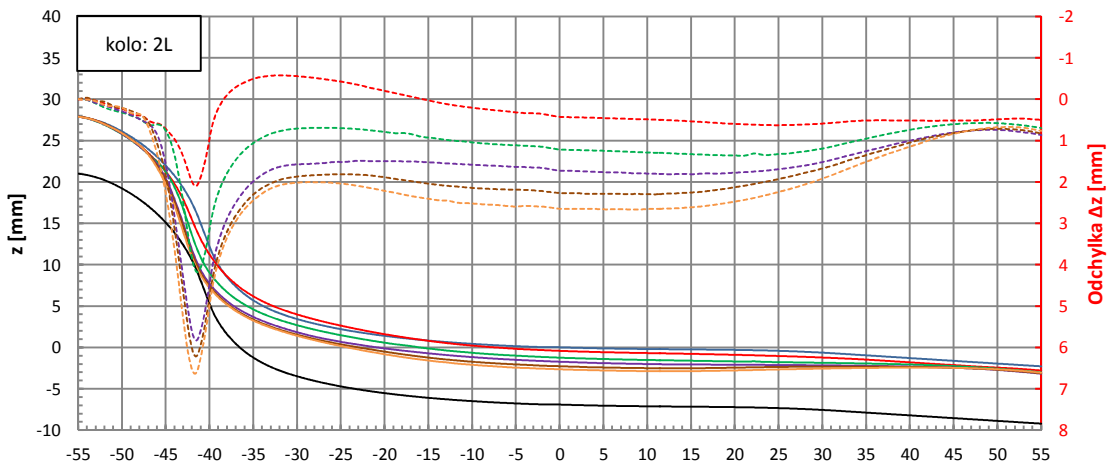
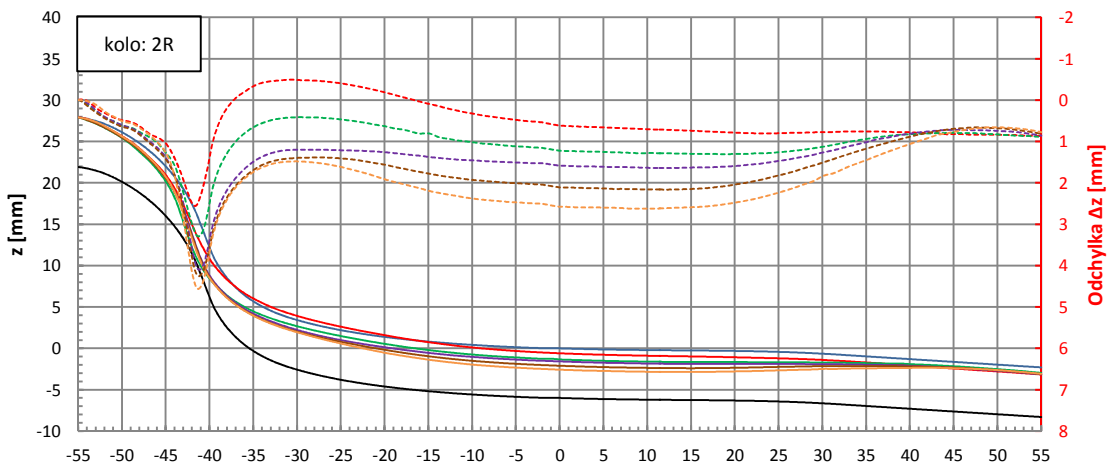
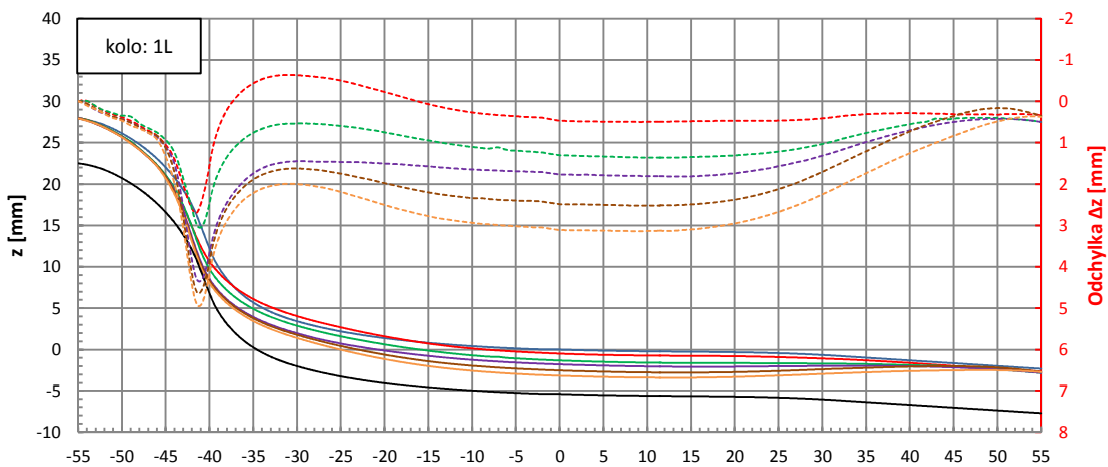
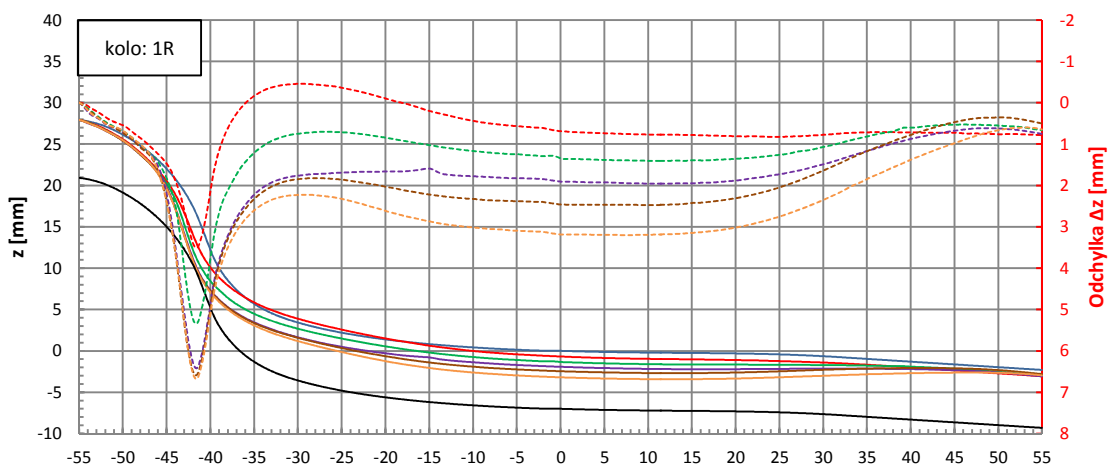
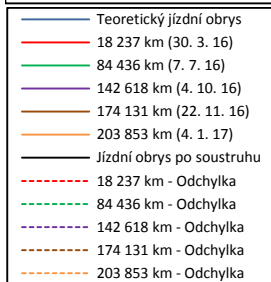
Dvojkolí č. 3 a 4



y [mm]

Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M17

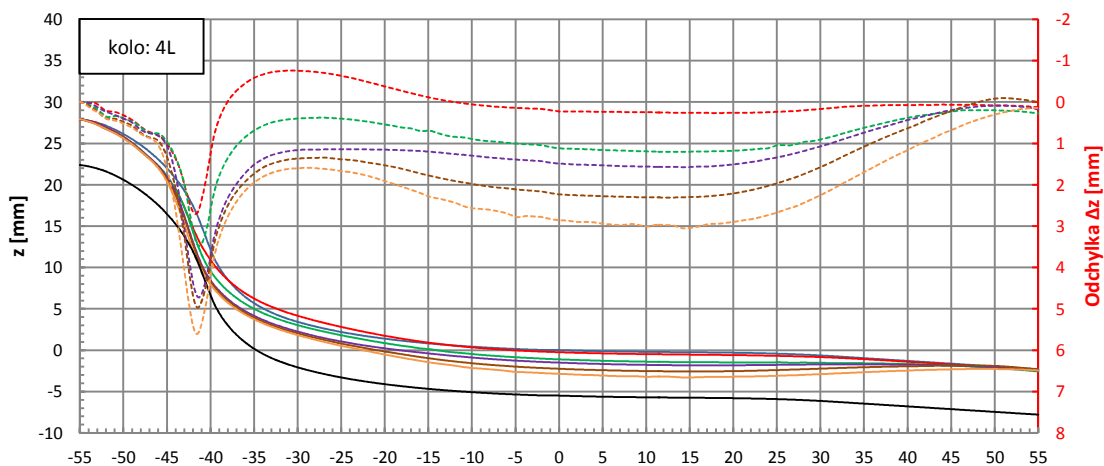
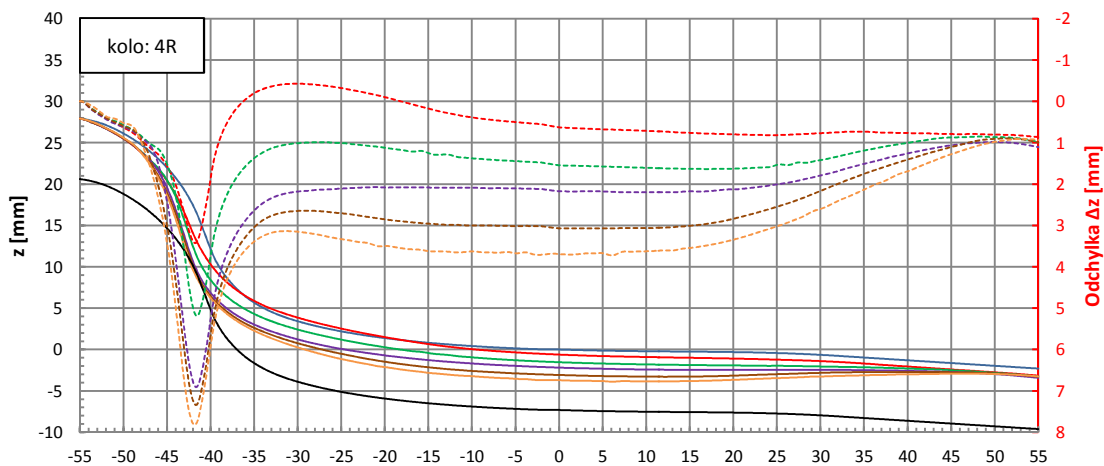
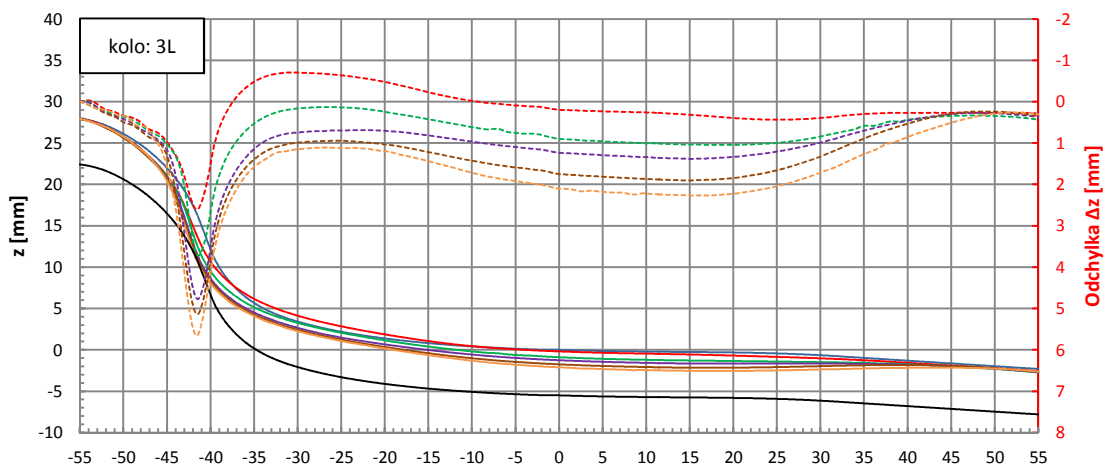
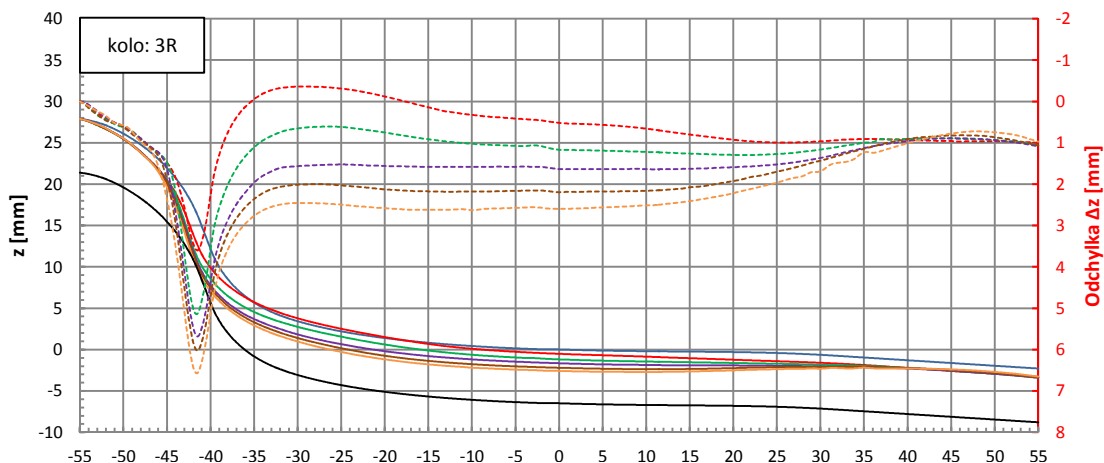
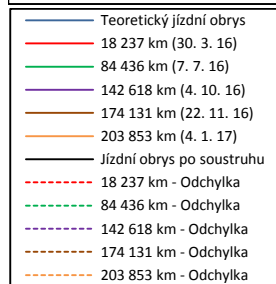
Dvojkolí č. 1 a 2



y [mm]

Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M17

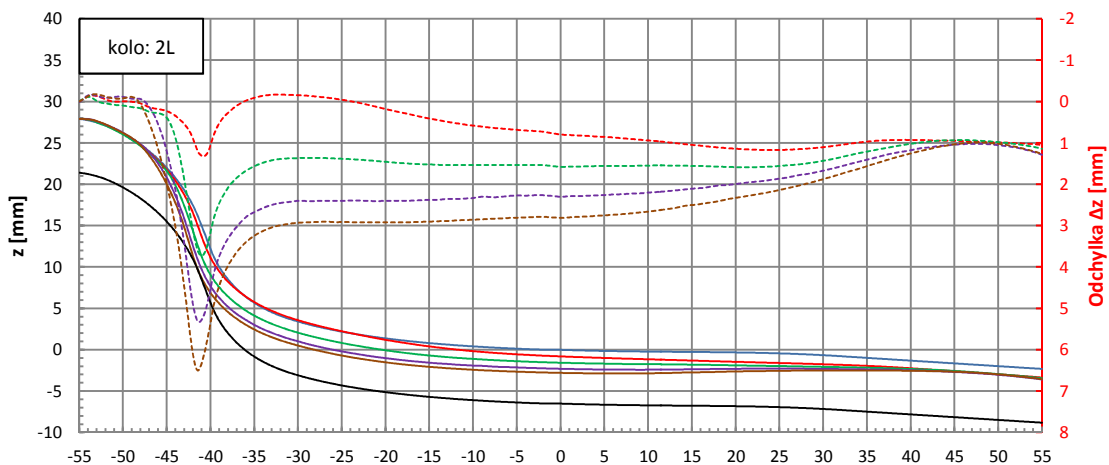
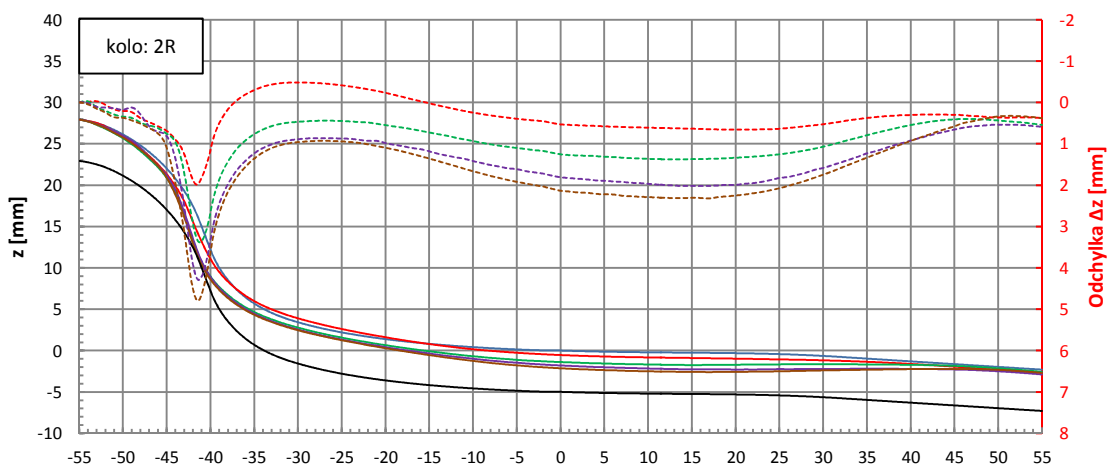
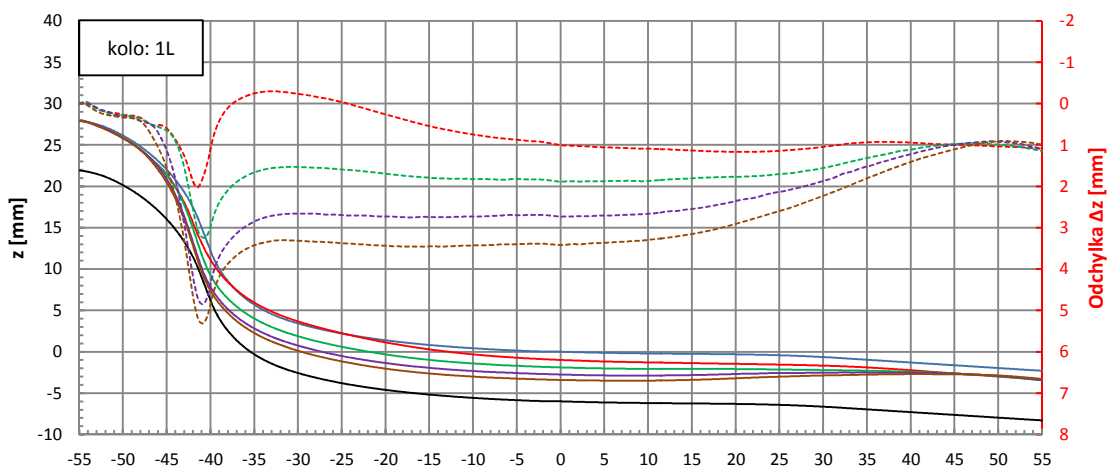
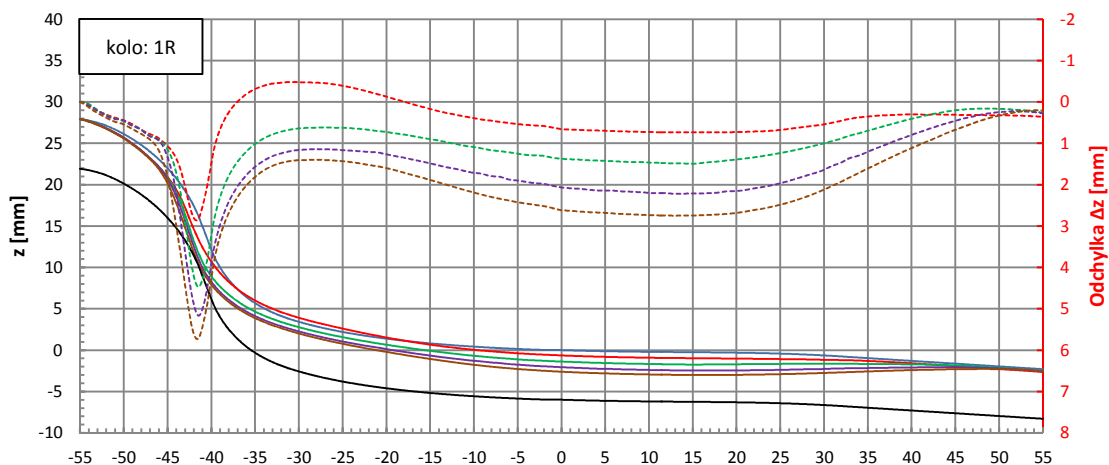
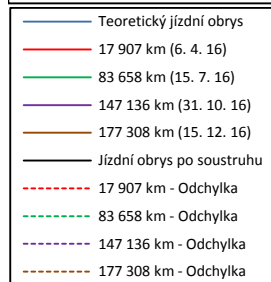
Dvojkolí č. 3 a 4



y [mm]

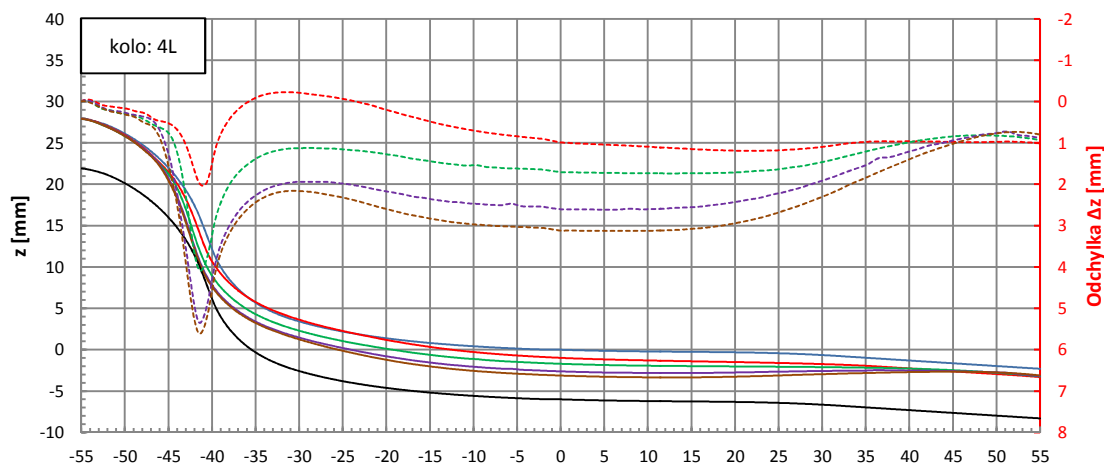
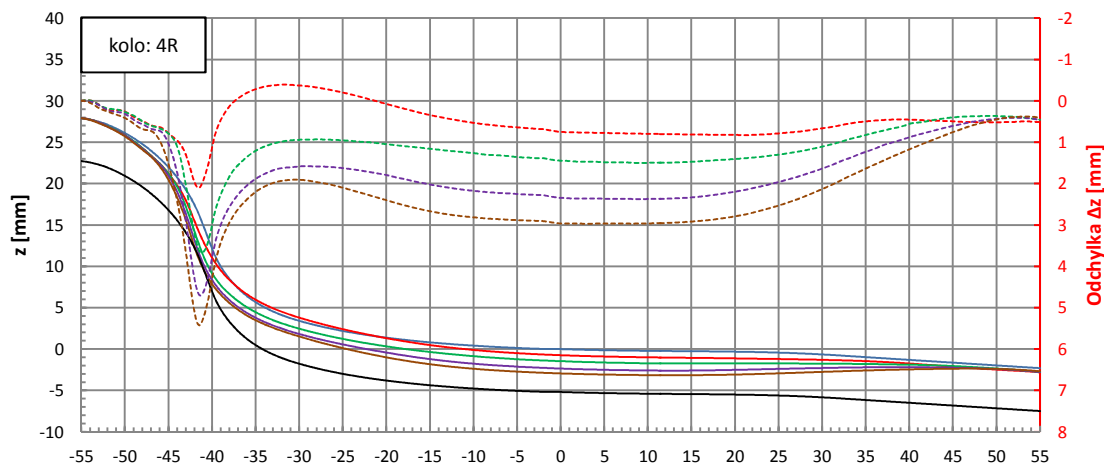
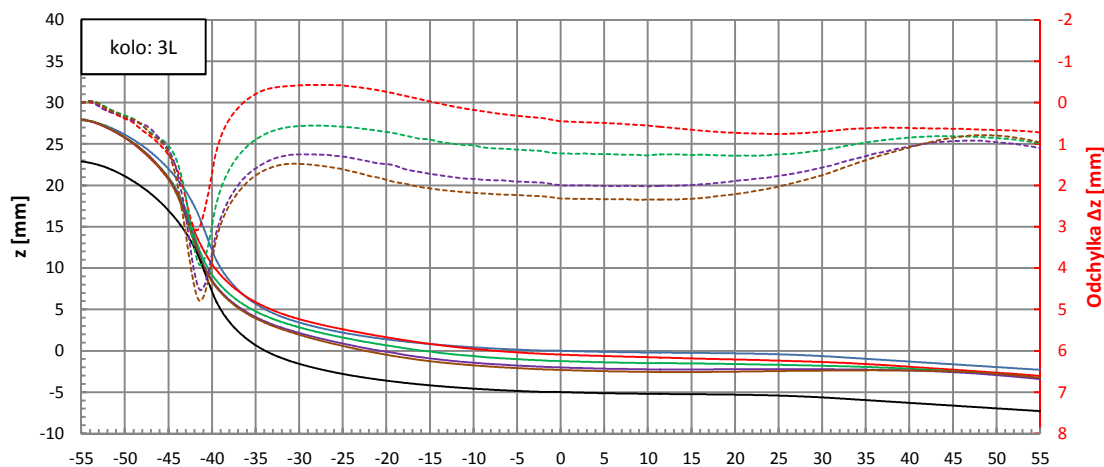
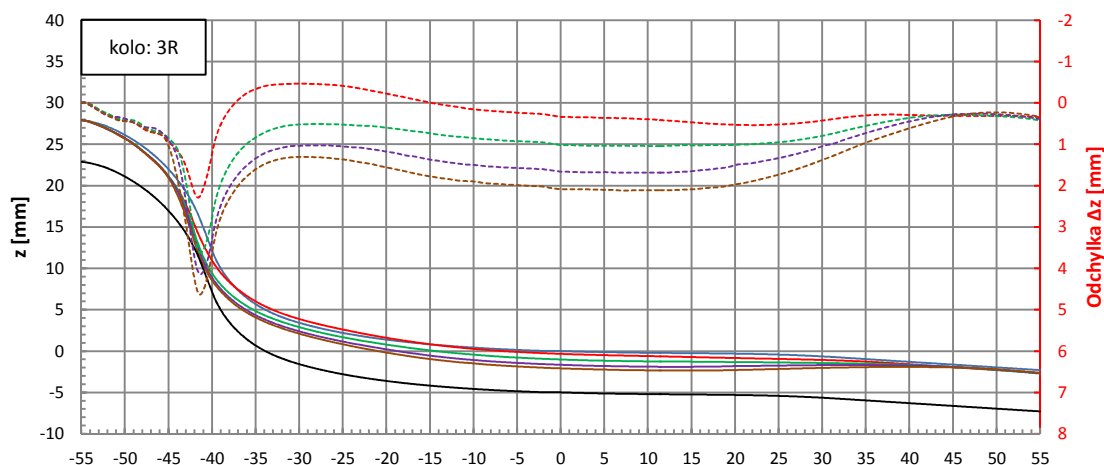
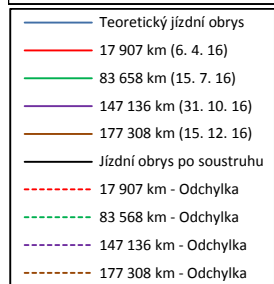
Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M18

Dvojkolí č. 1 a 2



Vývoj opotřebení jízdního obrysu kol lokomotivy M18

Dvojkolí č. 3 a 4



Příloha č. 3

Průběhy charakteristik kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 1

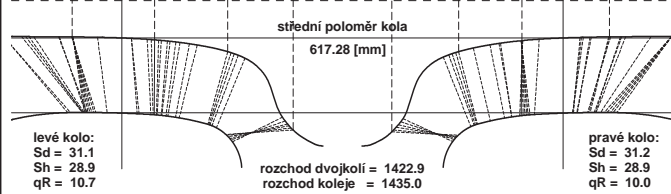
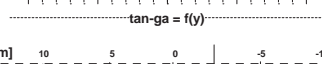
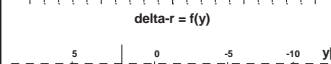
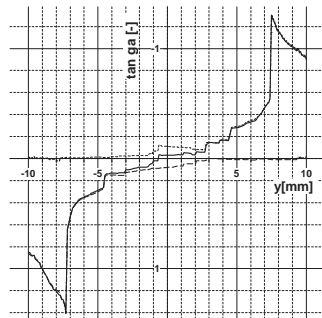
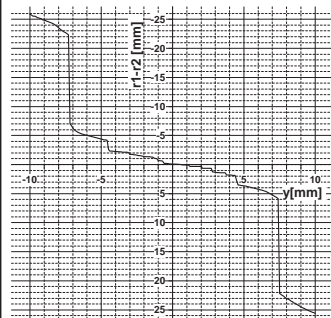
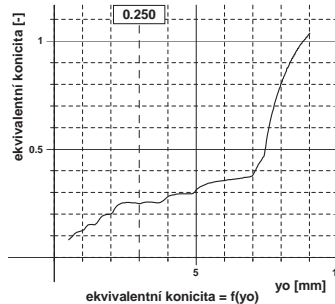
19.5.2017
14:58:07

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M15,1R
06.04.2016,M15,1L
1234.2
1234.9
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 3

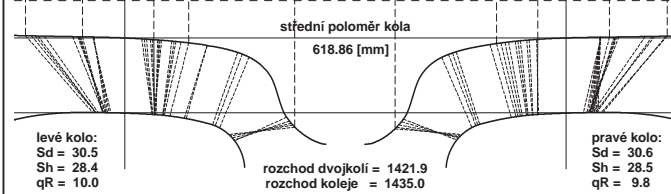
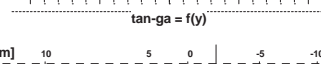
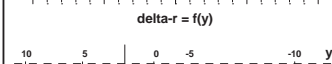
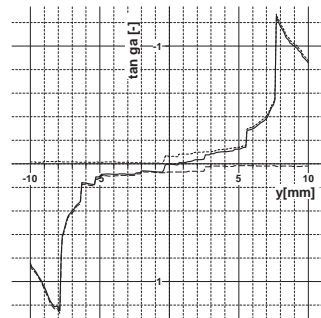
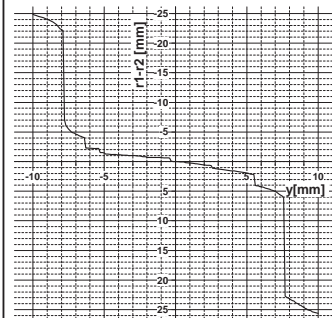
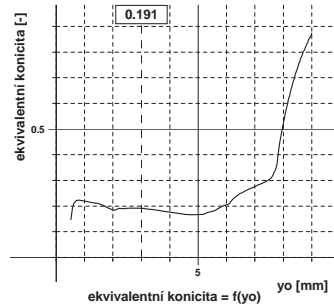
19.5.2017
14:58:07

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M15,3R
06.04.2016,M15,3L
1237.8
1237.6
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 2

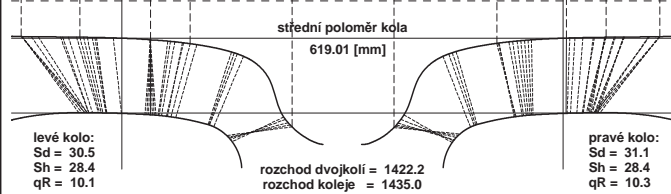
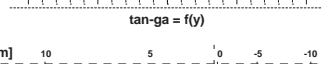
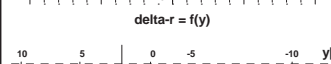
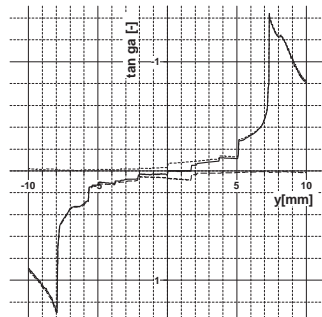
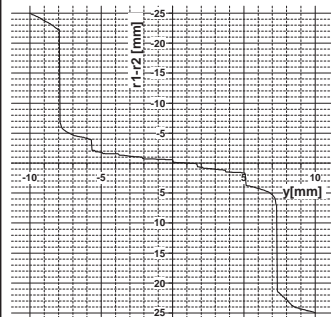
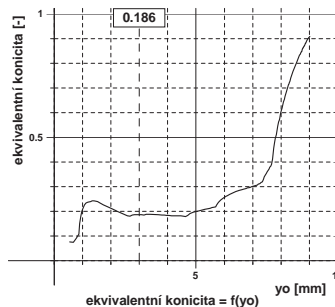
19.5.2017
14:58:07

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M15,2R
06.04.2016,M15,2L
1238.0
1238.1
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 4

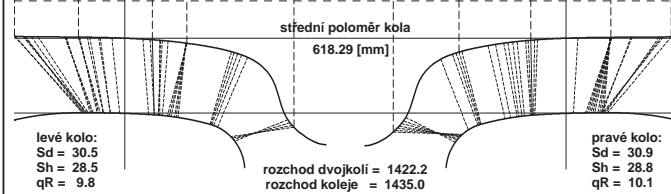
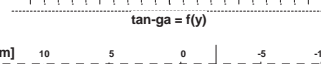
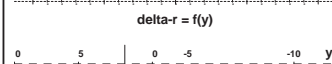
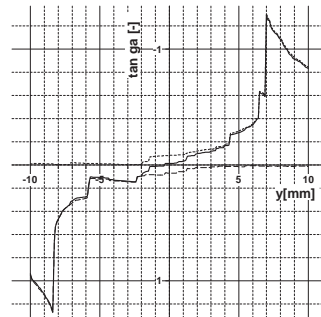
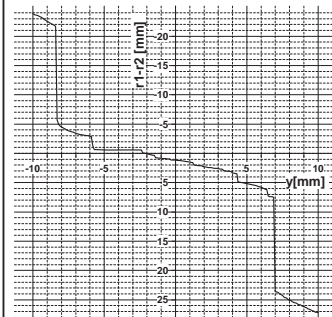
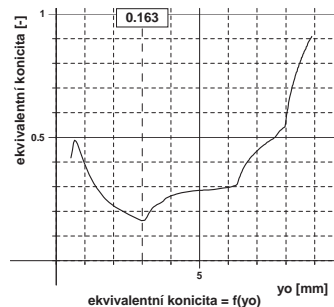
19.5.2017
14:58:07

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M15,4R
06.04.2016,M15,4L
1237.6
1235.5
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

18.5.2017
10:31:28

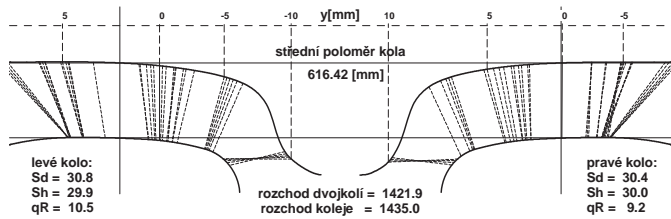
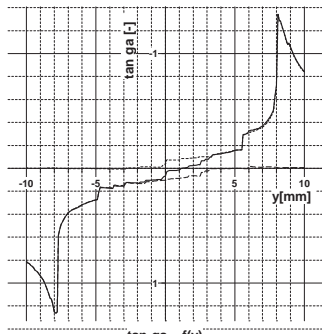
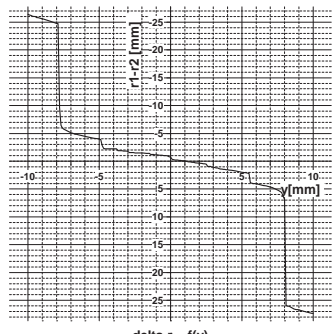
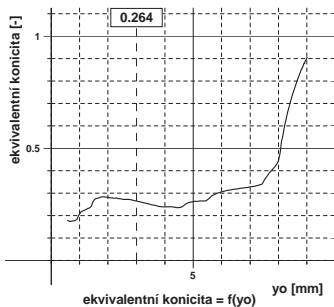
Dvojkolí č. 1

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M15,1R
11.07.2016,M15,1L
1232.8
1232.8
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

18.5.2017
10:31:28

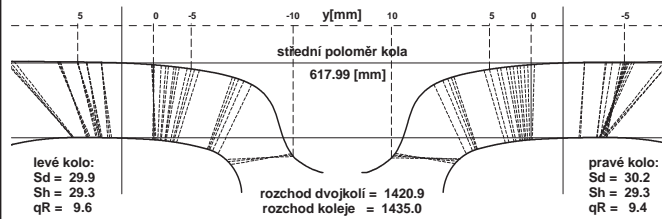
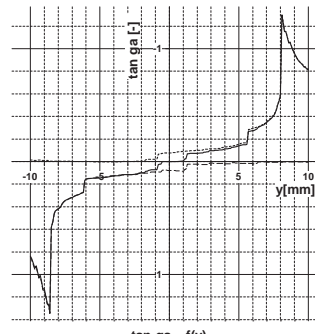
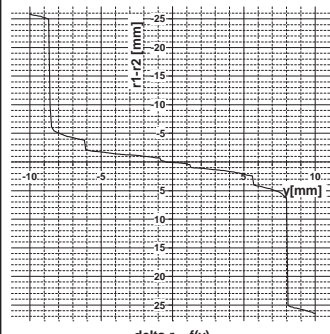
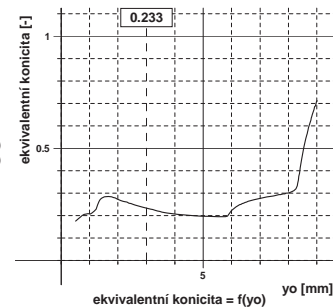
Dvojkolí č. 3

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M15,3R
11.07.2016,M15,3L
1236.1
1235.9
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

18.5.2017
10:31:28

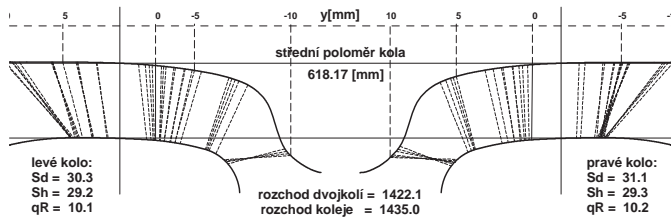
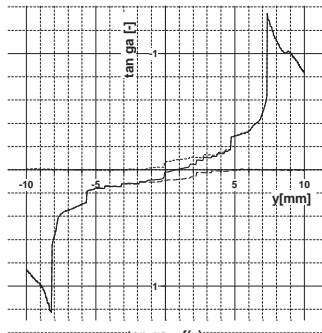
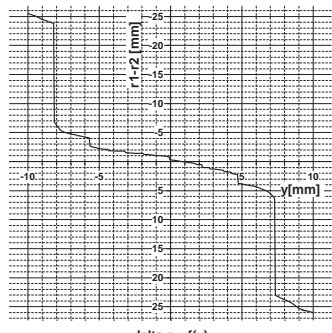
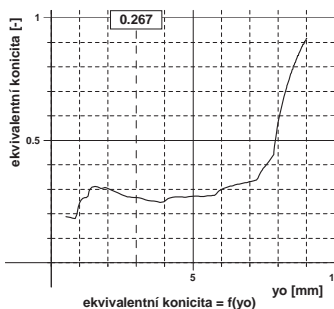
Dvojkolí č. 2

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M15,2R
11.07.2016,M15,2L
1236.3
1236.4
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

18.5.2017
10:31:28

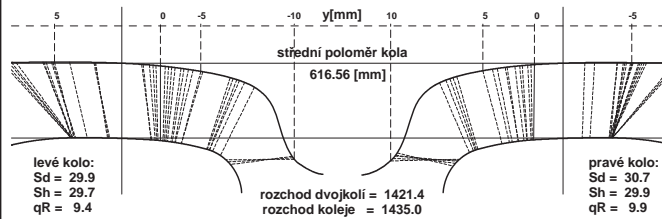
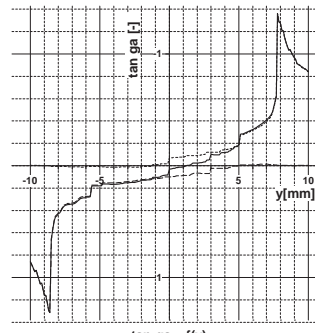
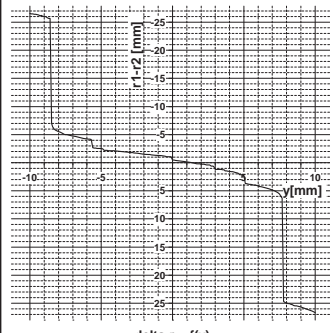
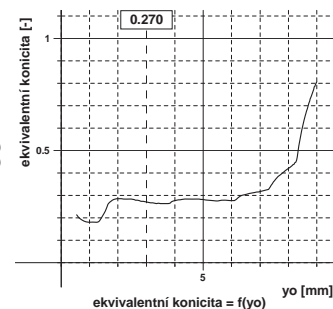
Dvojkolí č. 4

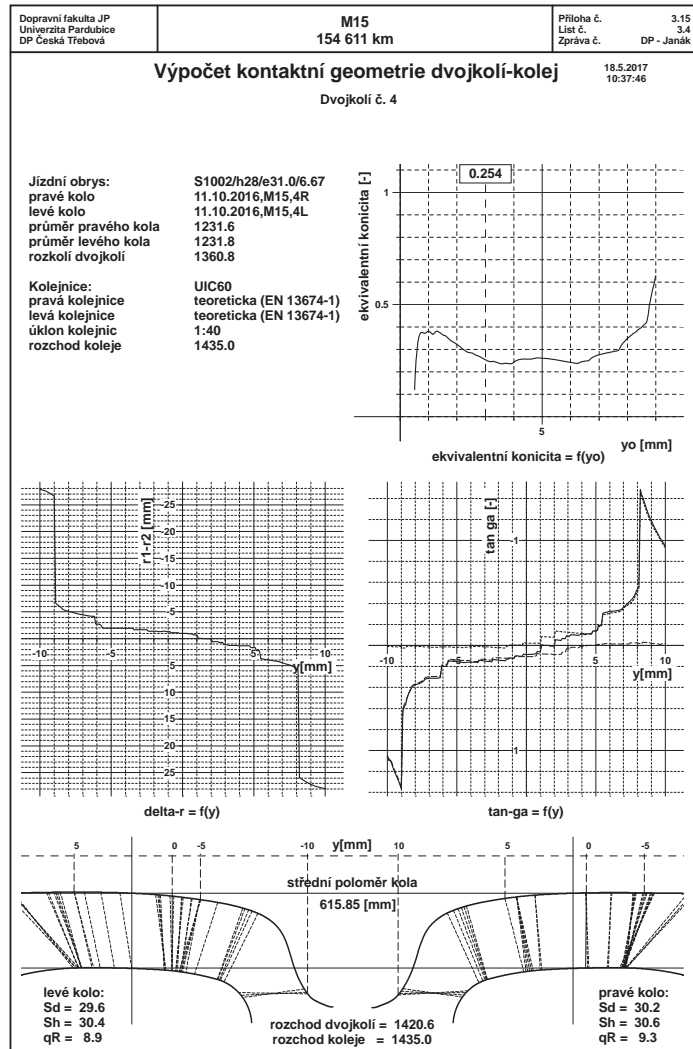
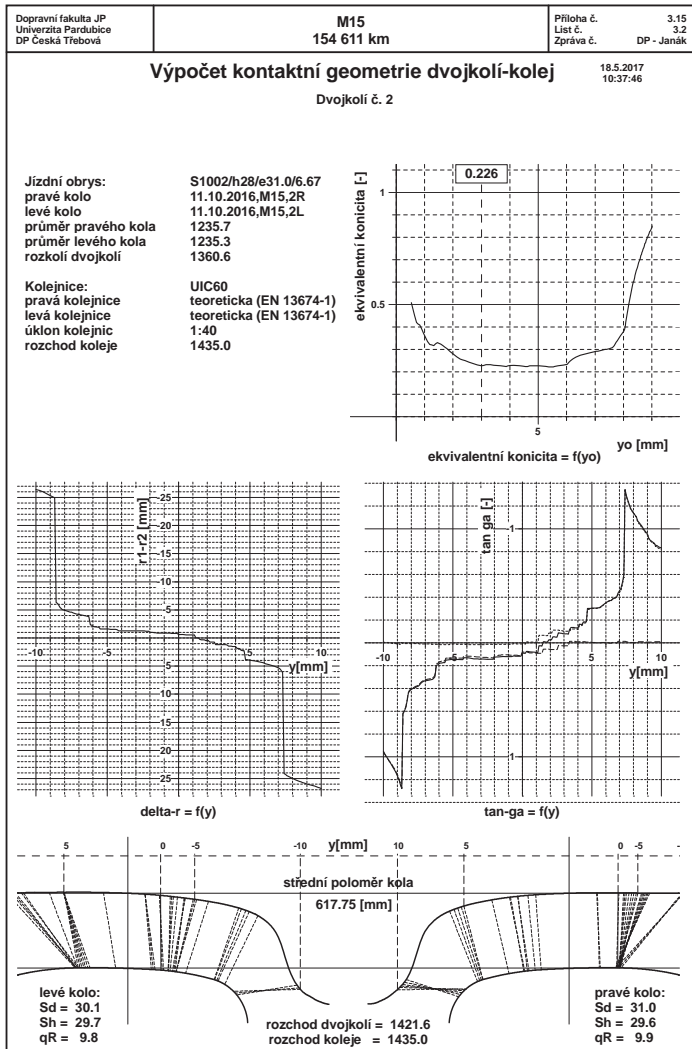
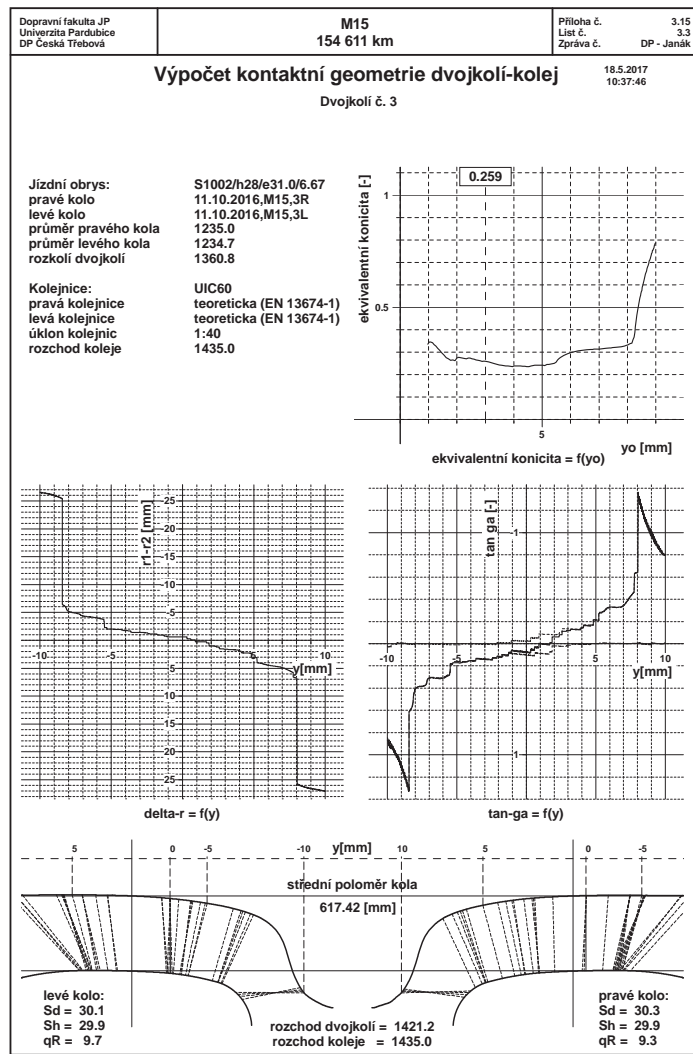
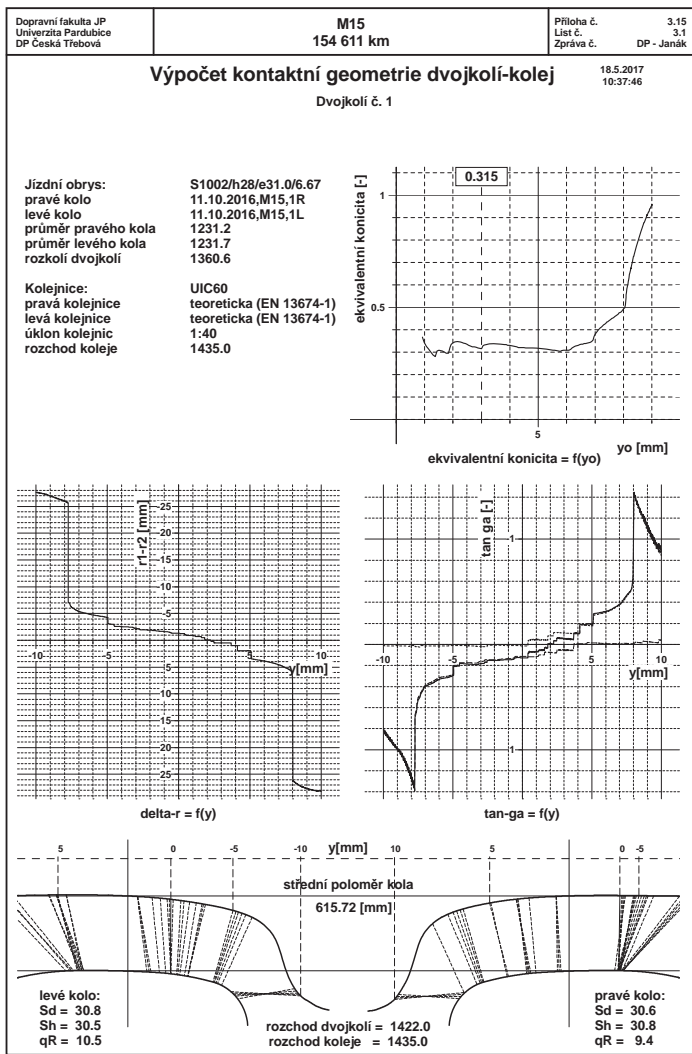
Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

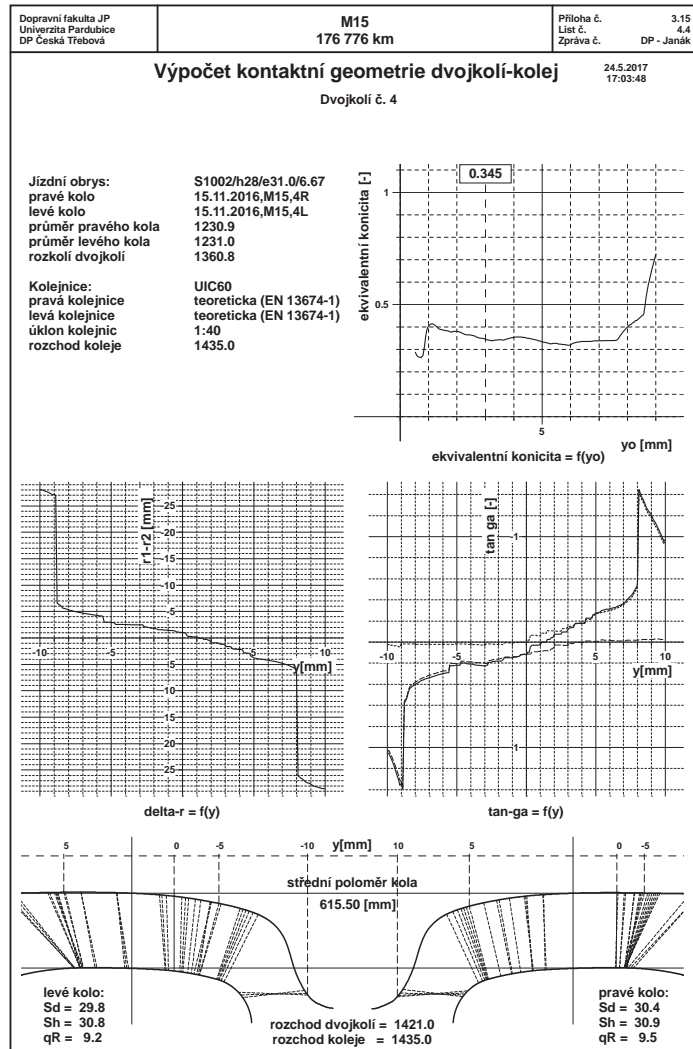
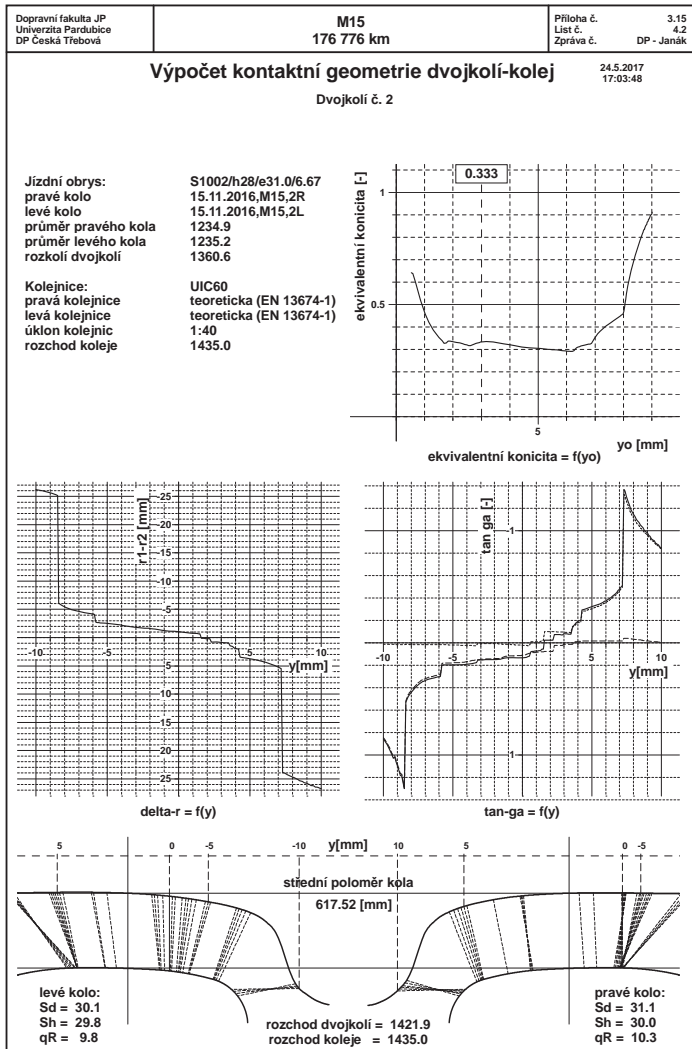
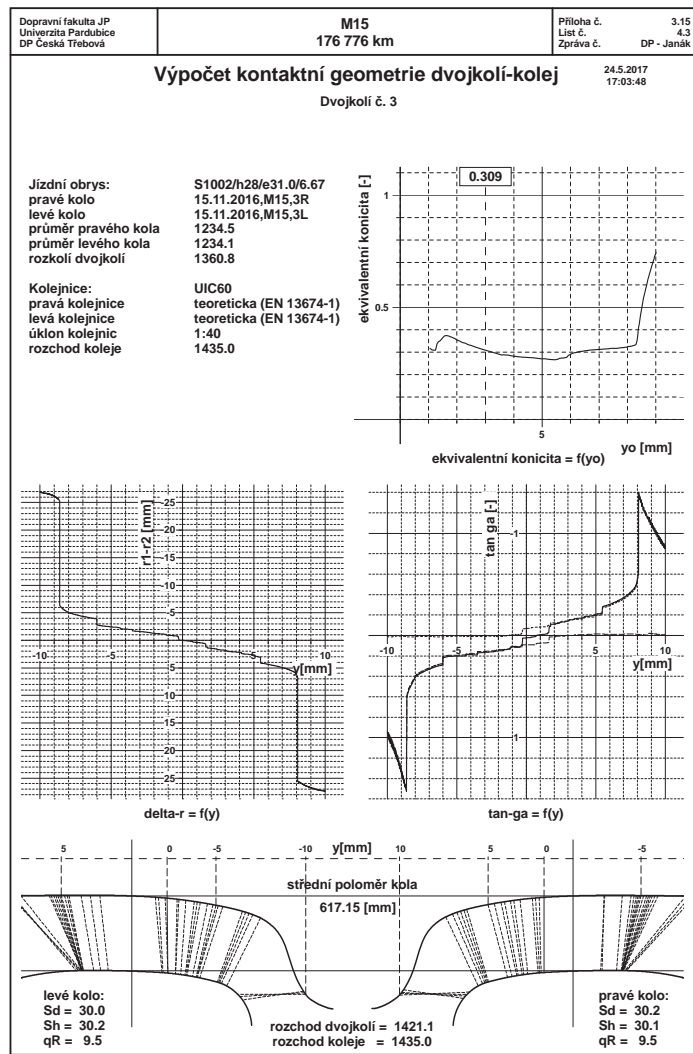
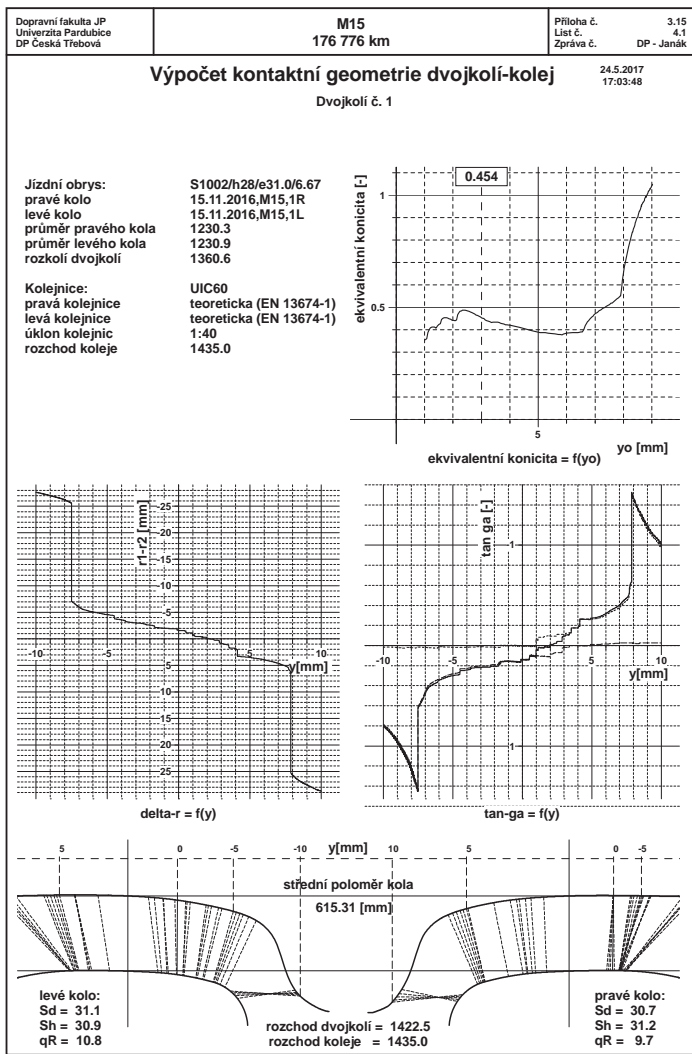
S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M15,4R
11.07.2016,M15,4L
1233.0
1233.3
1360.8

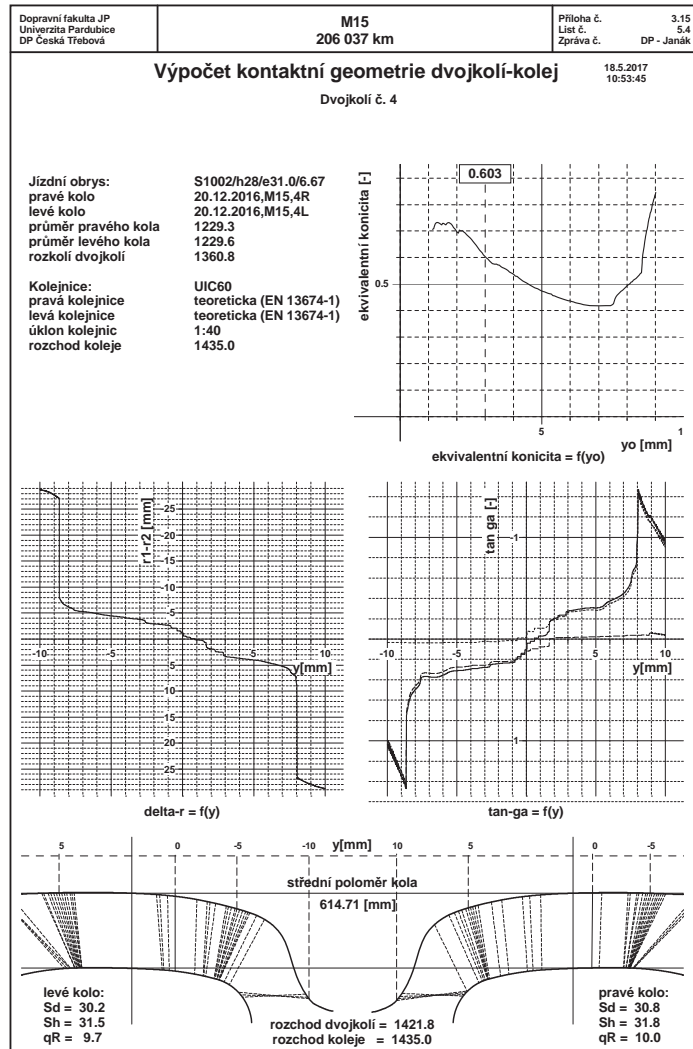
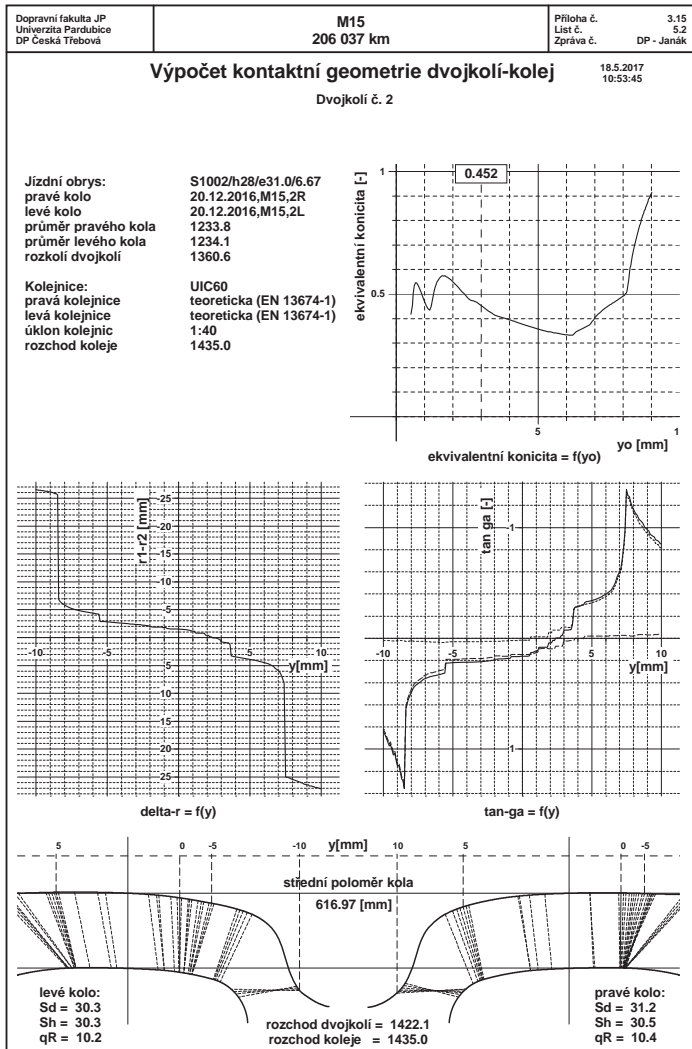
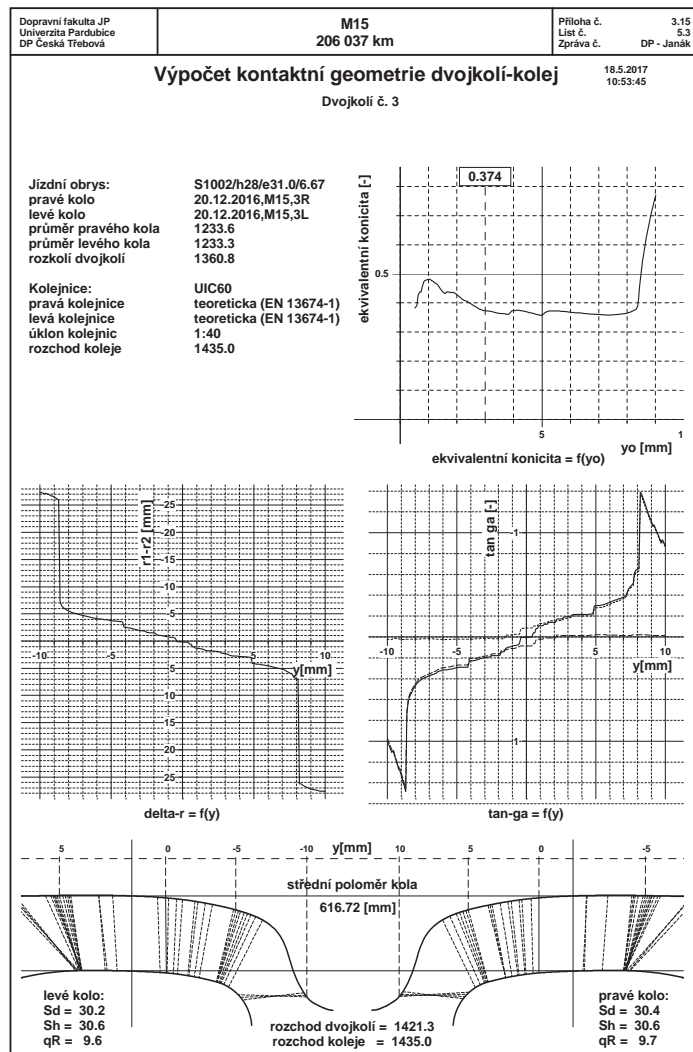
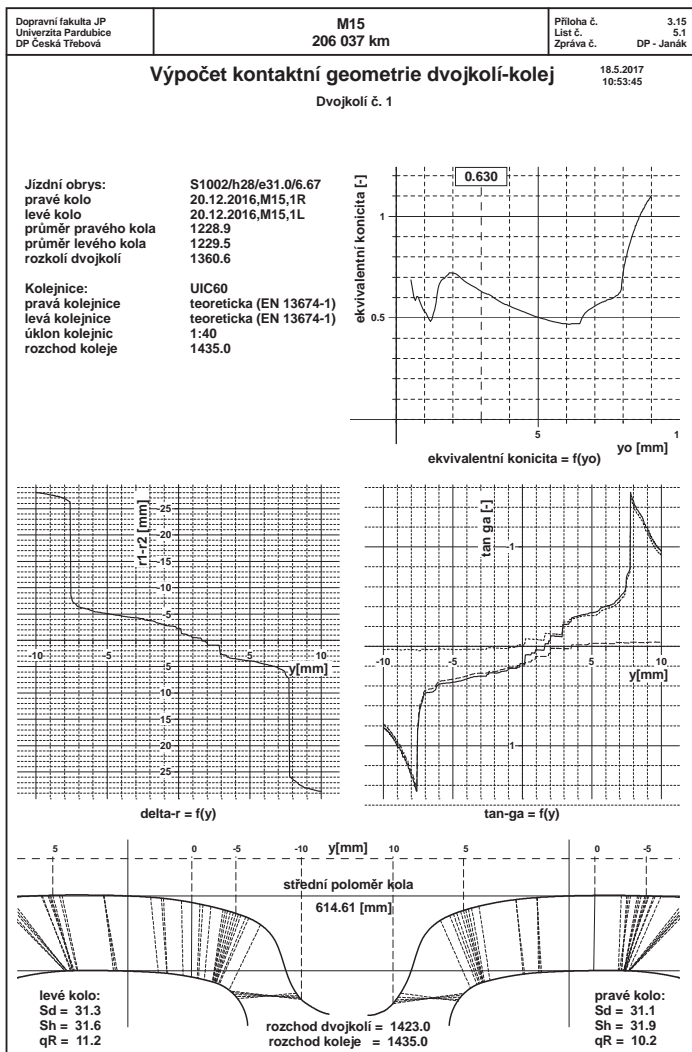
Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

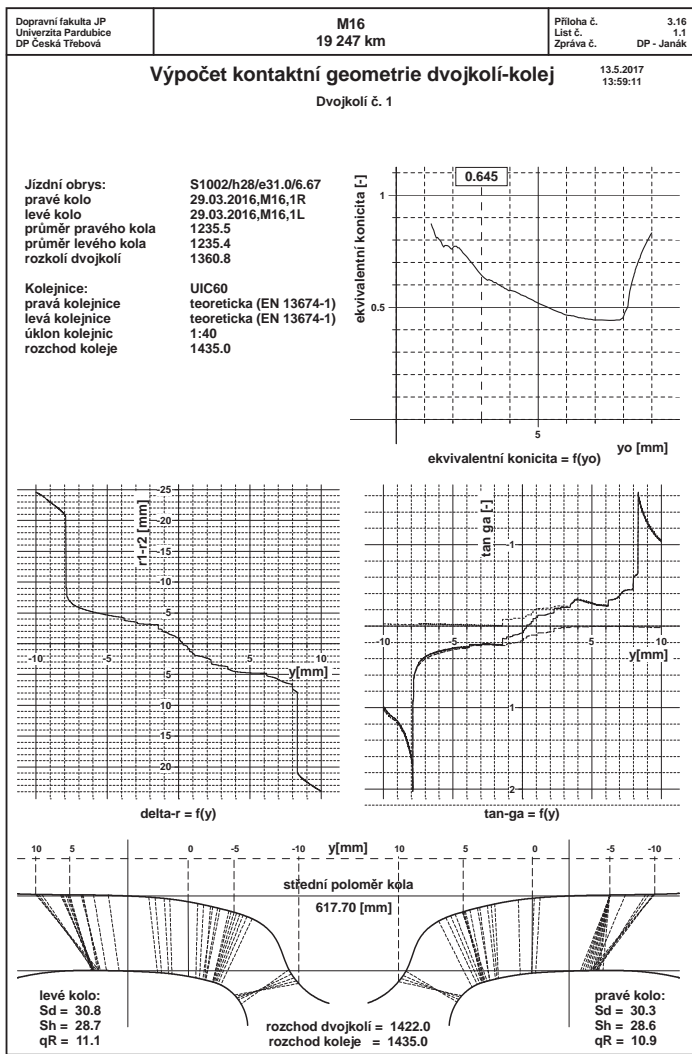
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0









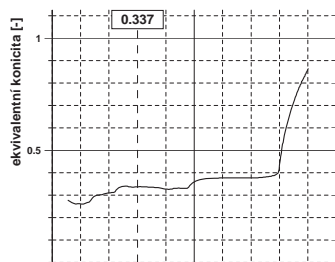


Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

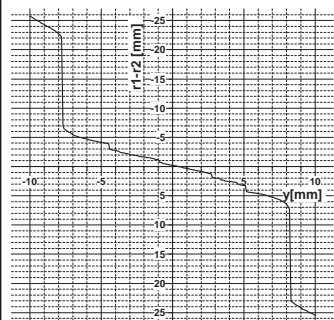
Dvojkolí č. 1

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M16,1R
levé kolo 11.07.2016,M16,1L
průměr pravého kola 1233.8
průměr levého kola 1233.4
rozkoli dvojkolí 1360.8

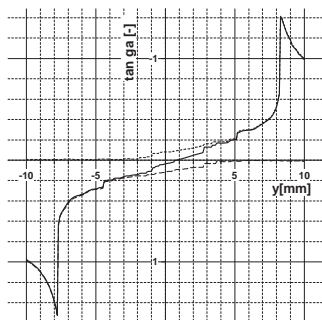
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



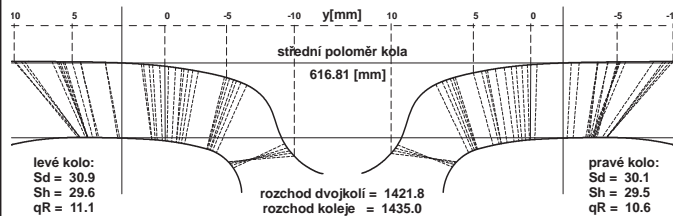
ekvivalentní konicita = f(yo) yo [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



střední poloměr kola 616.81 [mm]

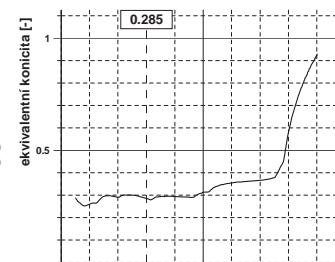
rozchod dvojkolí = 1421.8
rozchod koleje = 1435.0

Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

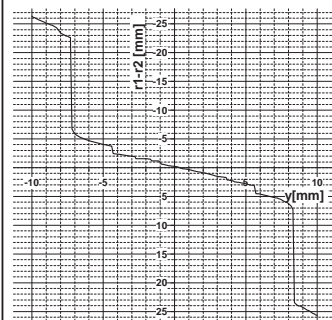
Dvojkolí č. 3

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M16,3R
levé kolo 11.07.2016,M16,3L
průměr pravého kola 1235.5
průměr levého kola 1234.9
rozkoli dvojkolí 1360.8

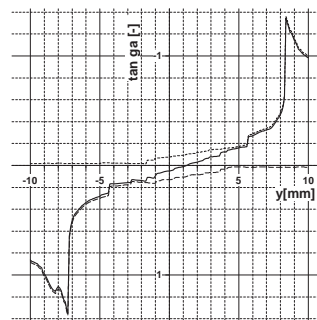
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



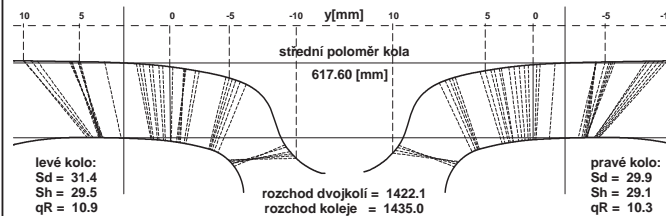
ekvivalentní konicita = f(yo) yo [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



střední poloměr kola 617.60 [mm]

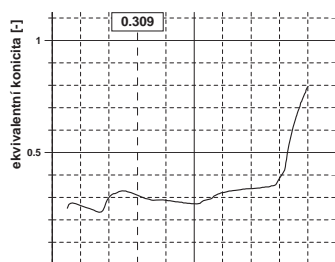
rozchod dvojkolí = 1422.1
rozchod koleje = 1435.0

Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

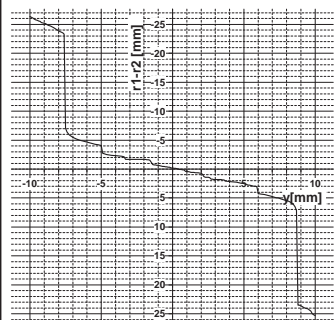
Dvojkolí č. 2

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M16,2R
levé kolo 11.07.2016,M16,2L
průměr pravého kola 1235.3
průměr levého kola 1235.3
rozkoli dvojkolí 1360.8

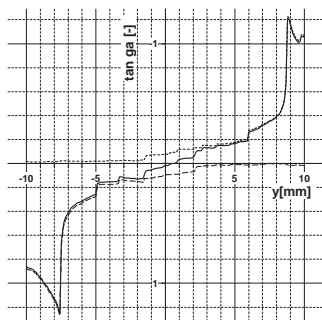
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



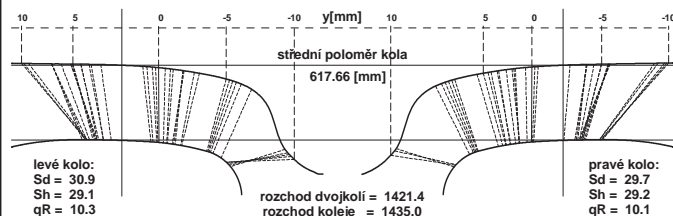
ekvivalentní konicita = f(yo) yo [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



střední poloměr kola 617.66 [mm]

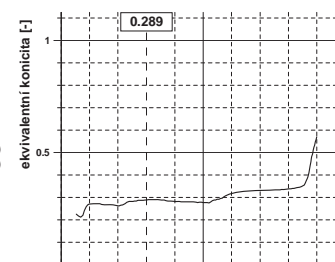
rozchod dvojkolí = 1421.4
rozchod koleje = 1435.0

Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

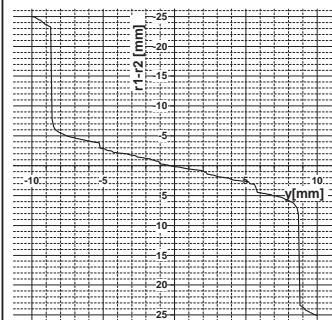
Dvojkolí č. 4

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
11.07.2016,M16,4R
levé kolo 11.07.2016,M16,4L
průměr pravého kola 1234.1
průměr levého kola 1233.5
rozkoli dvojkolí 1360.8

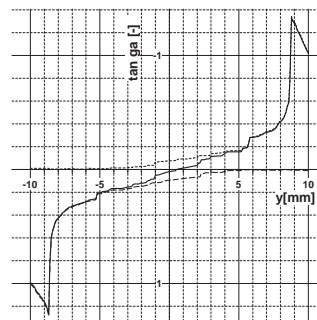
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



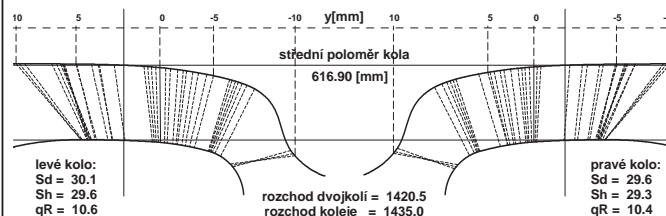
ekvivalentní konicita = f(yo) yo [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



střední poloměr kola 616.90 [mm]

rozchod dvojkolí = 1420.5
rozchod koleje = 1435.0

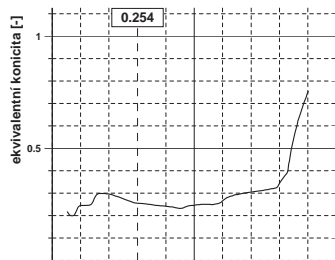
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 1

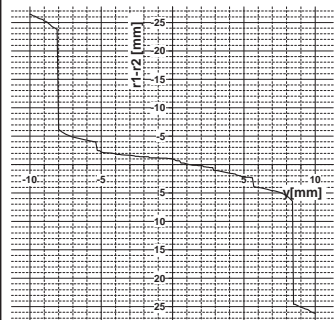
13.5.2017
14:18:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
10.10.2016,M16,1R
levé kolo 10.10.2016,M16,1L
průměr pravého kola 1232.0
průměr levého kola 1230.0
rozkoli dvojkolí 1360.8

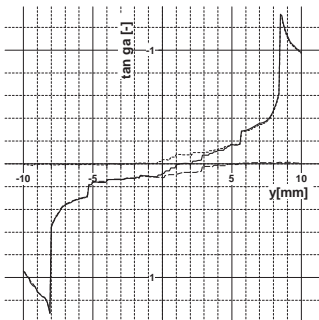
Kolejnice: UIC60
pravá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



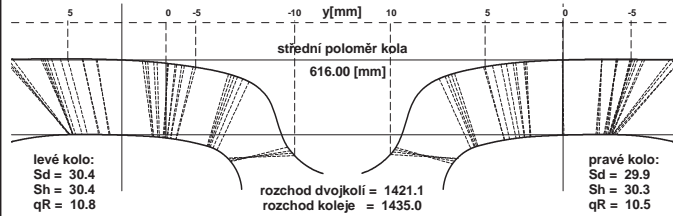
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



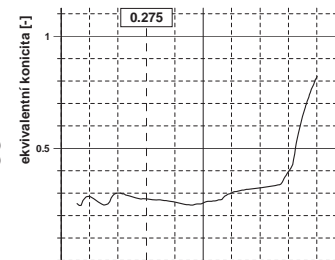
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 3

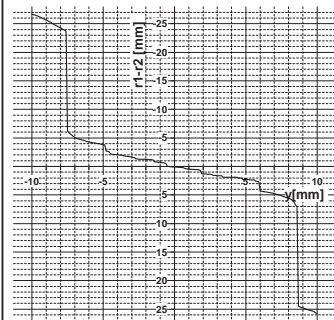
13.5.2017
14:18:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
10.10.2016,M16,3R
levé kolo 10.10.2016,M16,3L
průměr pravého kola 1234.3
průměr levého kola 1233.7
rozkoli dvojkolí 1360.8

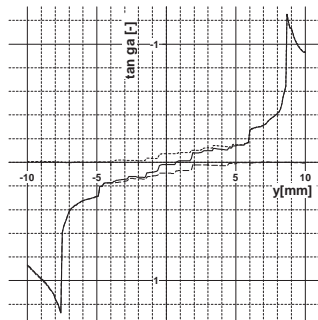
Kolejnice: UIC60
pravá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



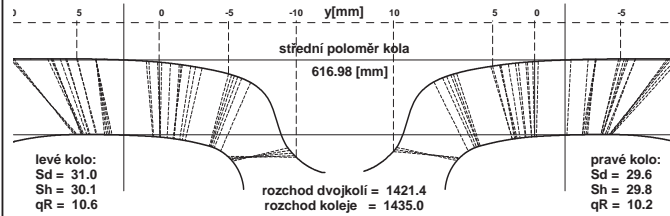
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



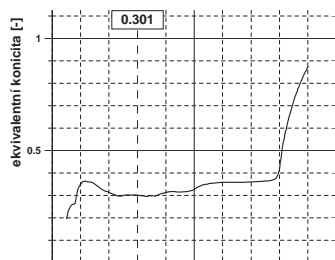
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 2

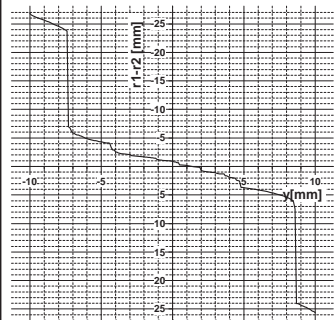
13.5.2017
14:18:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
10.10.2016,M16,2R
levé kolo 10.10.2016,M16,2L
průměr pravého kola 1234.0
průměr levého kola 1234.2
rozkoli dvojkolí 1360.8

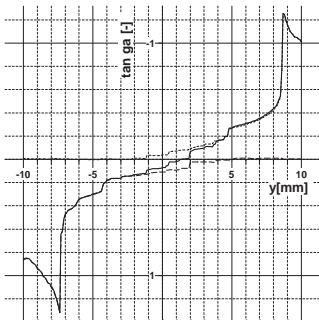
Kolejnice: UIC60
pravá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



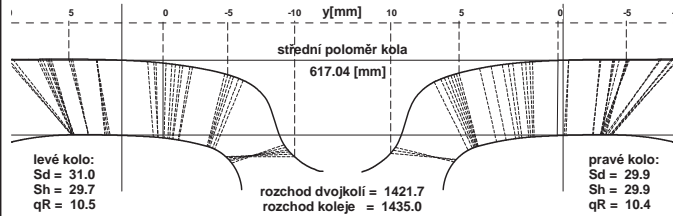
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



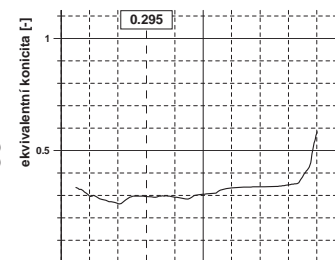
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 4

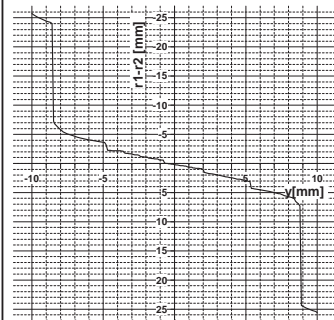
13.5.2017
14:18:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
10.10.2016,M16,4R
levé kolo 10.10.2016,M16,4L
průměr pravého kola 1232.6
průměr levého kola 1231.8
rozkoli dvojkolí 1360.8

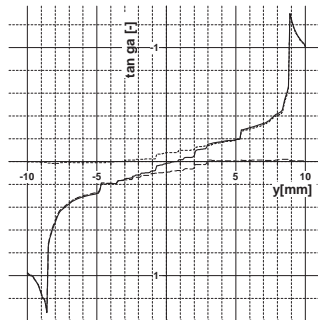
Kolejnice: UIC60
pravá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



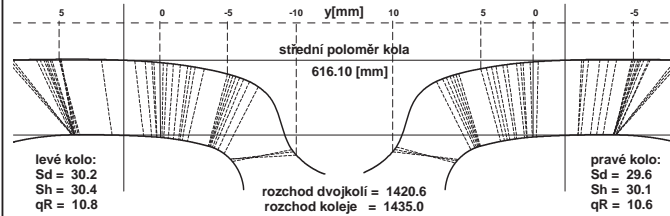
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



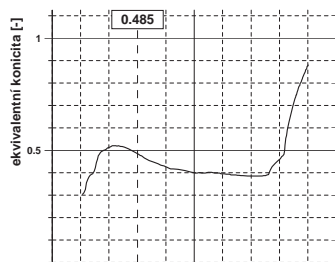
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 1

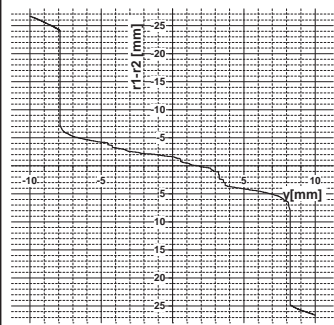
24.5.2017
17:31:03

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
25.11.2016,M16,1R
levé kolo 25.11.2016,M16,1L
1230.7
průměr pravého kola 1230.8
průměr levého kola 1230.8
rozkolí dvojkolí 1360.8

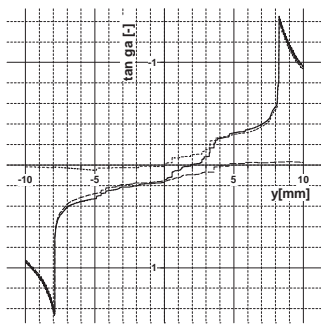
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



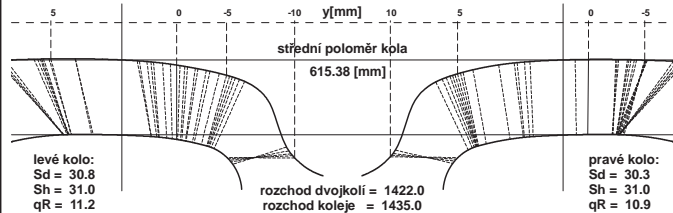
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



střední poloměr kola 615.38 [mm]

rozchod dvojkolí = 1422.0
rozchod koleje = 1435.0

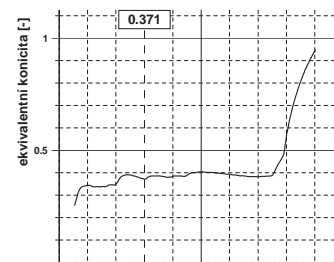
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 3

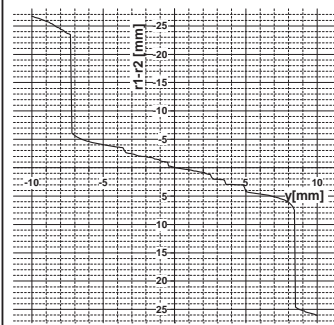
24.5.2017
17:31:03

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
25.11.2016,M16,3R
levé kolo 25.11.2016,M16,3L
1233.3
průměr pravého kola 1233.6
průměr levého kola 1232.6
rozkolí dvojkolí 1360.8

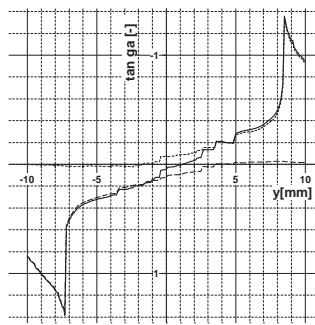
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



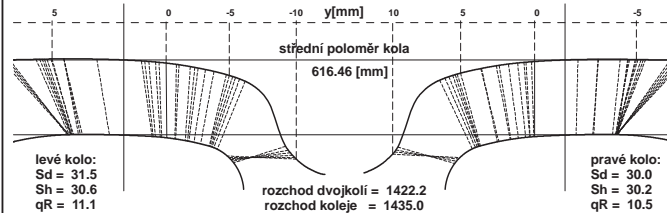
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



střední poloměr kola 616.46 [mm]

rozchod dvojkolí = 1422.2
rozchod koleje = 1435.0

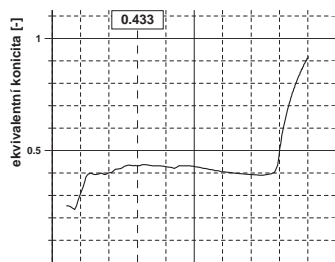
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 2

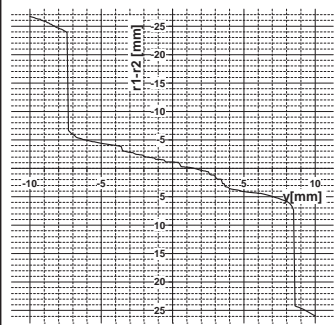
24.5.2017
17:31:03

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
25.11.2016,M16,2R
levé kolo 25.11.2016,M16,2L
1233.4
průměr pravého kola 1233.4
průměr levého kola 1233.4
rozkolí dvojkolí 1360.8

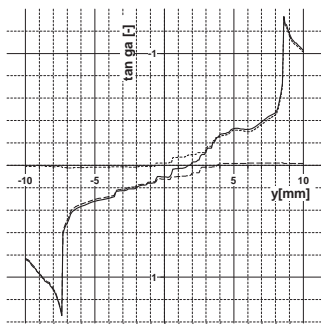
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



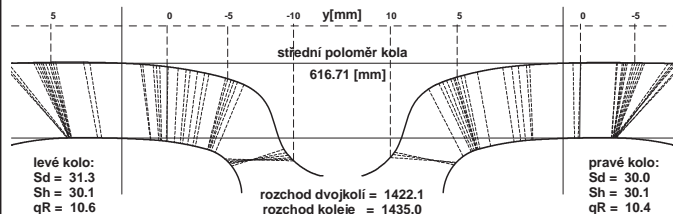
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



střední poloměr kola 616.71 [mm]

rozchod dvojkolí = 1422.1
rozchod koleje = 1435.0

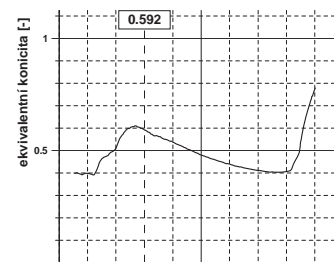
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 4

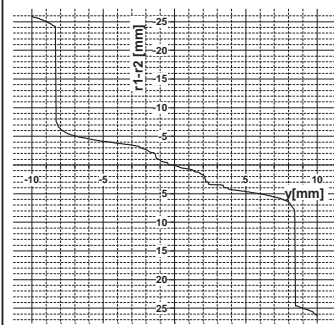
24.5.2017
17:31:03

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
25.11.2016,M16,4R
levé kolo 25.11.2016,M16,4L
1231.2
průměr pravého kola 1230.5
průměr levého kola 1230.8
rozkolí dvojkolí 1360.8

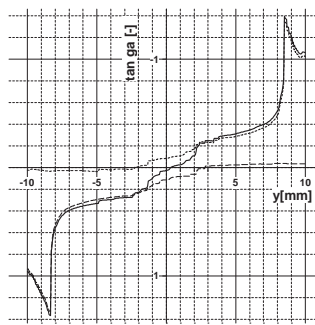
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



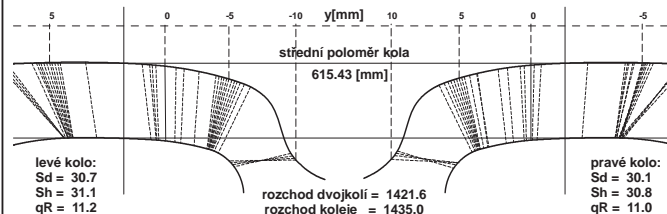
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



střední poloměr kola 615.43 [mm]

rozchod dvojkolí = 1421.6
rozchod koleje = 1435.0

Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
14:24:19

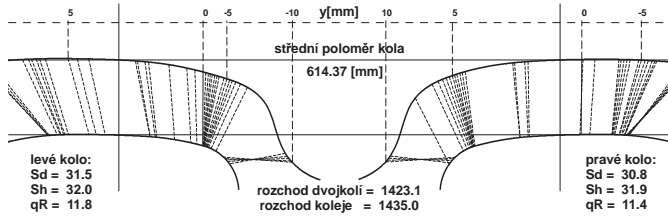
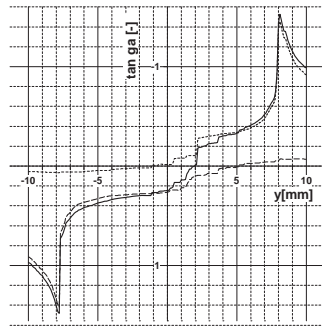
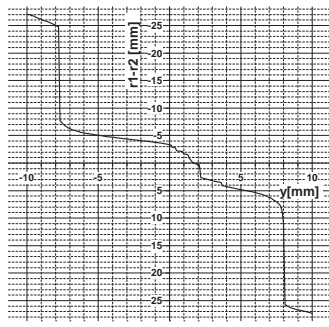
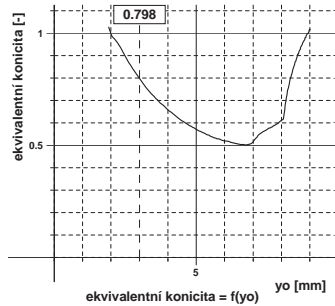
Dvojkolí č. 1

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.01.2017,M16,1R
11.01.2017,M16,1L
1228.8
1228.6
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
14:24:19

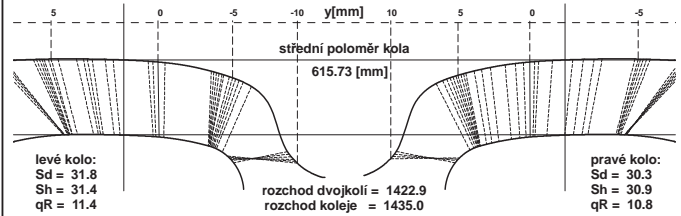
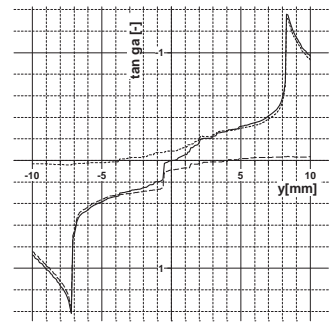
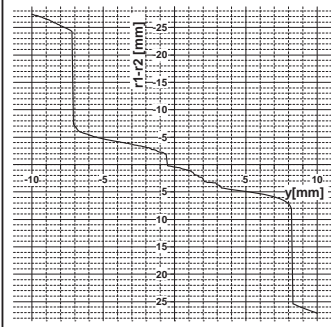
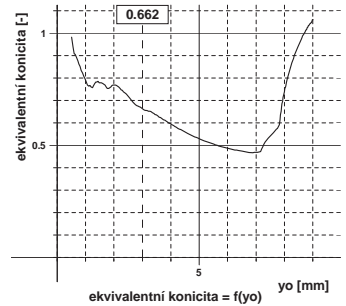
Dvojkolí č. 3

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.01.2017,M16,3R
11.01.2017,M16,3L
1231.9
1231.0
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
14:24:19

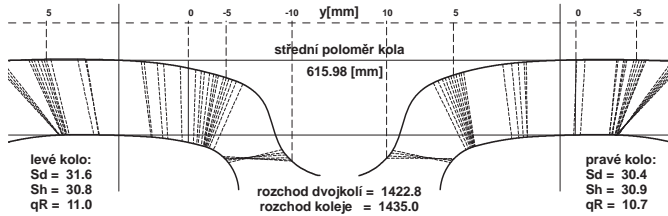
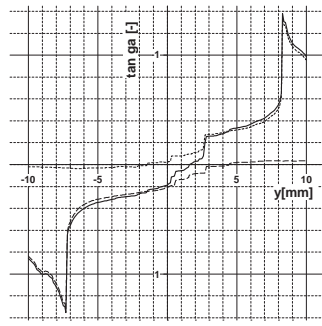
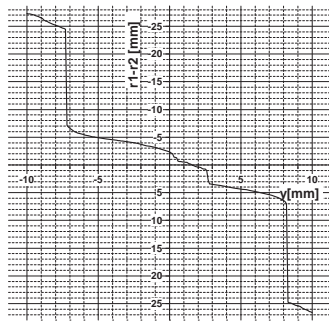
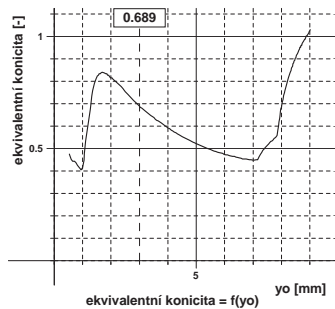
Dvojkolí č. 2

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.01.2017,M16,2R
11.01.2017,M16,2L
1231.9
1232.0
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
14:24:19

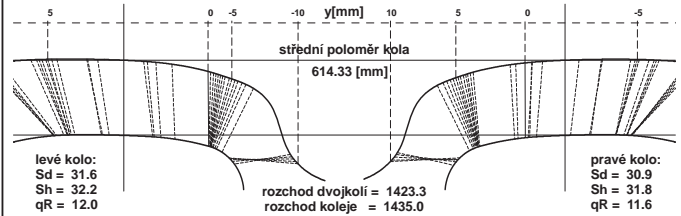
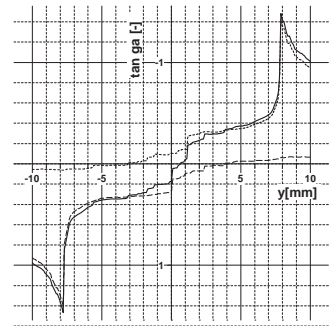
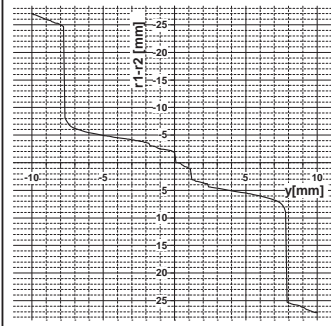
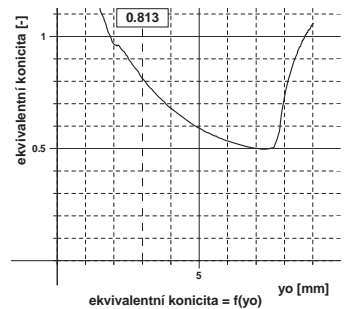
Dvojkolí č. 4

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

S1002/h28/e31.0/6.67
11.01.2017,M16,4R
11.01.2017,M16,4L
1229.1
1228.2
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



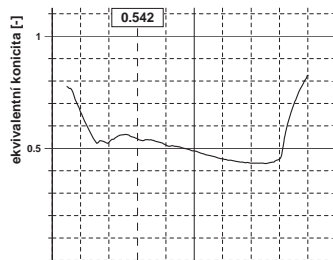
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
17:25:38

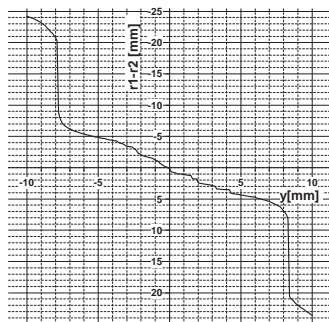
Dvojkolí č. 1

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
30.03.2016,M17,1R
levé kolo 30.03.2016,M17,1L
1236.7
průměr pravého kola 1237.2
průměr levého kola 1237.1
rozkoli dvojkolí 1360.6

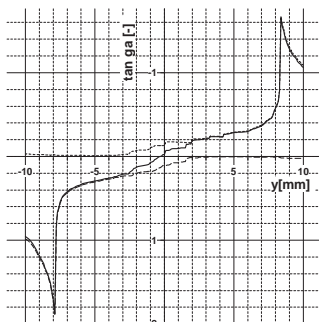
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



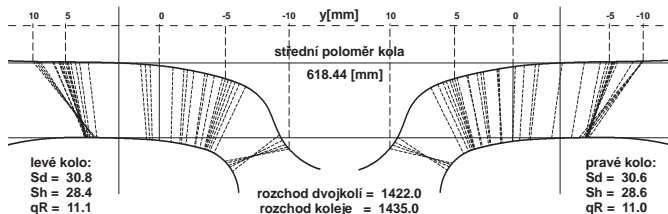
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



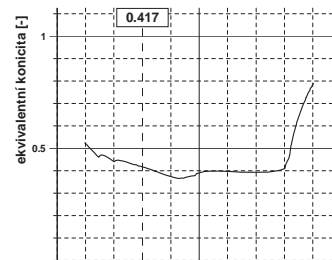
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
17:25:38

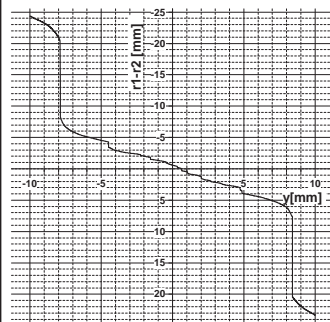
Dvojkolí č. 3

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
30.03.2016,M17,3R
levé kolo 30.03.2016,M17,3L
1237.2
průměr pravého kola 1237.6
průměr levého kola 1237.6
rozkoli dvojkolí 1360.6

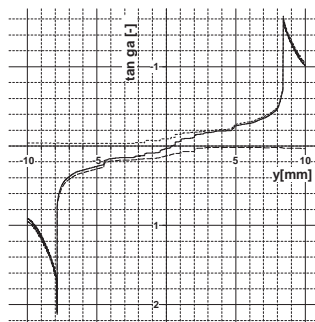
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



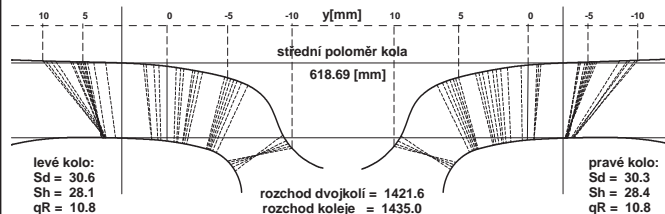
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



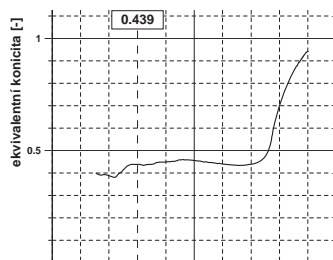
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
17:25:38

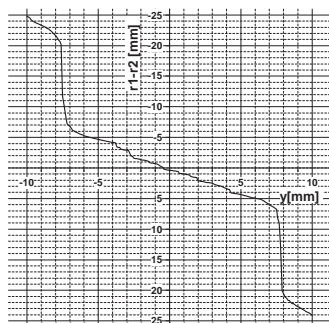
Dvojkolí č. 2

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
30.03.2016,M17,2R
levé kolo 30.03.2016,M17,2L
1236.9
průměr pravého kola 1237.2
průměr levého kola 1237.2
rozkoli dvojkolí 1360.7

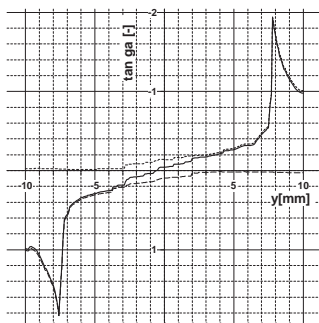
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



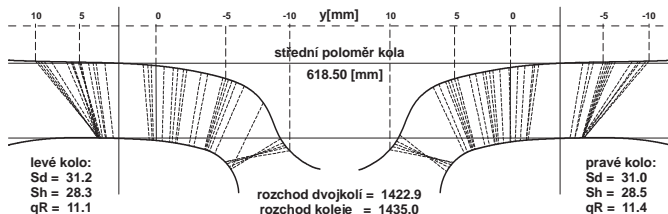
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



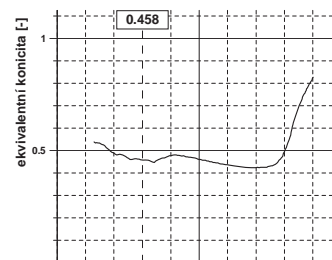
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
17:25:38

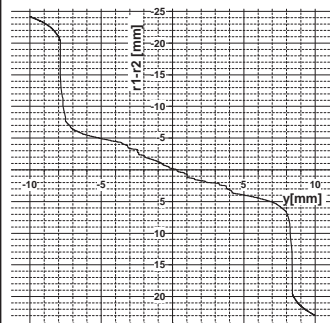
Dvojkolí č. 4

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
30.03.2016,M17,4R
levé kolo 30.03.2016,M17,4L
1236.7
průměr pravého kola 1237.5
průměr levého kola 1237.5
rozkoli dvojkolí 1360.6

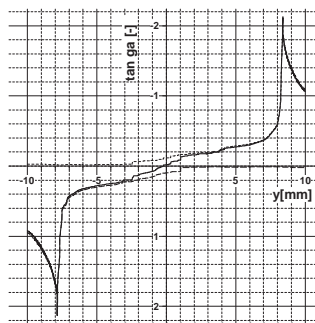
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



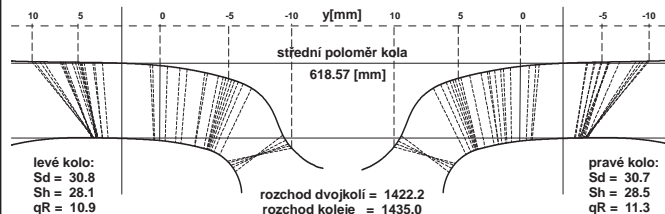
ekvivalentní konicita = $f(y)$ yo [mm]

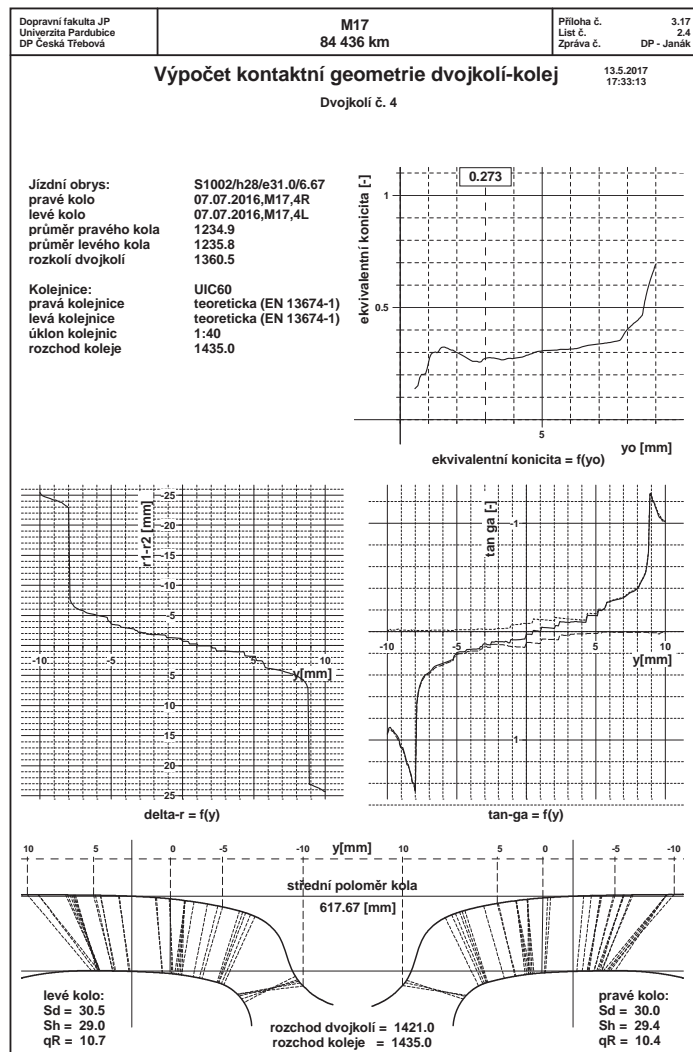
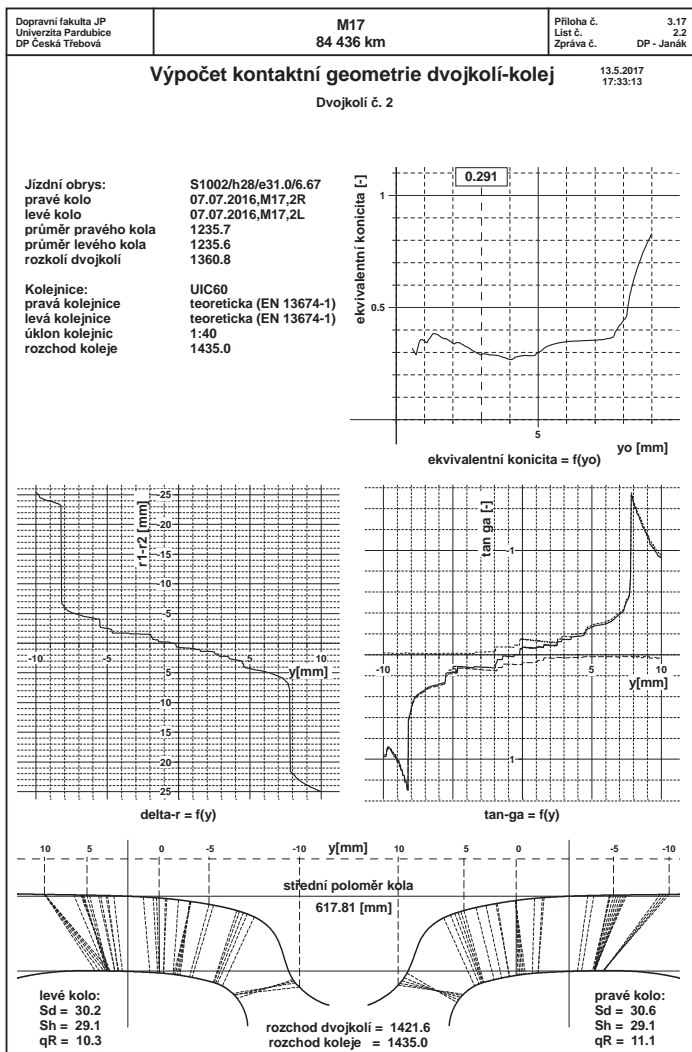
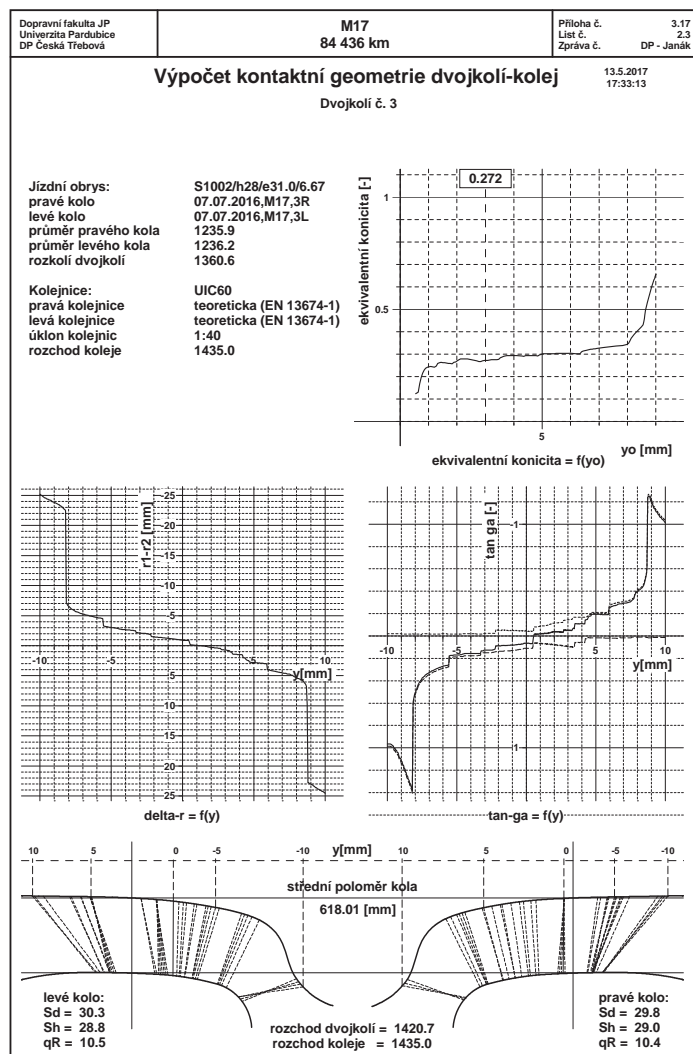
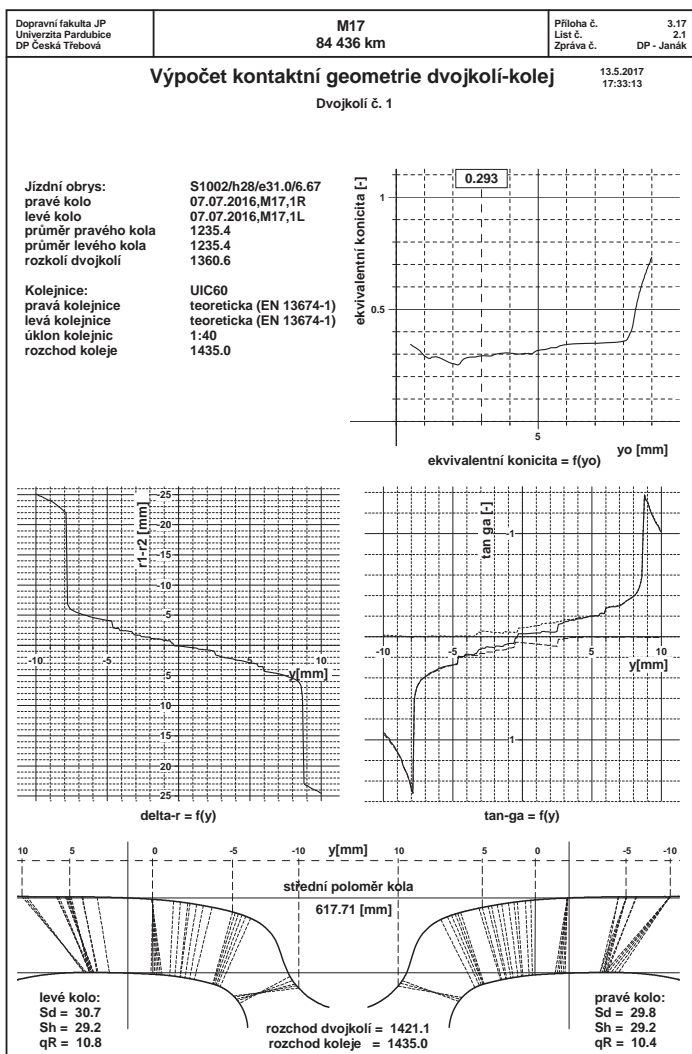


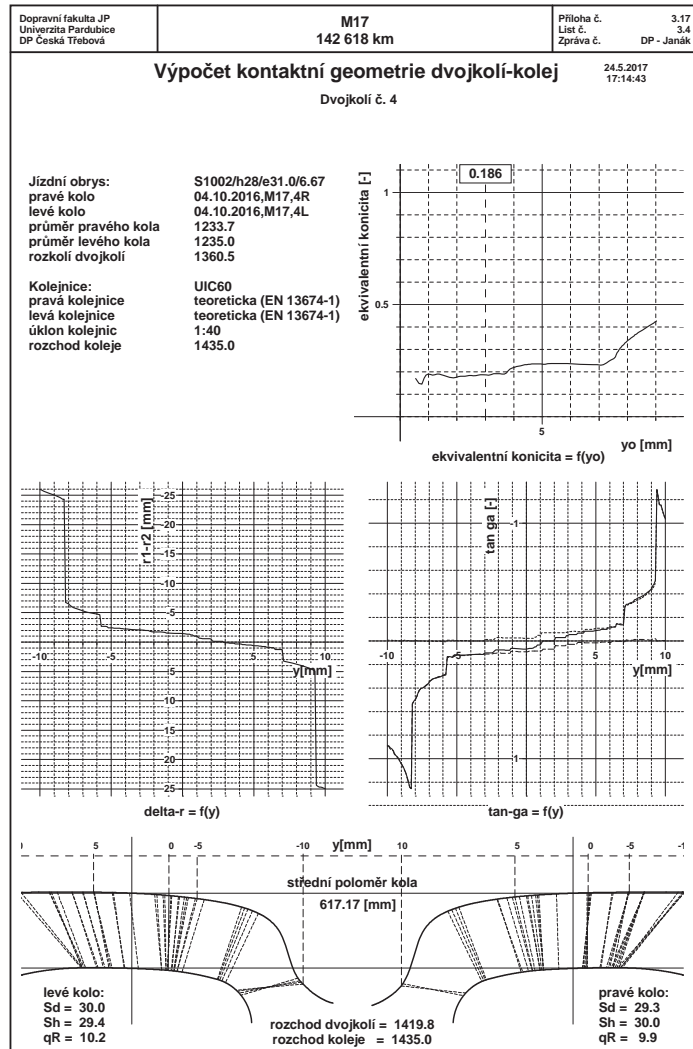
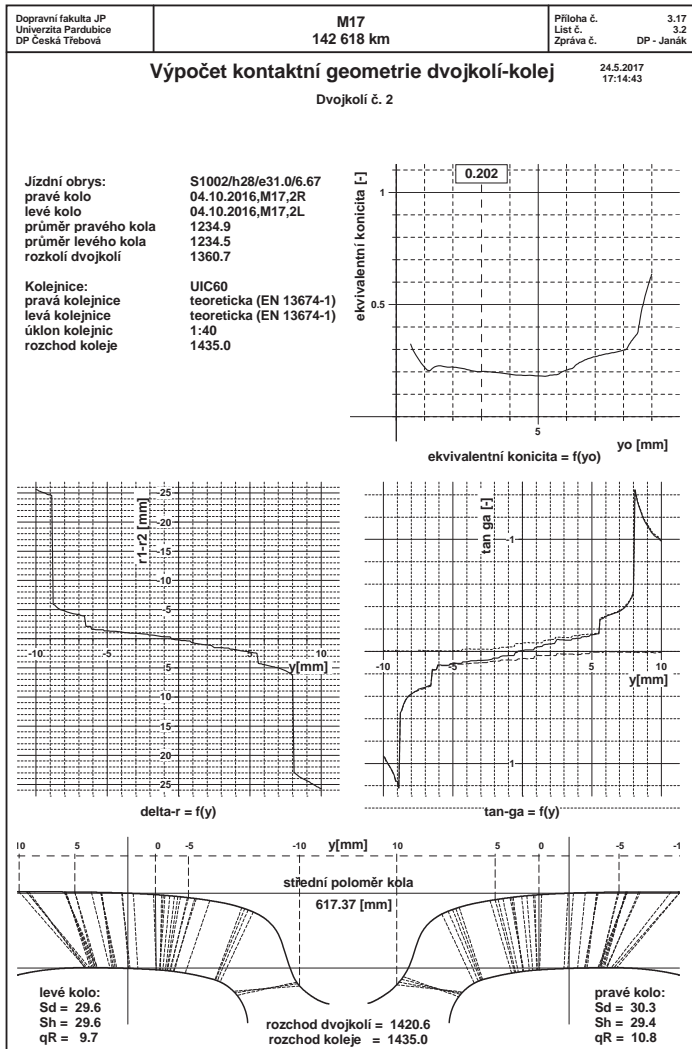
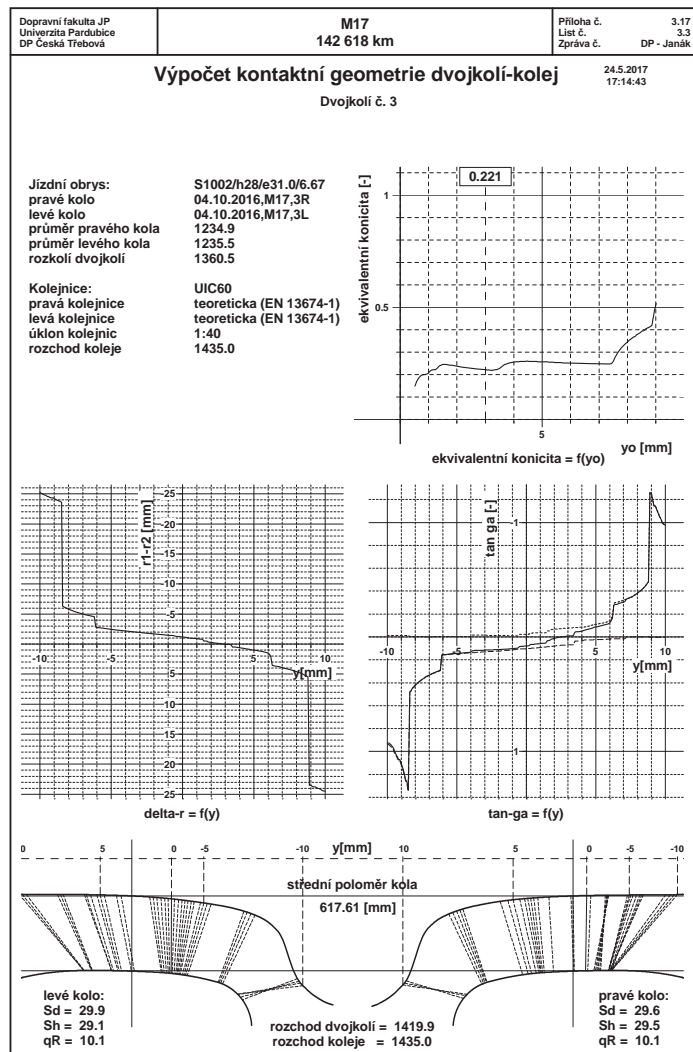
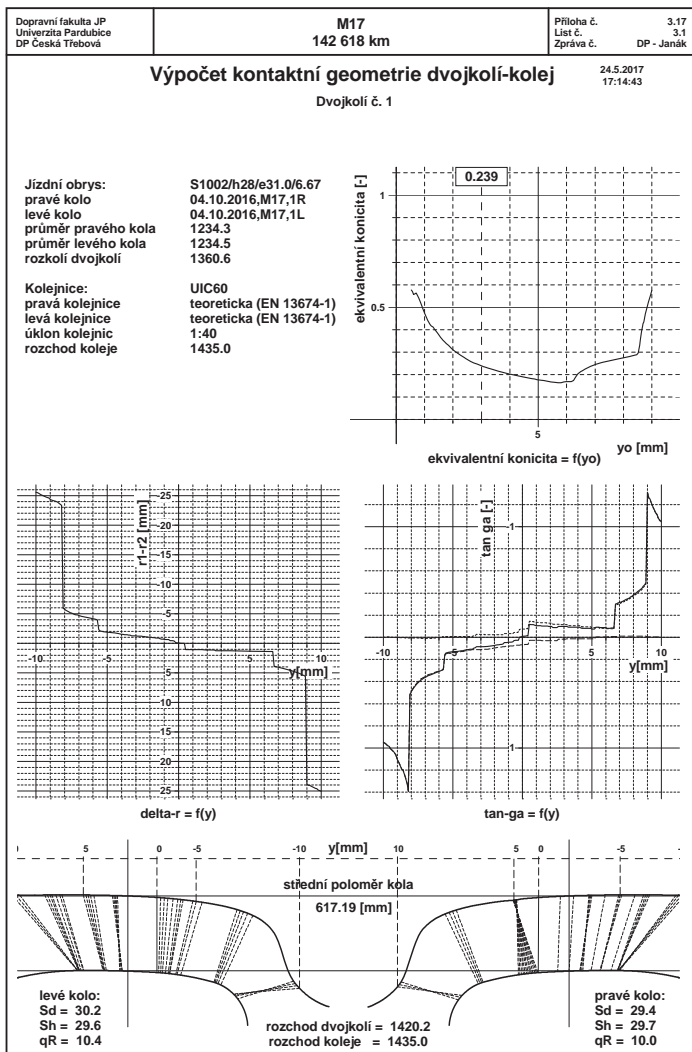
delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$







Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

14.5.2017
22:30:40

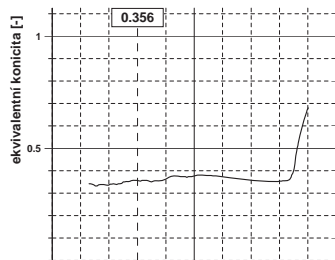
Dvojkolí č. 1

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

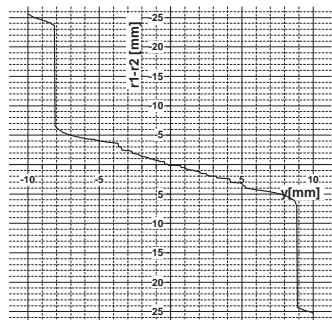
S1002/h28/e31.0/6.67
22.11.2016,M17,1R
22.11.2016,M17,1L
1233.2
1233.0
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

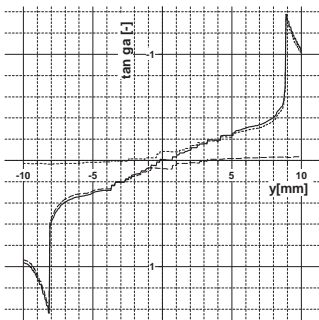
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



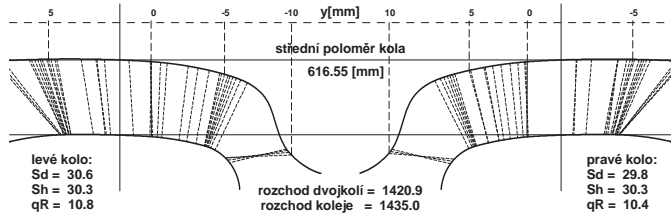
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

14.5.2017
22:30:40

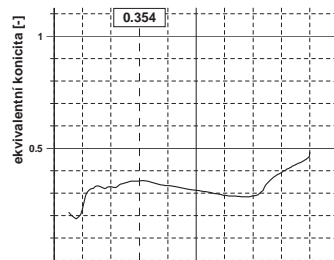
Dvojkolí č. 3

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

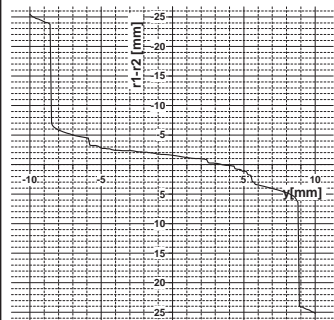
S1002/h28/e31.0/6.67
22.11.2016,M17,3R
22.11.2016,M17,3L
1233.8
1234.5
1360.5

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

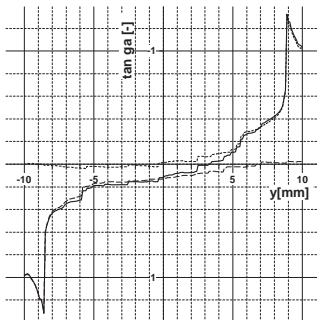
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



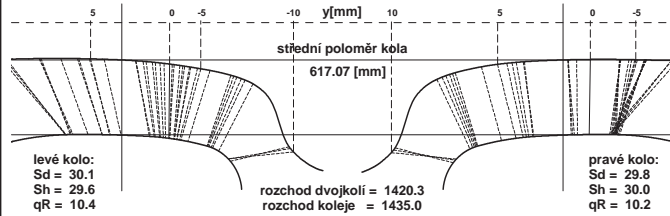
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

14.5.2017
22:30:40

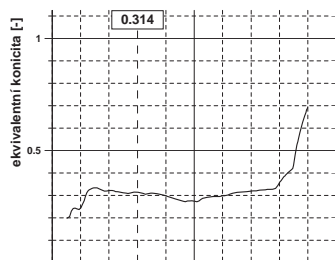
Dvojkolí č. 2

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

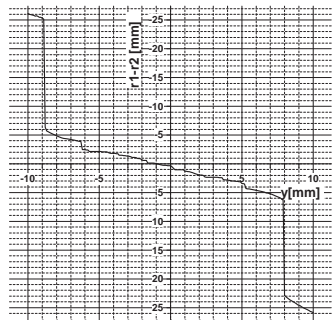
S1002/h28/e31.0/6.67
22.11.2016,M17,2R
22.11.2016,M17,2L
1233.9
1233.5
1360.7

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

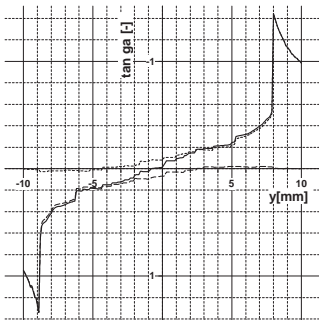
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



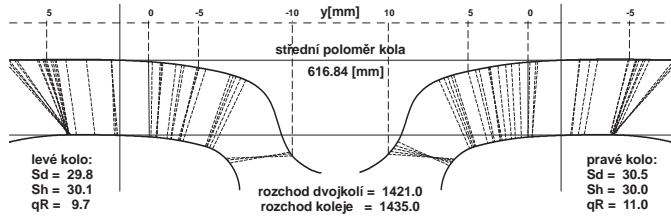
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

14.5.2017
22:30:40

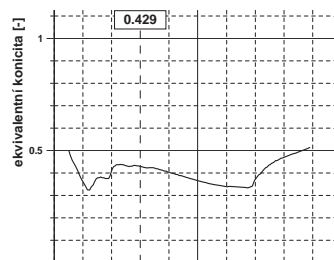
Dvojkolí č. 4

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

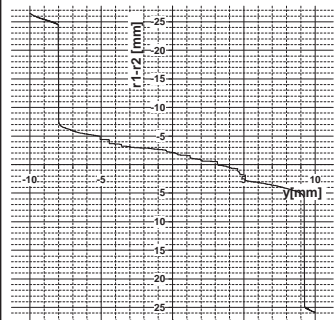
S1002/h28/e31.0/6.67
22.11.2016,M17,4R
22.11.2016,M17,4L
1231.9
1233.5
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

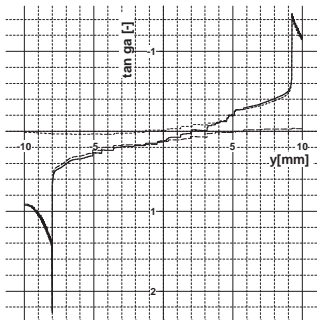
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



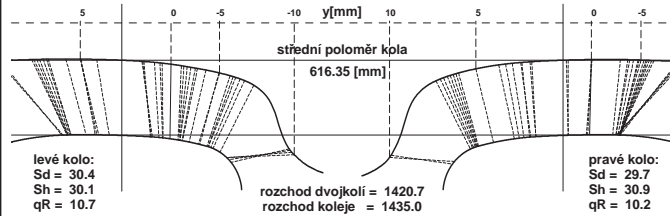
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 1

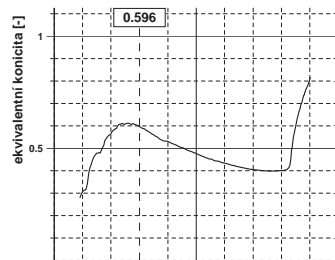
13.5.2017
17:55:36

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

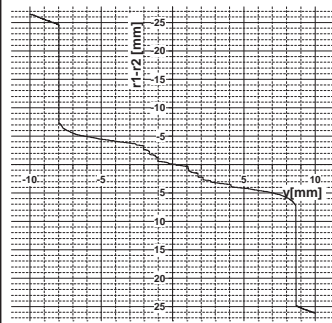
S1002/h28/e31.0/6.67
04.01.2017,M17,1R
04.01.2017,M17,1L
1231.7
1231.8
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

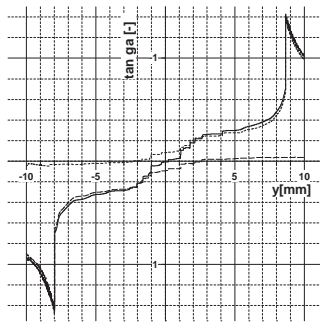
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



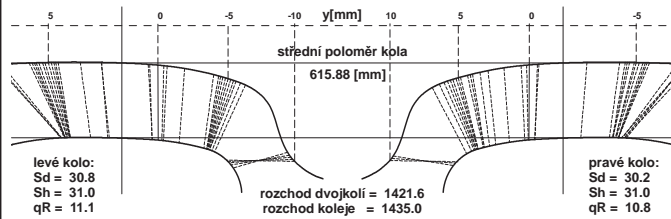
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 3

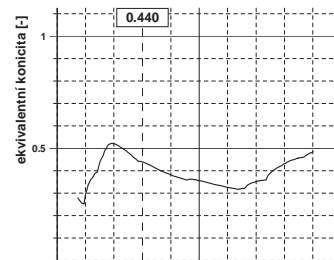
13.5.2017
17:55:36

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

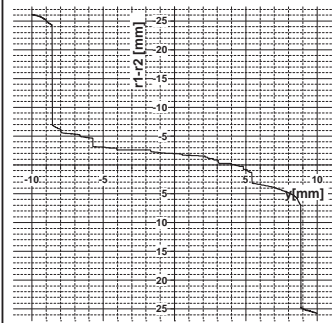
S1002/h28/e31.0/6.67
04.01.2017,M17,3R
04.01.2017,M17,3L
1233.0
1233.8
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

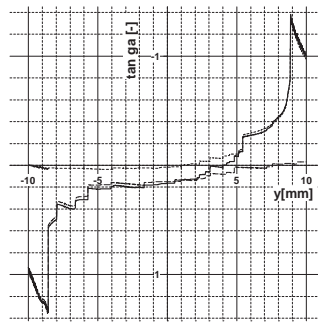
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



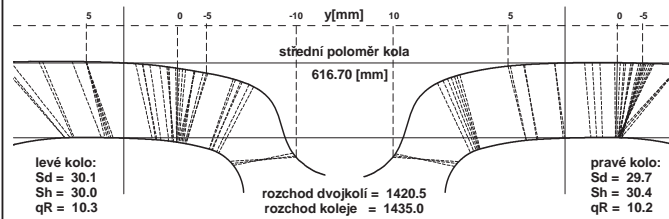
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 2

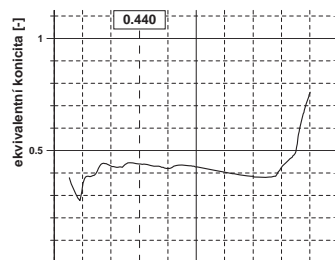
13.5.2017
17:55:36

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

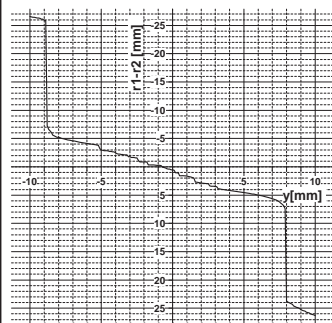
S1002/h28/e31.0/6.67
04.01.2017,M17,2R
04.01.2017,M17,2L
1232.9
1232.7
1360.7

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

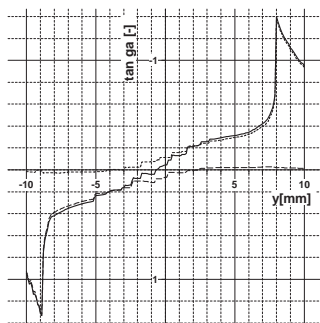
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



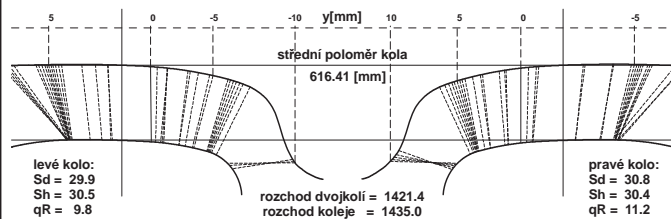
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 4

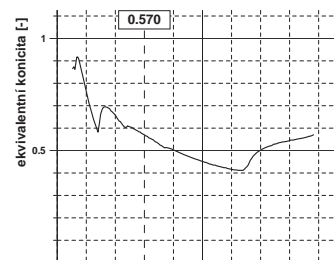
13.5.2017
17:55:36

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkolí dvojkolí

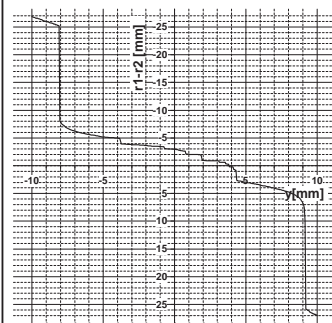
S1002/h28/e31.0/6.67
04.01.2017,M17,4R
04.01.2017,M17,4L
1230.6
1232.3
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

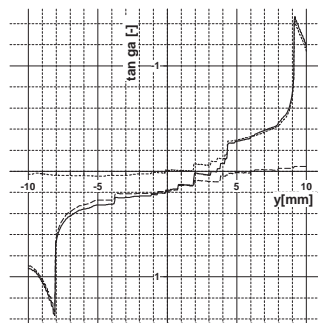
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



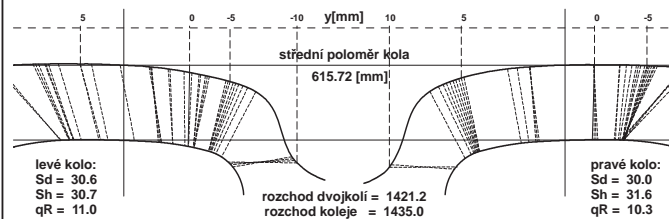
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
22:51:06

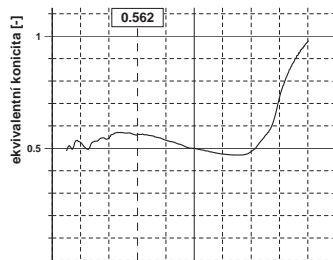
Dvojkolí č. 1

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

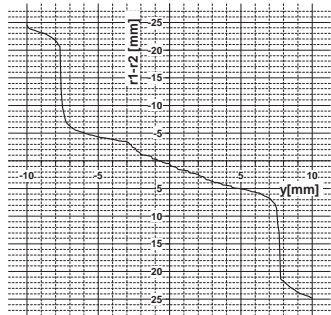
S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M18,1R
06.04.2016,M18,1L
1238.0
1237.2
1360.6

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

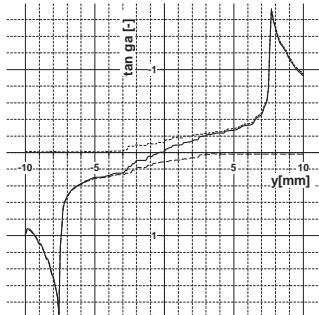
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



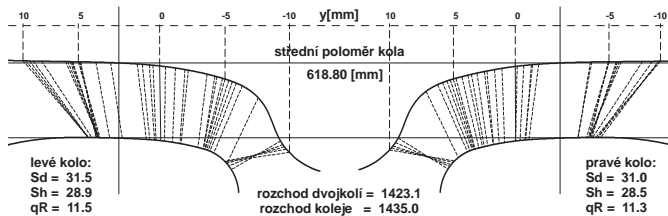
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
22:51:06

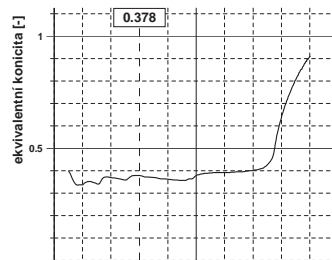
Dvojkolí č. 3

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

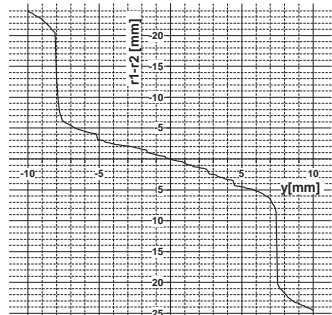
S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M18,3R
06.04.2016,M18,3L
1238.9
1238.4
1361.0

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

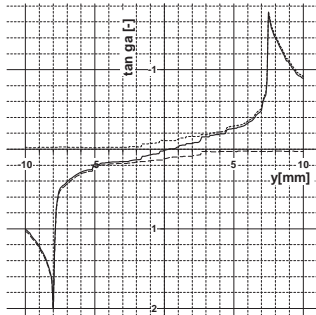
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



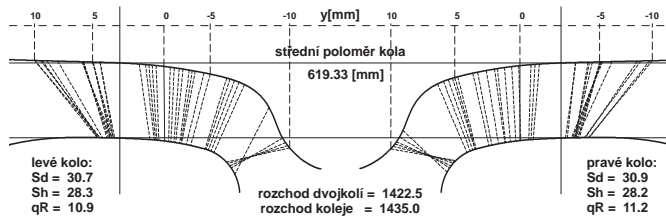
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
22:51:06

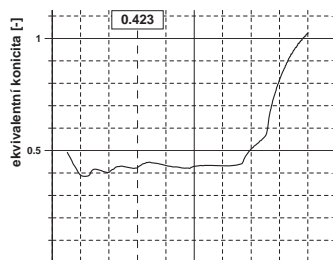
Dvojkolí č. 2

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

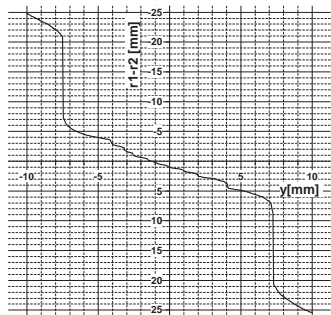
S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M18,2R
06.04.2016,M18,2L
1238.0
1237.2
1360.8

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

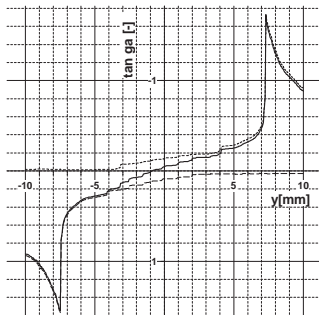
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



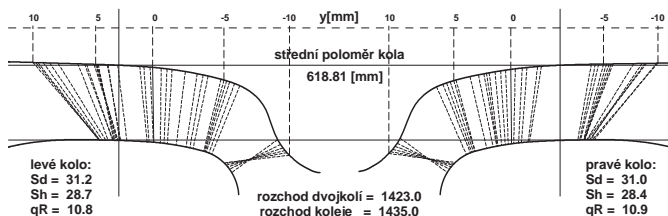
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

13.5.2017
22:51:06

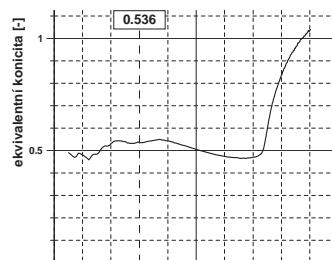
Dvojkolí č. 4

Jízdní obrys:
pravé kolo
levé kolo
průměr pravého kola
průměr levého kola
rozkoli dvojkolí

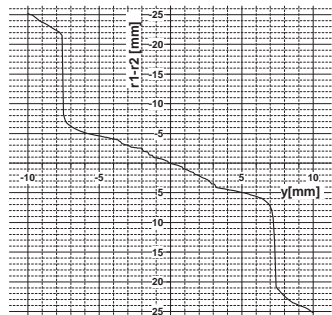
S1002/h28/e31.0/6.67
06.04.2016,M18,4R
06.04.2016,M18,4L
1238.0
1237.6
1360.9

Kolejnice:
pravá kolejnice
levá kolejnice
úklon kolejnic
rozchod koleje

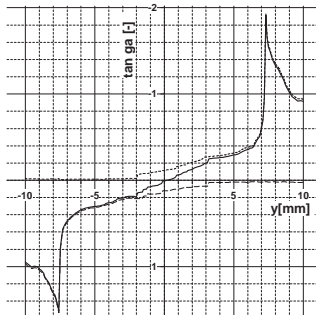
UIC60
teoretická (EN 13674-1)
teoretická (EN 13674-1)
1:40
1435.0



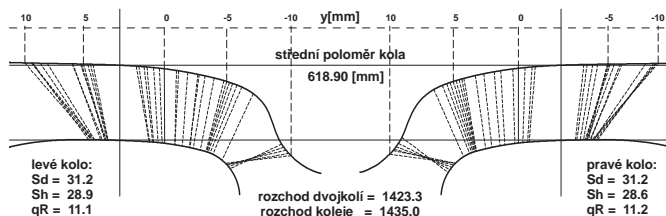
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]

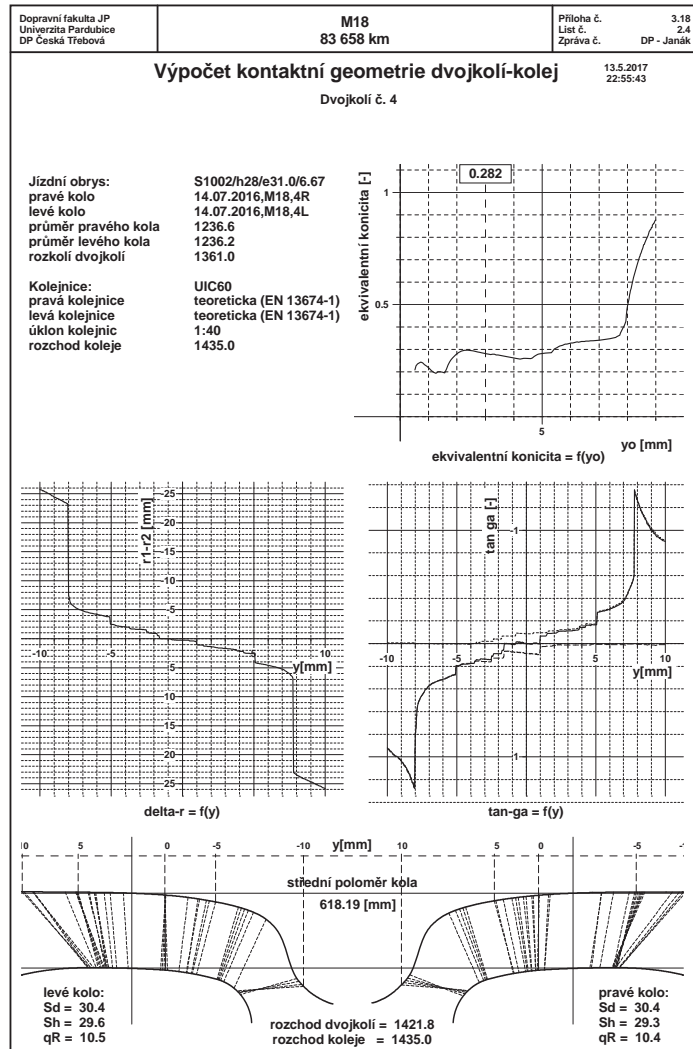
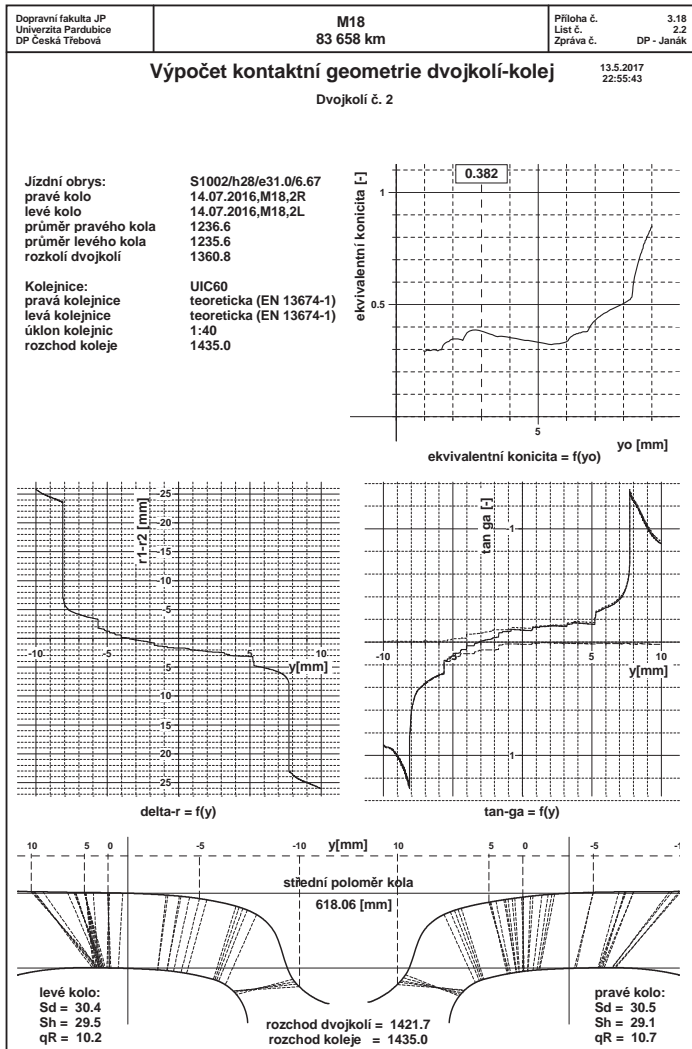
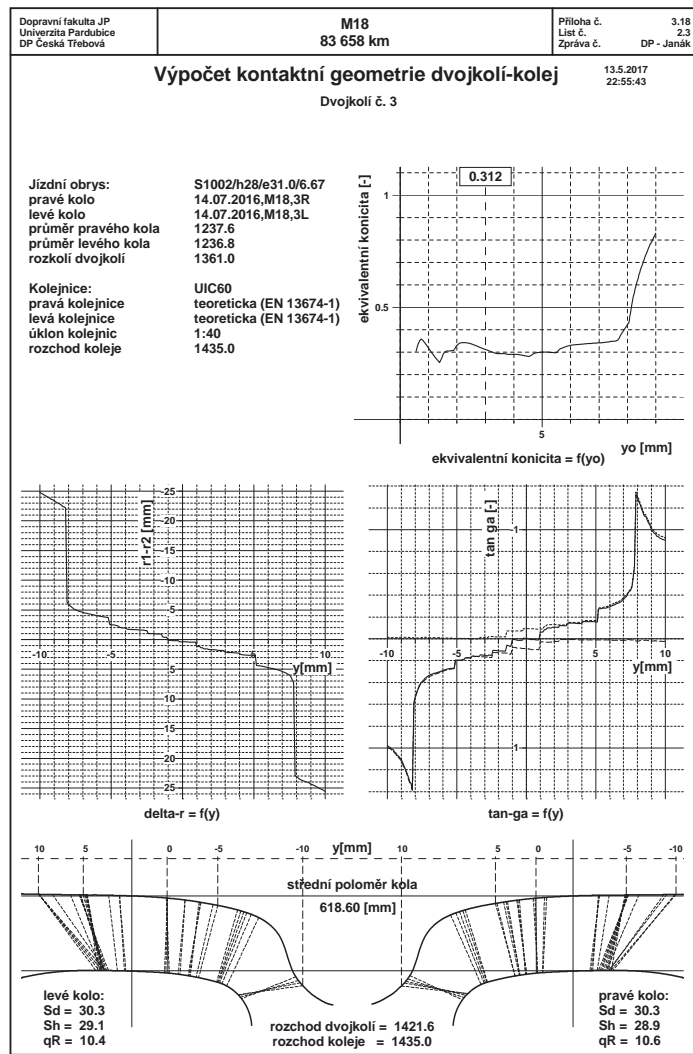
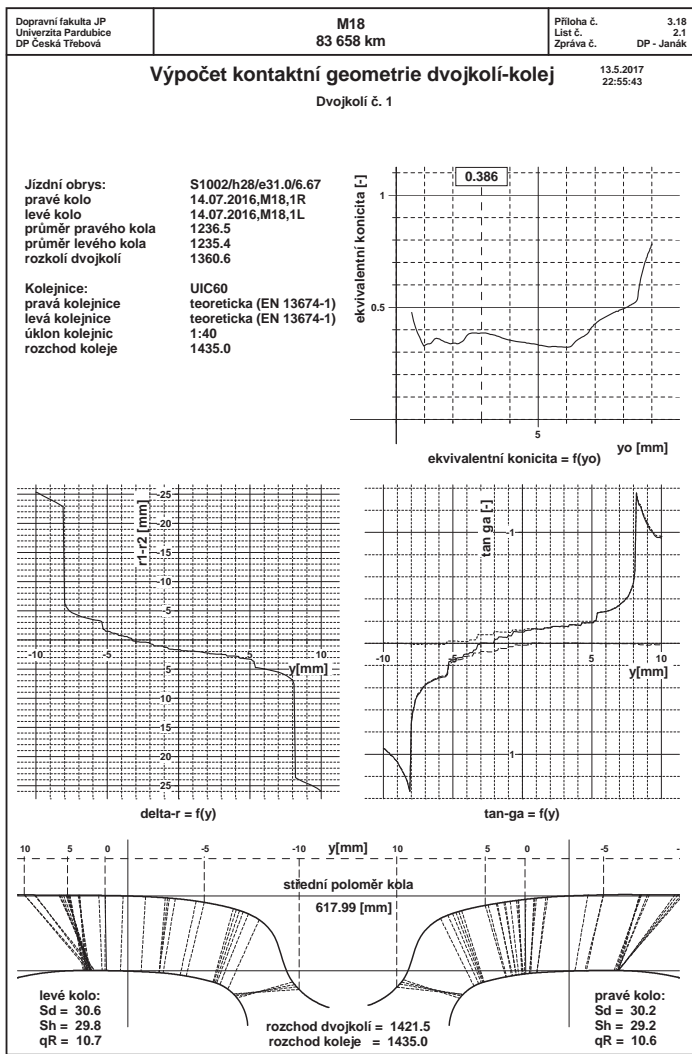


delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)





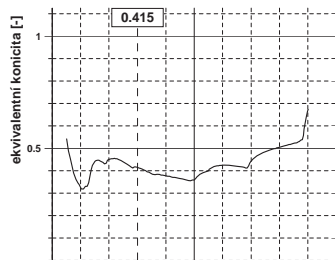
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 1

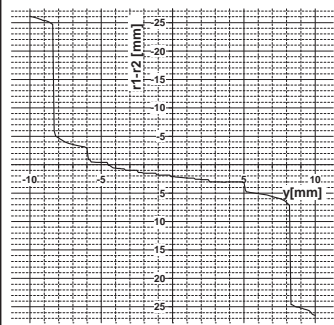
13.5.2017
23:01:38

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
31.10.2016,M18,1R
levé kolo 31.10.2016,M18,1L
průměr pravého kola 1235.2
průměr levého kola 1233.7
rozkoli dvojkolí 1360.6

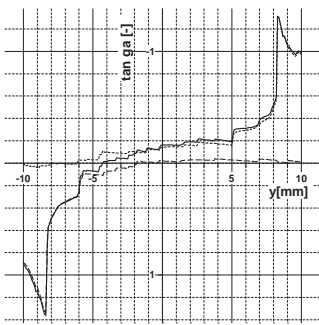
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



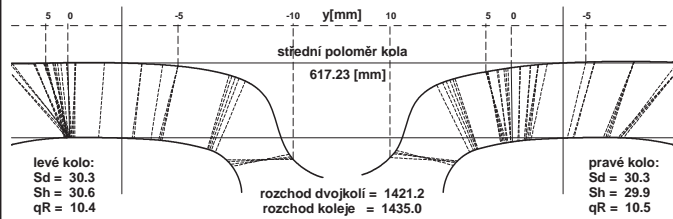
ekvivalentní konicita = $f(yo)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



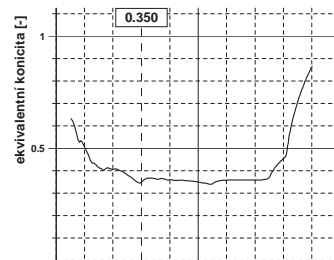
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 3

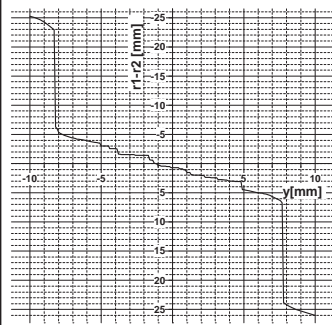
13.5.2017
23:01:38

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
31.10.2016,M18,3R
levé kolo 31.10.2016,M18,3L
průměr pravého kola 1236.3
průměr levého kola 1235.3
rozkoli dvojkolí 1361.0

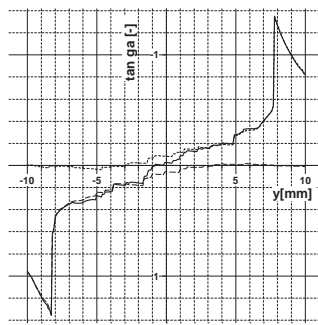
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



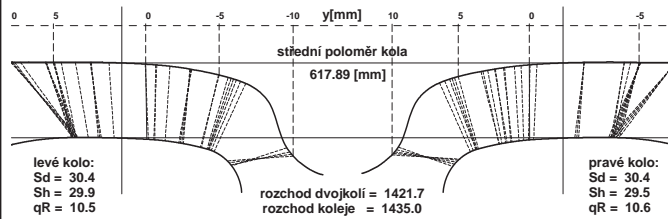
ekvivalentní konicita = $f(yo)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



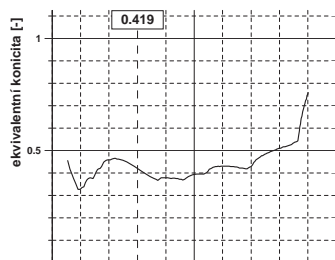
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 2

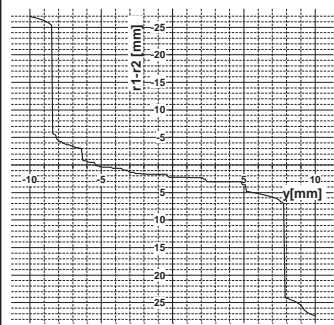
13.5.2017
23:01:38

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
31.10.2016,M18,2R
levé kolo 31.10.2016,M18,2L
průměr pravého kola 1235.5
průměr levého kola 1234.2
rozkoli dvojkolí 1360.8

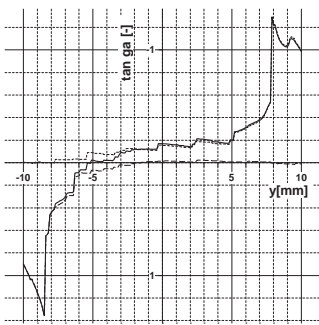
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



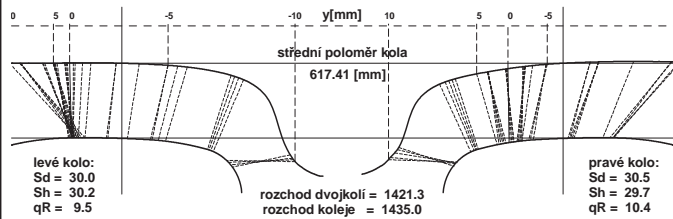
ekvivalentní konicita = $f(yo)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



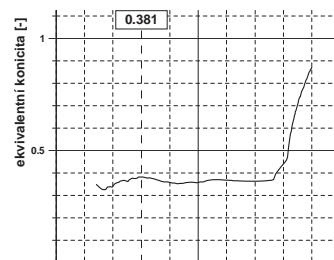
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 4

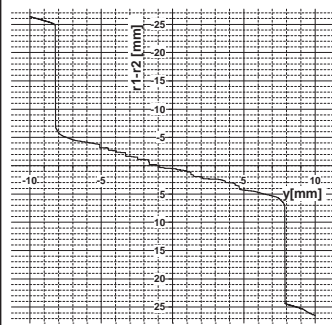
13.5.2017
23:01:38

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
31.10.2016,M18,4R
levé kolo 31.10.2016,M18,4L
průměr pravého kola 1234.8
průměr levého kola 1234.4
rozkoli dvojkolí 1361.0

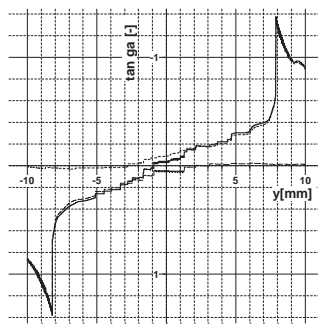
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
teoretická (EN 13674-1)
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic 1:40
rozchod koleje 1435.0



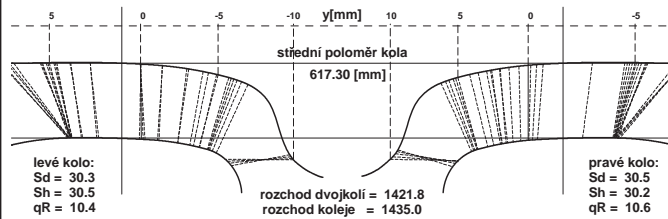
ekvivalentní konicita = $f(yo)$ yo [mm]



delta-r = $f(y)$



tan-ga = $f(y)$



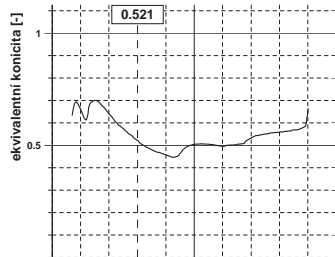
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 1

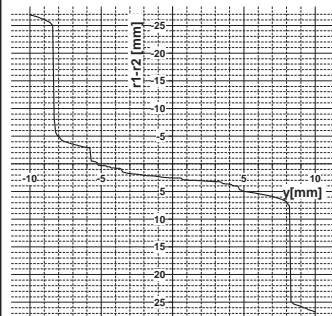
13.5.2017
23:06:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
16.12.2016,M18,1R
levé kolo 16.12.2016,M18,1L
průměr pravého kola 1234.1
průměr levého kola 1232.4
rozkoli dvojkolí 1360.6

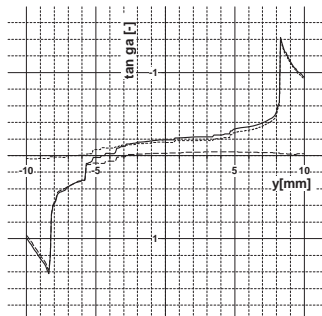
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



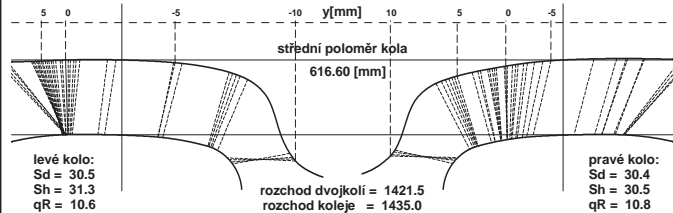
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



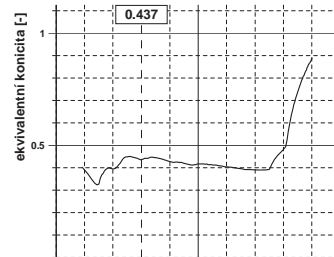
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 3

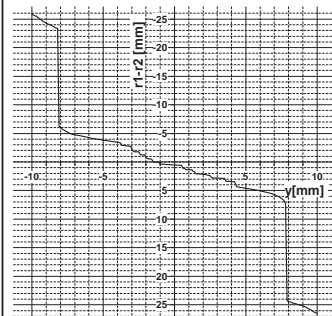
13.5.2017
23:06:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
16.12.2016,M18,3R
levé kolo 16.12.2016,M18,3L
průměr pravého kola 1235.4
průměr levého kola 1234.7
rozkoli dvojkolí 1361.0

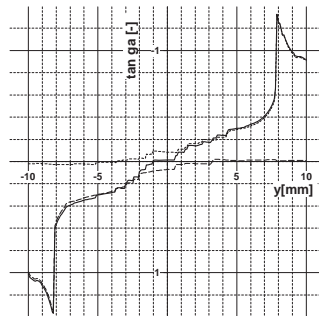
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



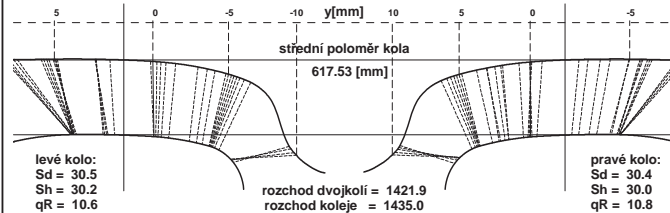
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



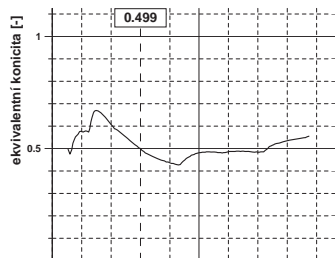
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 2

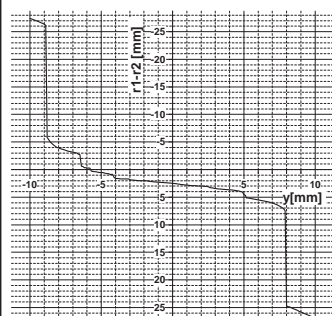
13.5.2017
23:06:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
16.12.2016,M18,2R
levé kolo 16.12.2016,M18,2L
průměr pravého kola 1234.8
průměr levého kola 1233.2
rozkoli dvojkolí 1360.8

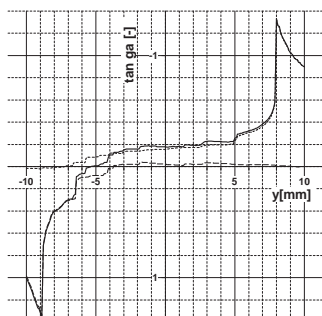
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



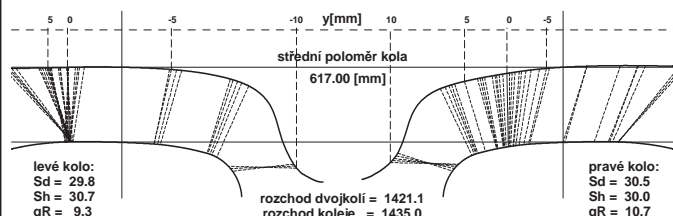
ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)



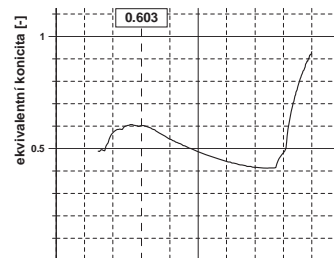
Výpočet kontaktní geometrie dvojkolí-kolej

Dvojkolí č. 4

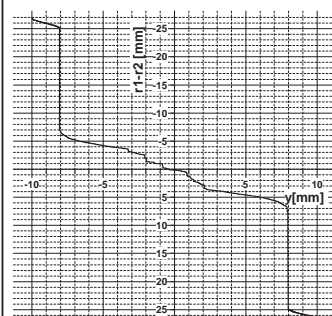
13.5.2017
23:06:07

Jízdní obrys:
pravé kolo S1002/h28/e31.0/6.67
16.12.2016,M18,4R
levé kolo 16.12.2016,M18,4L
průměr pravého kola 1233.6
průměr levého kola 1233.4
rozkoli dvojkolí 1361.0

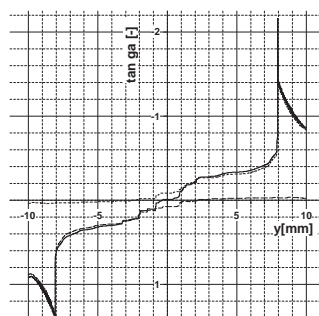
Kolejnice:
pravá kolejnice UIC60
levá kolejnice teoretická (EN 13674-1)
úklon kolejnic teoretická (EN 13674-1)
rozchod koleje 1:40
1435.0



ekvivalentní konicita = f(y) y [mm]



delta-r = f(y)



tan-ga = f(y)

