

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

**Stanovení maximální podélné síly nutné pro podélné posunutí kolejnice
v pružném upevnění Vossloh**

Diplomová práce

2021

Bc. Václav Štech

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav Štech**
Osobní číslo: **D19336**
Studijní program: **N0732A260017 Dopravní stavitelství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Téma práce: **Stanovení maximální podélné síly nutné pro podélné posunutí kolejnice v pružném upevnění Vossloh**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

1. Program zkoušky
2. Návrh přípravků pro měření, návrh sestavy měření
3. Deník Zkoušky
4. Protokol o zkoušce
5. Fotodokumentace

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Manuál dynamického standu INOVA,
Výkresová dokumentace INOVA,
ČSN EN 13146-1,
Vzorové protokoly ZL AL DFJP

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Bohumil Culek, Ph.D.

Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání diplomové práce:

26. října 2020

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2021

L.S.

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

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Stanovení maximální podélné síly nutné pro podélné posunutí kolejnice v pružném upevnění Vossloh jsem 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., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Tato diplomová práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě (VVCD), Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 06. 2021

Václav Štech v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych chtěl poděkovat všem, kteří mi poskytli pomoc a podporu při vypracování této diplomové práce. Mé velké díky patří především panu doc. Ing. Bohumilu Culkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a poskytnutí studijních materiálů. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá odporem proti podélnému posunu kolejnice v pružném upevnění typu Vossloh. Odpor je reprezentován silou, kterou je nutné překonat, aby se kolejnice v upevnění podélně posunula. Práce je dělena do kapitol, v rámci kterých je blíže specifikována obecná problematika pružného upevnění (teoretická část) a problematika experimentálního zkoušení (praktická část). Experimentální stanovení uvedeného odporu je zároveň hlavním cílem práce. Dosažení cíle bylo realizováno v několika postupných krocích (návrh zkoušky, zkušební sestava, výrobní výkresy upevnění, nastavení zkoušky, realizace měření, hodnocení výsledků). Experimentální měření bylo realizováno na dvou typech upevnění, Vossloh W 14 a Vossloh W 30 HH. Testování byla podrobena upevnění vyjmutá z provozovaných tratí s různou měrou poškození a nová upevnění. Míra poškození je v práci identifikována.

KLÍČOVÁ SLOVA

pružné upevnění, Vossloh, kontakt kolejnice a pražce, přenášení sil do pražce, bezstyková kolej

TITLE

Determination of the maximum longitudinal force required for the longitudinal displacement of the rail in the elastic rail fastening Vossloh

ANNOTATION

This diploma thesis deals with the resistance to the longitudinal displacement of the rail in a flexible mounting type Vossloh. The resistance is represented by the force that must be overcome in order, for the rail to move longitudinally in the fastening. The thesis is divided into chapters, in which the general issue of flexible fastening (theoretical part) and the issue of experimental testing (practical part) are specified in more detail. Experimental determination of this resistance is also the main goal of the thesis. Achieving the goal was realized in several successive steps (test design, test set, production drawings of the fixture, test setup, measurement implementation, evaluation of results). Experimental measurements were performed on two types of fastenings, Vossloh W 14 and Vossloh W 30 HH. Fastenings that were removed from the operated lines with different degrees of damage and new fastenings were tested. The degree of damage is identified in the work.

KEYWORDS

flexible fastening, Vossloh, rail-sleeper contact, transfer of forces to the sleeper, non-contact track

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK A GRAFŮ.....	11
SEZNAM ZKRATEK A OZNAČENÍ	12
SEZNAM PŘÍLOH.....	13
ÚVOD.....	14
1 Cíle diplomové práce.....	15
a) Návrh měřící sestavy	15
b) Realizace experimentálního měření	15
c) Vyhodnocení experimentálního měření	15
2 Současný stav poznání	16
2.1 Železniční trať.....	16
2.1.1 Konstrukční části železničního svršku	17
2.2 Pružné upevnění	20
2.2.1 Historie pružného upevnění.....	20
2.2.2 Vlastnosti a typy upevnění Vossloh	21
2.2.3 Síly působící na pružné upevnění.....	23
2.3 Geometrické parametry koleje	25
2.4 Vady pružného upevnění	26
3 Experimentální měření.....	28
3.1 Předmět měření	28
3.2 Testování vzorků	33
3.2.1 Zkušební sestava	34
3.2.2 Zkouška pružného upevnění	39
4 Vyhodnocení	46
ZÁVĚR	62
POUŽITÁ LITERATURA	64

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pohled na železniční trať [20]	16
Obrázek 2: Rozdělení konstrukce železniční trati [2]	17
Obrázek 3: Železniční trať Choceň - Brandýs nad Orlicí [4]	18
Obrázek 4: Pružné bezpodkladnicové upevnění Vossloh W 14 [8]	19
Obrázek 5: Mašíkův plíšek [7]	20
Obrázek 6: Starší upevnění KS se svěrkou Skl 24 na pražci SB 8P [6]	21
Obrázek 7: Upevnění Vossloh W 14 [4]	22
Obrázek 8: Upevnění Vossloh W 30 HH [10]	22
Obrázek 9: Upevnění DFF 300 používané na mostech [6]	23
Obrázek 10: Síly působící mezi kolem a kolejnicí [19]	24
Obrázek 11: Geometrické parametry koleje [13]	26
Obrázek 12: Prasklé rameno svěrky vzorku V07, únavová porucha	27
Obrázek 13: Zkouška pružného upevnění Vossloh W 14	28
Obrázek 14: Upevnění W 14, vzorek V13	29
Obrázek 15: Upevnění W 30 HH, vzorek V16	29
Obrázek 16: Zvýrazněné úseky v mapě, kde byly vzorky použity [21]	31
Obrázek 17: List záznamu poškození vzorků	32
Obrázek 18: Vzorek V13 před zkouškou	33
Obrázek 19: Dynamický zkušební stav VVCD [15]	34
Obrázek 20: Návrh sestavy v programu AutoCAD, pohled shora	35
Obrázek 21: Návrh sestavy v programu AutoCAD, pohled z boku	35
Obrázek 22: Schéma uklonění pražce vůči upínacímu poli	36
Obrázek 23: Pohled na 3D model sestavy ze strany od válce (Solid Edge)	36
Obrázek 24: Pohled na 3D model sestavy proti válci (Solid Edge)	37
Obrázek 25: Pohled shora na 3D model sestavy v Solid Edge	37
Obrázek 26: Zkušební sestava INOVA	38
Obrázek 27: Řez hydromotorem AH [16]	39
Obrázek 28: Detail nárůstu síly při zkoušce vzorku V05	40
Obrázek 29: Vzorek V01 při přípravě na zkoušku	41
Obrázek 30: Záznam pohybu válce při zkoušce v programu TestControl	42
Obrázek 31: Záznam zkoušky V10	43
Obrázek 32: Záznam zkoušky V02 (červená = síla, modrá = poloha T150)	43
Obrázek 33: Záznam zkoušky V03 (červená = síla, modrá = poloha T150)	44
Obrázek 34: Vyznačení oblasti vyrovnávání vůlí v čepch na výřezu ze záznamu vzorku V10 (červená = síla, zelená = poloha T150, černá = poloha válce)	45
Obrázek 35: Fotografie vzorku V09 při zkoušce s viditelnou deformací	46
Obrázek 36: Záznam zkoušky V01ot (červená = síla, modrá = poloha T150)	47
Obrázek 37: Záznam vzorku V01ot, závislost síly na poloze	48
Obrázek 38: Upravený záznam zkoušky V01ot (červená = síla, modrá = poloha T150)	48
Obrázek 39: Porovnání přístupů hodnocení s 20 % a 40 % na vzorku V01	51
Obrázek 40: Upravený záznam vzorku V01 finální metodikou vyhodnocování	52
Obrázek 41: Histogram oříznutých hodnot pro vzorek V01	52
Obrázek 42: Vzorek V07	56
Obrázek 43: Odtržené kraje pryžové podložky WU - 7, vzorek V14	58
Obrázek 44: Úhlová vodící vložka Wfp- 14K a pryžová podložka Wu – 7 vzorku V11	59
Obrázek 45: Opotřebované svěrky Skl 14 vzorku V07	60

Obrázek 46: Nové pružné upevnění W 14, vzorek V21.....	61
Obrázek 47: Nové upevnění W 30 HH, vzorek V19.....	61

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 1: Materiálové charakteristiky svěrek [5]	18
Tabulka 2: Přehled součástí vzorků a jejich použití v trati	30
Tabulka 3: Hodnoty pro jednotlivé vzorky z obou přístupů hodnocení.....	50
Tabulka 4: Hodnoty pro jednotlivé vzorky z finální metodiky vyhodnocení.....	53
Tabulka 5: Údaje pro jednotlivé vzorky, rozdělení dle oblastí.....	54
Tabulka 6: Tloušťka podložky pro jednotlivé vzorky, rozdělení dle oblastí	56
Tabulka 7: Přehledová tabulka výsledných středních hodnot naměřených sil.....	62
Graf 1: Střední hodnoty sil jednotlivých vzorků včetně opakovaných testů.....	55
Graf 2: Střední hodnoty sil vzorků v porovnání s tloušťkou pryžové podložky.....	57

SEZNAM ZKRATEK A OZNAČENÍ

VVCD	Výukové a výzkumné centrum v dopravě
INOVA	INOVA Praha s.r.o.
DZS	Dynamický zkušební stav
V01	označení zkušebního vzorku č. 01
V04ot	označení zkušebního vzorku č. 04, opakovaný test
AH 50 – 150 – V1	zatěžovací válec INOVA 50 kN, 150 mm
GPK	geometrické parametry koleje

Q	je svislá kolová síla
Y	je příčná kolová síla
Tx	je podélná síla

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Protokol o zkoušce

Příloha B – Grafy

Příloha C – Záznamy poškození jednotlivých vzorků

Příloha D – Fotodokumentace

ÚVOD

Železniční doprava má v dnešním světě své neopomenutelné místo. Slouží k osobní dopravě mezi jednotlivými městy, vysokorychlostní mezinárodní dopravě nebo nákladní dopravě, která přepravuje ročně miliony tun zboží po celém světě. Z toho důvodu jsou do ní investovány nemalé finanční prostředky s úkolem udělat železniční dopravu co nejvíce ekonomickou, pohodlnou, bezpečnou, ale i ekologickou. Železniční doprava má také mnoho podob z hlediska konstrukce samotné dráhy. Během let, kdy se lidstvo zabývalo optimalizací a vývojem dráhy, vznikaly různé druhy konstrukcí, z nichž každá byla navržena pro různé účely v různých přírodních podmínkách. U všech typů však hraje významnou roli geometrie polohy koleje tzv. GPK, kterou je potřeba udržovat pro bezpečnou, ekonomickou a pohodlnou jízdu vozidel. GPK je ovlivňována silami od vozidel a napětím v kolejnicích při velkých změnách teplot, toto napětí způsobuje, že kolejnice má snahu vybočit ze své polohy. Všechny tyto síly se přenášejí přes kolejnici a její upevnění dále do kolejnicových podpor a dále do konstrukce železničního tělesa. Upevnění kolejnice, jak vyplývá z předchozího textu, je tedy velmi namáháno, a proto jsou na něj kladeny vysoké požadavky. Upevnění je pro správné GPK důležité a musí splňovat nároky na něj kladené. Jedná se zejména o dostatečnou přitlačnou sílu a odolávání provozu dynamického charakteru. Vzhledem k dynamické povaze namáhání od železničních vozidel bylo v minulosti zjištěno, že je vhodné upevnění konstruovat jako pružné a nikoliv pevné, jako tomu bylo do té doby.

Tato práce se zmíněným pružným upevněním kolejnice k její podpoře zabývá. Hlavní náplní je experimentální stanovení síly reprezentující odpor vůči posunutí kolejnicového pásu v pružném upevnění firmy Vossloh. Jedná se o podélnou sílu působící ve směru podélné osy koleje. Předmětem je upevnění dříve použité v trati i nové. Naměřené hodnoty jednotlivých vzorků budou vzájemně porovnány, vztaženy k oblasti použití vzorků v trati a jejich poškození.

1 Cíle diplomové práce

a) Návrh měřicí sestavy

- Navrhněte měřicí sestavu v programu AutoCAD
- Při návrhu sestavy vycházejte z normy [17]
- Zpracujte 3D model navržené sestavy v Solid Edge
- Vycházejte z dostupného vybavení laboratoře DZS (systém Inova)

b) Realizace experimentálního měření

- Proveďte sestavení měřicí sestavy v laboratoři DZS
- Realizujte měření na navržené sestavě pomocí systému TestControl
- Zaznamenejte poškození jednotlivých vzorků (příloha C)
- Vypracujte protokol o zkoušce (Příloha A)

c) Vyhodnocení experimentálního měření

- Statisticky vyhodnoťte experimentálně naměřená data
- Graficky prezentujte a vyhodnoťte naměřená data (příloha B)
- Porovnejte vzájemně výsledky vzorků

2 Současný stav poznání

2.1 Železniční trať

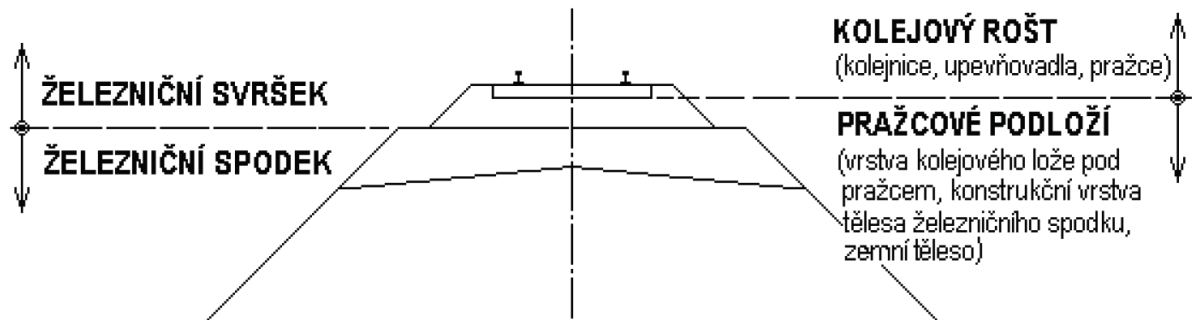


Obrázek 1: Pohled na železniční trať [20]

Ze stavebního hlediska rozdělujeme konstrukci železniční trati na železniční svršek a železniční spodek. Obecně lze železniční spodek definovat jako všechny konstrukce od kolejového lože směrem dolů až k původnímu rostlému terénu. Dále sem můžeme řadit konstrukce plnící nezbytné funkce umožňující bezpečný provoz a zmírňující negativní účinky na okolí trati. Železniční spodek zajišťuje polohu svršku, tedy geometrickou polohu koleje a přenášení sil od svršku do podloží, konkrétně na zemní pláň. Přenos sil nesmí pláň deformovat a geometrická poloha koleje musí být stálá po požadovanou dobu bez zásahů. Typ konstrukce, tvar a rozměry tělesa železničního spodku jsou určeny platnými předpisy (S4), normami, vzorovými listy a dalšími ustanoveními. [1,2]

Železniční svršek slouží k jízdě železničních vozidel. Má zajišťovat bezpečné vedení a přenášení statických i dynamických sil na železniční spodek. Je tvořen kolejnicemi upevněnými pomocí upevňovadel k podporám, které jsou usazeny v kolejovém loži, a drobným kolejivem. Kolejnice bývají uloženy zpravidla v úklonu 1:40 nebo 1:20, v kolejových rozvětveních bývají bez úklonu. Konstrukce svršku musí splňovat požadavky na hmotnosti železničních vozidel, maximální dovolené rychlosti jízdy a provozní zatížení. Železniční svršek musí umožňovat jednoduchou montáž, tedy být konstrukčně jednoduchý a tvořený co nejmenším počtem

součástí. Všechny součásti musí být snadno vyměnitelné a umožňovat korekci výškové i směrové polohy kolejnic. Životnost svršku má být co možná nejdéle s hospodárnou údržbou. Součásti svršku jsou kolejnice, kolejnicové podpory, upevňovací a drobné kolejiwo (spojky, podkladnice, vložky, svěrky, spony, šrouby, matice, podložky, vrtule, pružné kroužky), kolejové lože, případně deska pevné jízdní dráhy. [1, 3]



Obrázek 2: Rozdělení konstrukce železniční trati [2]

2.1.1 Konstrukční části železničního svršku

Železniční pražec je podporou kolejnice usazenou ve šterkovém loži. Jeho úkolem je přenos sil od kolejnice a udržování kolejnice ve správné poloze. Může být vyroben z ocele, dřeva nebo betonu v různých modifikacích v závislosti na jeho použití. Konkrétně typ B 91 S je betonový pražec s úklonem úložné plochy 1:40, je vyráběn ve více variantách pro různé typy kolejnic a jejich upevnění. Největší výhodou je jeho dlouhá životnost. Pro upevnění Vossloh a kolejnici 60 E2 se používá konkrétně typ B 91 S/1. Jedná se o betonový předepjatý pražec pro pružné bezpodkladnicové upevnění kolejnic firmy Vossloh s rozchodem 1435 mm.

Kolejnice je hlavní součástí svršku, vede dvojkolí a přenáší síly do podpor. Kolejnice jsou vyráběny z nízkolegovaných ocelí a s ohledem na jejich použití v různých tvarech. U elektrizovaných tratí plní také funkci zpětného vedení a je součástí obvodu zabezpečovacího zařízení. V rámci diplomové práce byla používána kolejnice typu 60 E2. Kolejnice s betonovými pražci v kolejovém loži je na obrázku č. 3, jedná se o úsek Choceň – Brandýs nad Orlicí, kde je použito pružné upevnění Vossloh. [3]



Obrázek 3: Železniční trať Choceň - Brandýs nad Orlicí [4]

Hlavní součástí pružného upevnění je pružná svěrka. V podstatě se jedná o silný drát požadovaných mechanických vlastností vytvarovaný do určitého tvaru. Například svěrka Vossloh Skl 14 je vyráběna z drátu tloušťky 13 mm. Svěrka je zasazena v úhlové vodící vložce a ramínky přitlačuje kolejnici k pražci. Svěrka je vyrobena z oceli 38Si7 a její materiálové charakteristiky jsou v tabulce č. 1. Zkoumané svěrky v této práci jsou Skl 14 a Skl 30. [3, 4, 5]

Označení oceli		Teplota kalení °C	Prostředí ochlazení	Teplota popouštění °C	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %	Z %	Nárazová práce při 20 °C KU J
Značka	Číselné označení	± 10 °C		±10 °C	min.		min.	min.	min.
38Si7	1.5023	880	voda	450	1150	1300 až 1600	8	35	18

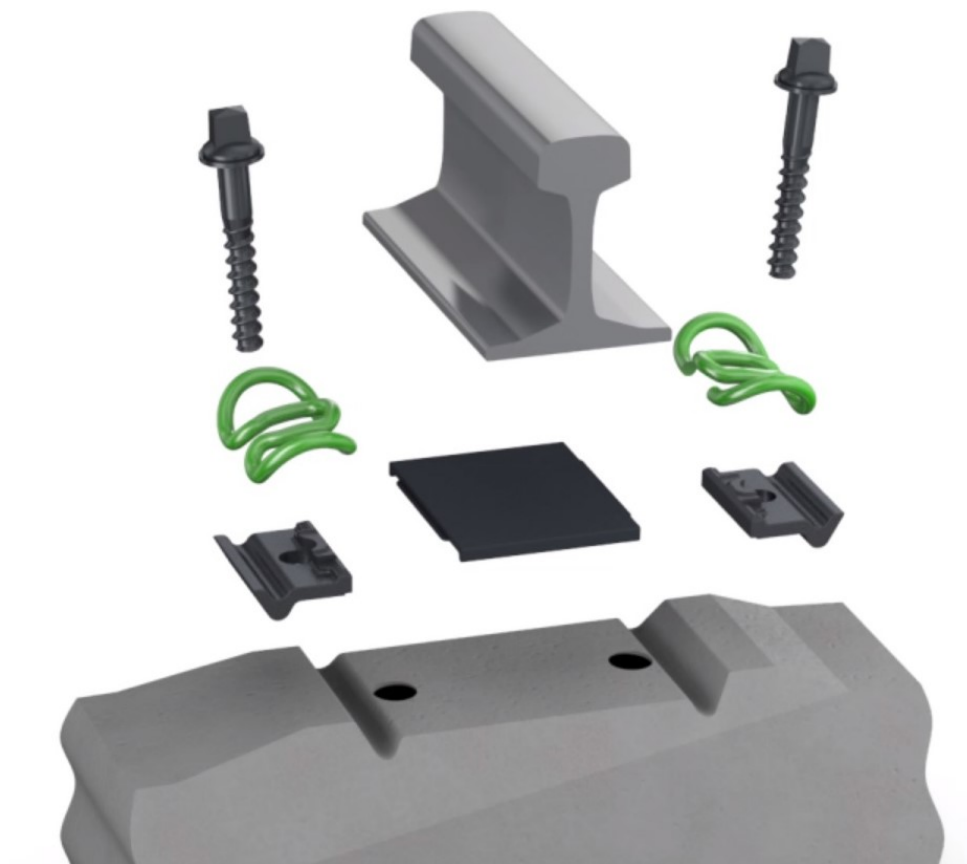
Tabulka 1: Materiálové charakteristiky svěrek [5]

Pryžová podložka pod patu kolejnice je další ze součástí. Jedná se o podložku vyráběnou z chloroprenové pryžové směsi. Umisťuje se mezi pražec a kolejnici a zvyšuje tak vzájemný koeficient tření. Pro sestavy Vossloh bývá obvykle v tloušťce 7 mm. Velikost podložky je cca

17 x 15 cm v závislosti na konkrétním typu. Jejím účelem je snižování dynamických účinků sil od vozidel, hluku, vibrací a opotřebení. Nečastější je pružná podložka WU – 7.

Úhlová vodící vložka slouží k rozložení sil mezi svěrkou a pražcem a udržuje svěrku ve správné poloze. Vyrábí se z polyamidu plněného ze 30 % sklem, což je velmi odolný a tvrdý materiál s dobrou tlumící schopností. Pomocí úhlových vodících vložek lze také měnit rozchod koleje. V upevnění W 14 je používána vložka Wfp – 14K.

Další součásti jsou například vrtule. Jedná se v podstatě o šroub, kterým se přitahuje svěrka k pražci. Vrtule je vybavena v místě kontaktu se svěrkou podložkou. Pro zašroubování vrtule je v pražci vložena hmoždinka. V sestavě W 14 se používá vrtule R1 s podložkou a hmoždinka PA 744. Podložka Uls 7 bývá pevně napertlovaná na vrtuli. Jednotlivé součásti pružného upevnění jsou na obrázku č. 4. Pružné upevnění jedné kolejnice k pražci se skládá ze dvou pružných svěrek, dvou úhlových vložek, pryžové podložky a dvojice vrtulí s podložkami. [3, 4]

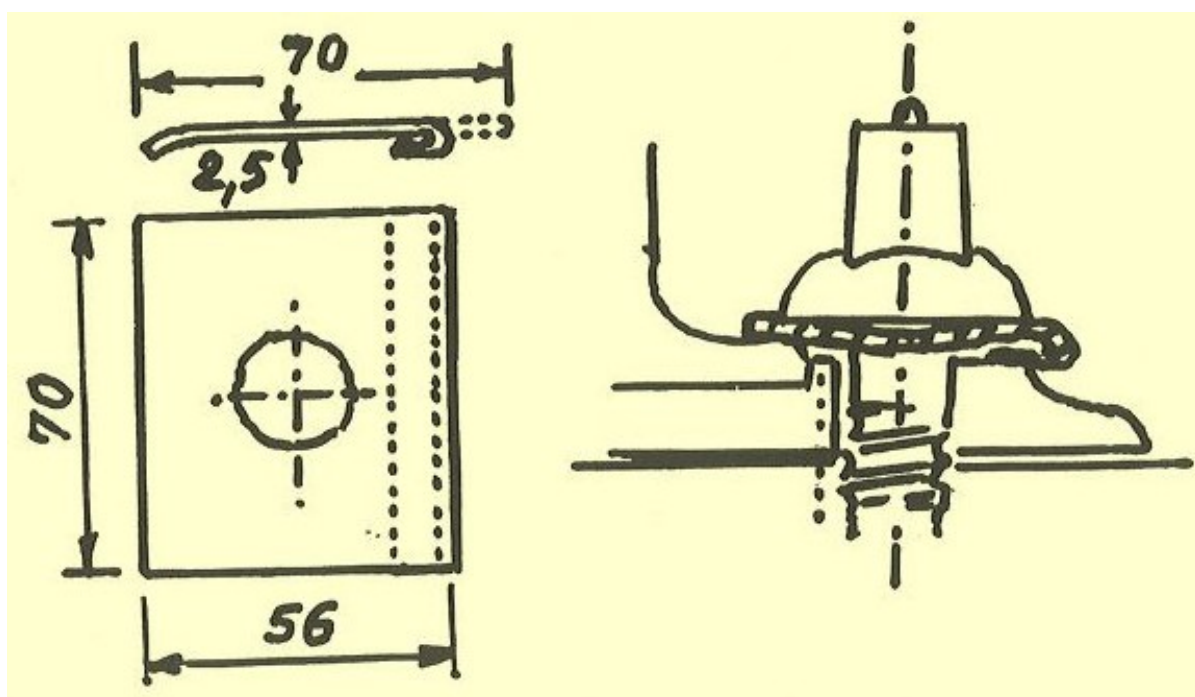


Obrázek 4: Pružné bezpodkladnicové upevnění Vossloh W 14 [8]

2.2 Pružné upevnění

2.2.1 Historie pružného upevnění

Dříve byla kolejnice upevňována k pražci tuhým spojem například pomocí tuhých svěrek. Kolejový rošt je však v rámci provozu kolejových vozidel namáhán dynamicky, což způsobuje postupné uvolňování upevnění. Z tohoto důvodu bylo potřeba přijít s řešením, které by se v čase nepovolovalo a zároveň poskytovalo požadovanou přitlačnou sílu a nebyla potřebná tak častá údržba. Většina evropských železnic se tak zabývala vývojem pružného upevnění od první poloviny dvacátého století. U nás se vývojem zabýval například prof. Ing. Emil Mašík z VUT Brno. Ten si nechal svůj patent zapsat v roce 1910 u rakouského patentového úřadu. Jednalo se o tzv. Mašíkův plíšek. Byl to zahnutý ocelový plech tloušťky 2,5 mm, který plnil onu pružnou funkci s přitlačnou silou 3 – 4 kN. Mašíkův plíšek byl používán v Rakousku-Uhersku i v zahraničí. Na začátku druhé poloviny dvacátého století se u nás začala používat bezстыková kolej, kde má pružné upevnění obzvlášť velký význam. Z toho důvodu se zvyšoval i výskyt pružného upevnění. Koncem dvacátého století se tehdejší správa železnic zajímala intenzivně o pružné upevnění. Upevnění firmy Vossloh se v České republice začalo používat od roku 1992. Mezi další výrobce patří Pandrol a Stedef. Upevnění Pandrol se též používá v České republice, konkrétně se jedná o typ FC (Fastclip). V současné době je na území ČR montován systém Vossloh W 14. [6, 7]



Obrázek 5: Mašíkův plíšek [7]



Obrázek 6: Starší upevnění KS se svěrkou Skl 24 na pražci SB 8P [6]

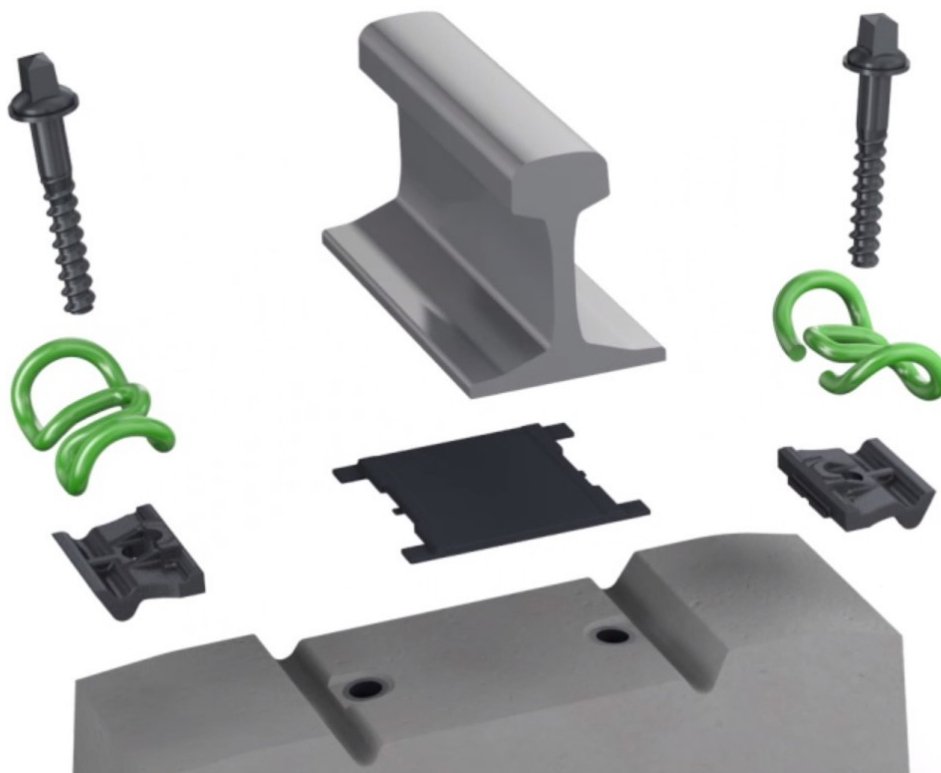
2.2.2 Vlastnosti a typy upevnění Vossloh

Zkoušený systém W 14 je bezpodkladnicové upevnění umožňující měnit rozchod koleje výměnou plastových vložek v rozsahu ± 15 mm v krocích po 2,5 mm. Při zdvihu svěrky 13 mm se svěrná síla pohybuje okolo 10 kN. V případě extrémního namáhání může dojít k opření paty kolejnice o nos svěrky, jedná se o tzv. druhotnou tuhost upevnění. Maximální osové zatížení je 26 tun. Minimální poloměr oblouku v kombinaci s betonovými pražci je 150 metrů. Upevnění je možno použít na běžných tratích s rychlostí do 250 km/h a je homologováno i pro použití na vysokorychlostních tratích s rychlostí vyšší než 250 km/h. Jedná se o nejrozšířenější systém, který je použit na více než 80 000 km tratí po celém světě. Systém byl vyvinut v osmdesátých letech minulého století a poprvé použit v Německu. [8, 9]



Obrázek 7: Upevnění Vossloh W 14 [4]

Druhý zkoušený systém W 30 HH je určený pro tratě do rychlosti 160 km/h s vyšší zátěží, to znamená s větším zatížením na nápravu, ale i s větším počtem přepravených tun za rok. Osobné zatížení může být až 35 tun. Bezpečnou jízdu umožňuje i v extrémních podmínkách s teplotami – 60 až + 50 stupňů Celsia. Používá se v zatížených obloucích o poloměru 150 až 500 metrů a nabízí změnu rozchodu koleje v rozsahu ± 10 mm. [10, 11]



Obrázek 8: Upevnění Vossloh W 30 HH [10]

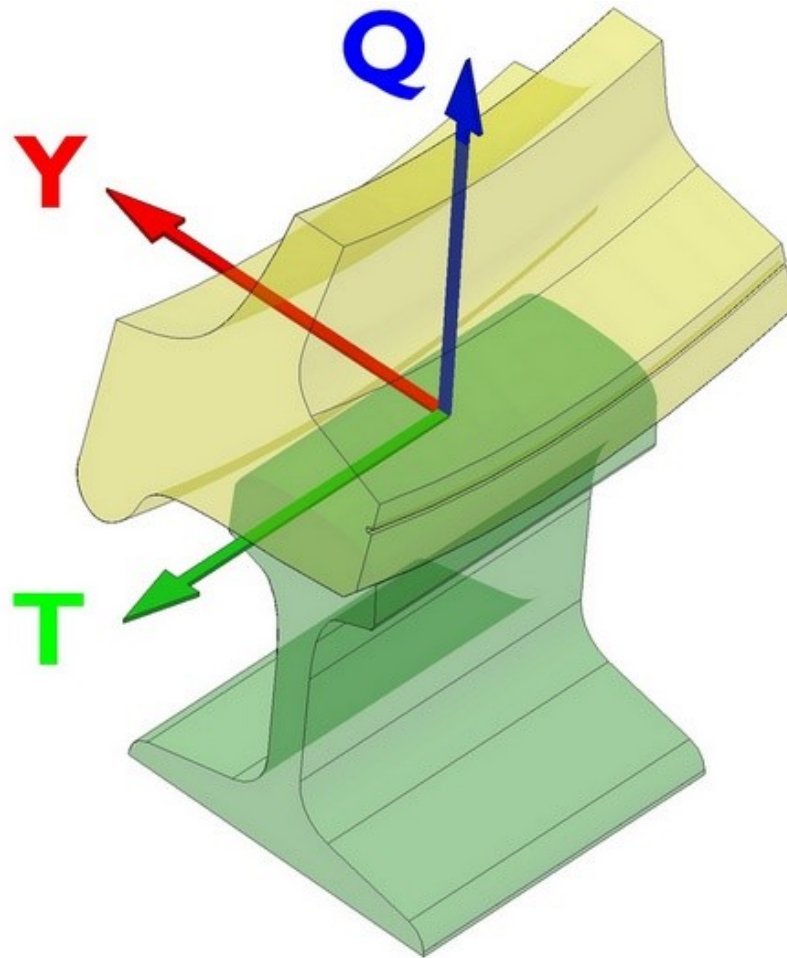
V místech s nežádoucí mírou vibrací a hluku, tedy hlavně v intravilánu a v blízkosti obydlených oblastí, se může použít typ E 14. Ten je složitější než systému W 14, liší se použitím vysoce pružné podložky a ocelové roznášecí desky. Pro oblasti tratí s oblouky malých poloměrů je nabízeno upevnění W 21. Další možností je systém DFF 300, který se používá na pevné jízdni dráze a na ocelových i betonových mostech. Typů upevnění je ale daleko více, a právě na jejich množství je vidět, jak vývoj pružného upevnění pokročil. [3]



Obrázek 9: Upevnění DFF 300 používané na mostech [6]

2.2.3 Síly působící na pružné upevnění

Mezi nejvýznamnější síly působící na pružné upevnění patří především síly od železničních vozidel. Jedná se o svislé kolové síly Q , příčné vodící síly Y a podélné síly T_x . Z hlediska trati jejich vlastnosti ovlivňuje trasování koleje, kvalita svršku, rozchod a další parametry trati. Dále vlastnosti závisí na vlastnostech konkrétních vozidel, jedná se hlavně o jejich hmotnost a rychlost jízdy. Upevnění má za úkol těmto silám odolat tak, aby nedocházelo ke změně geometrických parametrů koleje. Špatné GPK budí vyšší dynamické odezvy vozidla a dochází tak rychleji ke zhoršování GPK. Při vyšších odchylkách GPK může zároveň dojít k vykolejení vozidla. [3]



Obrázek 10: Síly působící mezi kolem a kolejnicí [19]

Na geometrické parametry koleje působí nepřímo i osová síla v dlouhém kolejnicovém pasu (bezстыková kolej) vyvolaná zejména dlouhotrvající změnou teploty kolejnice. Nejnebezpečnější změnou geometrické polohy je náhlé vybočení bezстыkové koleje. Bezстыková kolej je kolej tvořena klasickými kolejnicovými pásy, které jsou k sobě svařeny, jedná se tedy o velmi dlouhý kolejnicový pás, kterému není umožněna dilatace a v důsledku toho s rostoucí teplotou roste i napětí. Bezстыkovou kolejí se rozumí úsek delší než 150 m. Náhlé vybočení bezстыkové koleje je způsobené nedostatečnou přítláčnou silou působící na patu kolejnice. V obloucích zejména malého poloměru dochází k dalšímu namáhání vyvracením kolejnice, to je způsobené vodíci silami od projíždějících vozidel a vznikem normálových napětí.

Vzhledem k působícím silám od projíždějících vlaků a napětí v kolejnici způsobenému měnící se teplotou se upevnění opotřebovává. Zejména ve směrových obloucích dochází k většímu opotřebování a také k nerovnoměrnému opotřebování, kdy úhlová vodící vložka na vnější

straně je výrazně více poškozena než vložka na vnitřní. Je tedy důležité udržovat správné GPK a stejně tak na trati provozovat vozidla s pojezdem bez vad.

Pružné upevnění, plnicí správně požadovanou funkci, výrazně snižuje dynamické účinky způsobené vozidly přenášené do drážního svršku, omezuje napětí v jednotlivých částech konstrukce, má pozitivní vliv na opotřebování komponent železničního svršku a stálost geometrických parametrů koleje v čase. Upevnění přidržuje kolejnici svěrnou silou, která působí na patu kolejnice a je jí dosaženo díky utažení vrtule na předepsaný moment. Utažovací moment se pohybuje nejčastěji mezi 180 – 220 Nm. [3]

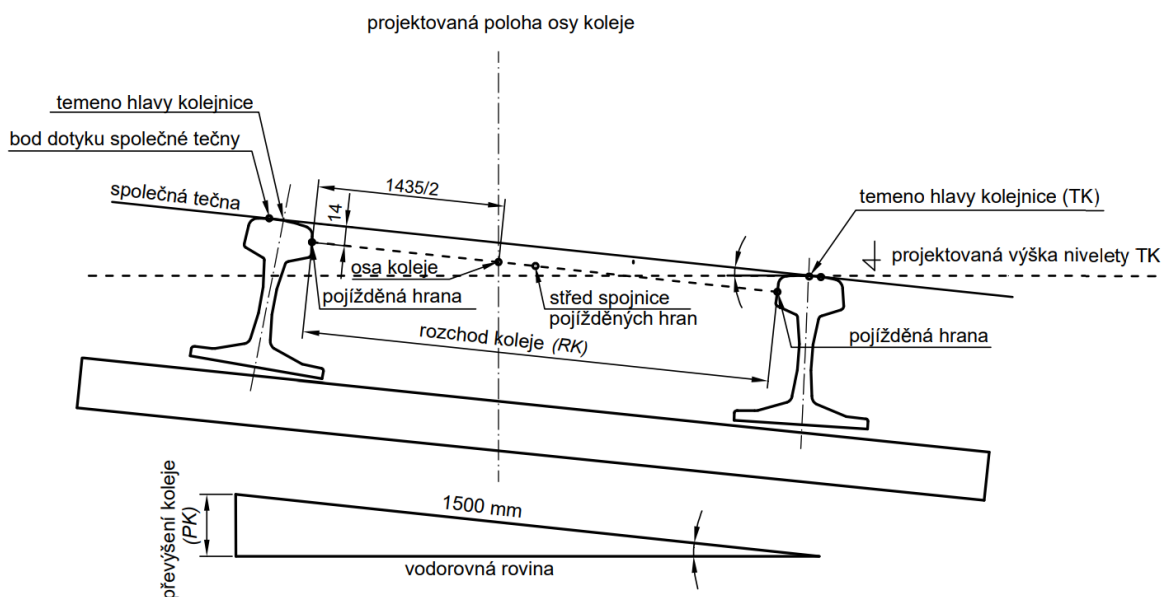
2.3 Geometrické parametry koleje

Geometrické parametry koleje (GPK) lze rozdělit na konstrukční uspořádání koleje, geometrické uspořádání koleje a prostorovou polohu koleje. Konstrukčním uspořádáním koleje rozumíme rozchod koleje, vzájemnou výškovou polohu kolejnicových pásů (převýšení, sklon vzestupnice, vzájemný sklon kolejnicových pásů – zborcení koleje). Geometrickým uspořádáním koleje rozumíme její směr, podélnou výšku a podélný sklon. Prostorovou polohou koleje se rozumí osa a niveleta.

Osa koleje je osa ležící na spojnici pojížděných hran protilehlých kolejnicových pásů, pojížděná hrana se nachází 14 mm pod temenem kolejnice. Mezi pojížděnými hranami se také měří rozchod koleje, který je v ČR standartně 1435 mm. Ve směrových obloucích se rozchod někdy mění tak zvaným rozšířením rozchodu koleje. Poloměr oblouku vnitřního kolejnicového pásu se zmenší a vzdálenost vnitřního kolejnicového pásu od osy koleje se zvětší o příslušnou hodnotu rozšíření rozchodu. To lze provádět změnou uhlových vodících vložek.

Niveleta ať už koleje nebo temene kolejnicového pásu udává výšku v příslušném souřadnicovém systému. Niveleta koleje se nachází v místě průsečíku osy symetrie kolejnicového profilu s pražcem, konkrétně jeho úložnou plochou pod nepřevýšeným kolejnicovým pásem. Niveleta temene kolejnicového pásu se nachází na temeni hlavy nepřevýšené kolejnice.

Vzájemnou výškovou polohou kolejnicových pásů rozumíme rozdíl v jejich výškách, jedná se především o převýšení, které se zřizuje ve směrových obloucích nebo vzájemný sklon v místě vzestupnice (případně zborcení koleje). Výše zmíněné parametry koleje jsou na následujícím obrázku. [12, 13]



Obrázek 11: Geometrické parametry koleje [13]

Směrem koleje rozumíme její orientaci vůči okolí a vztahnému souřadnicovému systému, může být v přímé, ve směrovém oblouku nebo přechodnici. Podélná výška a podélný sklon určují výšku koleje vzhledem k souřadnicovému systému a zda je kolej ve stoupání, klesání, vodorovné poloze nebo výškovém oblouku.

Bližší specifikace všech výše zmíněných geometrických parametrů koleje je uvedena v normě ČSN 73 6360-1. [12, 13]

2.4 Vady pružného upevnění

Stejně jako všechny ostatní části má i pružné upevnění svou životnost. Předpokládána je výměna 2x – 3x během období zhruba 80 let, mění se i šterkové lože, kolejnice a další drobné kolejivo. To je z důvodu zachování všech původních parametrů koleje. Během životnosti se musí provádět pravidelná údržba a opravy GPK.

Výrazný dopad na životnost upevnění mohou mít provozní vady pojížděných ploch kolejnic. Jedním z velmi negativních dopadů na životnost svěrek jsou úseky se skluzovými vlnami, svěrky v takovém místě mají několikanásobně nižší životnost než svěrky ležící ve stejné koleji v části bez skluzových vln. Skluzové vlny mají za následek zvýšení frekvence pohybu kolejnic vůči vodícím vložkám. Tím dojde ke zvýšení opotřebování dosedacích ploch vodících vložek a kolejnic. Opotřebením dojde ke zvětšení bočního pohybu pat kolejnic nad hodnoty únavového limitu svěrky a následně k únavovému lomu. Ramena svěrek se v důsledku

skluzových vln více opotřebovávají, s úbytkem materiálu dochází i k poklesu držečné síly. Příklad únavové poruchy je prasklé rameno svěrky na obrázku č. 12 jednoho ze zkoumaných vzorků. K většímu opotřebovávání svěrek dochází i v obloucích, zde záleží hlavně na rozložení sil od projíždějících vozidel. Pokud vozidla projíždí s přebytkem nebo naopak s nedostatkem převýšení, jeden z kolejnicových pásů je více namáhán. Vodící síla může také vyvíjet normálové napětí v kolejnici, které následně vyvrací kolejnici z polohy. Dalším problémem svěrek může být koroze, v místech křížení s pozemními komunikacemi se k upevnění dostává posypová sůl, která vyvolává korozi upevnění. [3, 4, 14]



Obrázek 12: Prasklé rameno svěrky vzorku V07, únavová porucha

U pryžových podložek dochází stejně jako u svěrky k úbytku materiálu. Ztenčená podložka následně neplní dobře tlumící funkci a dynamické účinky sil mají větší dopad na celou konstrukci. Menší tloušťka podložky může snížit i svěrnou sílu upevnění. Vlivem zatěžování dochází i k omačkávání podložky a jejímu natrhnutí.

U úhlových vodících vložek dochází k opotřebování a vzniku vad v místě kontaktu s kolejnicí. Pata kolejnice se časem zatlačuje do boku vložky. Tento jev je umocněn ve směrových obloucích, když se vodící síla přenáší až na plochu kontaktu vložky s patou kolejnice. V literatuře [3] se pro úhlovou vodící vložku Wfp – 14K uvádí hodnota zatlačování a trvalé deformace vlivem vodící síly 0,3 mm/rok. [3, 4, 14]

3 Experimentální měření

3.1 Předmět měření

Předmětem měření bylo pružné upevnění firmy Vossloh. Jedná se o upevnění W 14 a W 30 HH. Celkem bylo zkoušeno 18 použitých a 4 nové vzorky. Jedná se o upevnění kolejnice 60 E2 k pražci B 91 S/1.



Obrázek 13: Zkouška pružného upevnění Vossloh W 14

Upevnění W 14 se skládá ze svěrky Skl 14, pryžové podložky WU – 7 a úhlové vodící vložky Wfp – 14K. Pryžová podložka se dá případně zaměnit za jiný typ, při měření nových vzorků byly použity i jiné typy viz tabulka č. 2. V tabulce je uvedeno i místo použití vzorků.



Obrázek 14: Upevnění W 14, vzorek V13

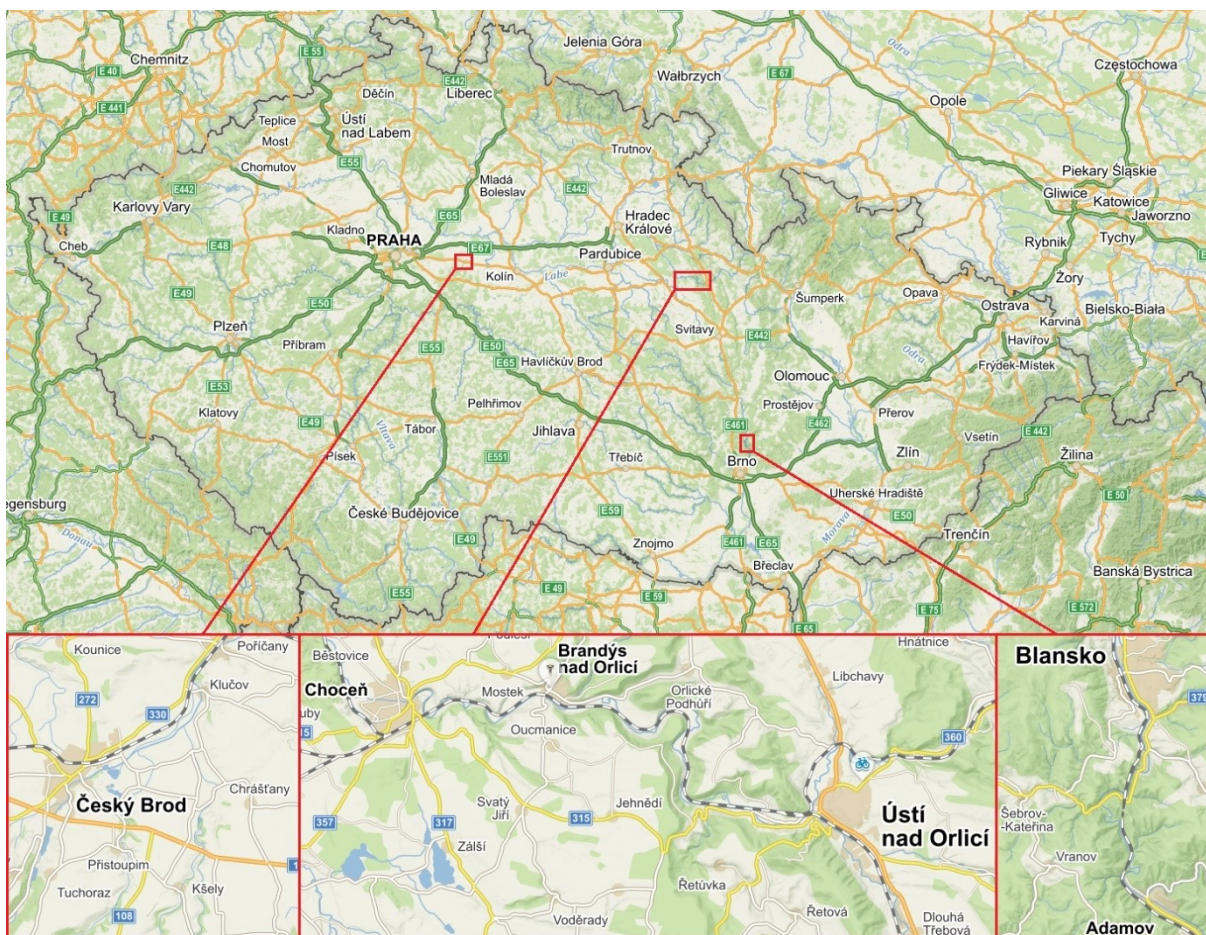
Upevnění W 30 HH se skládá ze svěrky Skl 30, pryžové podložky Zw 148/175/7 a úhlové vodící vložky Wfp – 30K. V tabulce č. 2 je uvedeno místo použití vzorků.



Obrázek 15: Upevnění W 30 HH, vzorek V16

Vzorek číslo	Upevnění	Svěrka	Podložka	Úhlová Vložka	Stav	Poznámka
1.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
2.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
3.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
4.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
5.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
6.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
7.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, pravý vnitřní pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
8.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, pravý vnitřní pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
9.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, pravý vnitřní pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
10.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
11.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
12.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
13.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)
14.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)
15.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)
16.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	použité	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1
17.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	použité	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1
18.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	použité	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1
19.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	nové	-
20.	W14	Skl 14	KSK Belt	Wfp - 14 K	nové	-
21.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14 K	nové	-
22.	W14	Skl 14	Zw 687a	Wfp - 14 K	nové	-

Tabulka 2: Přehled součástí vzorků a jejich použití v trati



Obrázek 16: Zvýrazněné úseky v mapě, kde byly vzorky použity [21]

V rámci měření byl proveden záznam poškození již použitých vzorků v trati. Tyto záznamy jsou přiloženy v příloze C této práce. V záznamech jsou pro každý vzorek uvedeny jeho části a jejich poškození. U svěrky byla měřena délka stykové plochy s kolejnicí a průměr drátu kousek od jeho volného konce. V případě podložky byla zjištěna její tloušťka a případné trhliny a další vady. U úhlových vložek byla změřena hloubka drážky vytlačené kolejnicí. Příklad listu záznamu poškození je na obrázku č. 17. Další obrázek č. 18 zobrazuje vzorek před zkouškou, je patrné opotřebování (poškození) součástí vzorku. Více fotografií z realizace experimentálního měření je v příloze D – Fotodokumentace.

Vzorek č.: <i>V13/V13 ot</i>	typ (součásti): <i>W14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: <i>1) 10,24 9,52 2) 11,60 10,14</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 11,97 12,14 2) 12,04 12,15</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: <i>• z jedné strany v místě žebra zcela odlehle roztržena • Na opačné straně tenčí odtržena v místě žebra (zbylá 11,3 mm) na této straně zcela odtržena 1 roh • z první strany má ještě 3 žebra trhlina nastřížena 3/4 délky (do 1 mm šířky)</i>	tloušťka podložky: <i>6,06 / 6,15</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): <i>1) - 0,79 mm 2) - 0,90 mm</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V14/V14 ot</i>	typ (součásti): <i>W14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: <i>1) 9,99 8,78 2) 8,39 8,44</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 12,16 12,05 2) 12,70 12,42</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: <i>• Na straně od válce dále odtrženy oba rohy • Podložka omáčkovaná (2 mm dlouhá; do 0,5 mm) • na větší straně - žebro → trhlina zhruba uprostřed</i>	tloušťka podložky: <i>6,14 / 6,17</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): <i>1) - 0,44 mm 2) - bez drážky</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V15</i>	typ (součásti): <i>W14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: <i>1) 9,46 9,20 2) 8,87 9,30</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 12,60 12,41 2) 12,56 12,49</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: <i>• Podložka omáčkovaná; od válce dále utřené oba rohy</i>	tloušťka podložky: <i>6,58 / 6,48</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): <i>1) - 0,09 mm 2) - 0,17 mm</i>	
Poznámky:	

Obrázek 17: List záznamu poškození vzorků



Obrázek 18: Vzorek V13 před zkouškou

3.2 Testování vzorků

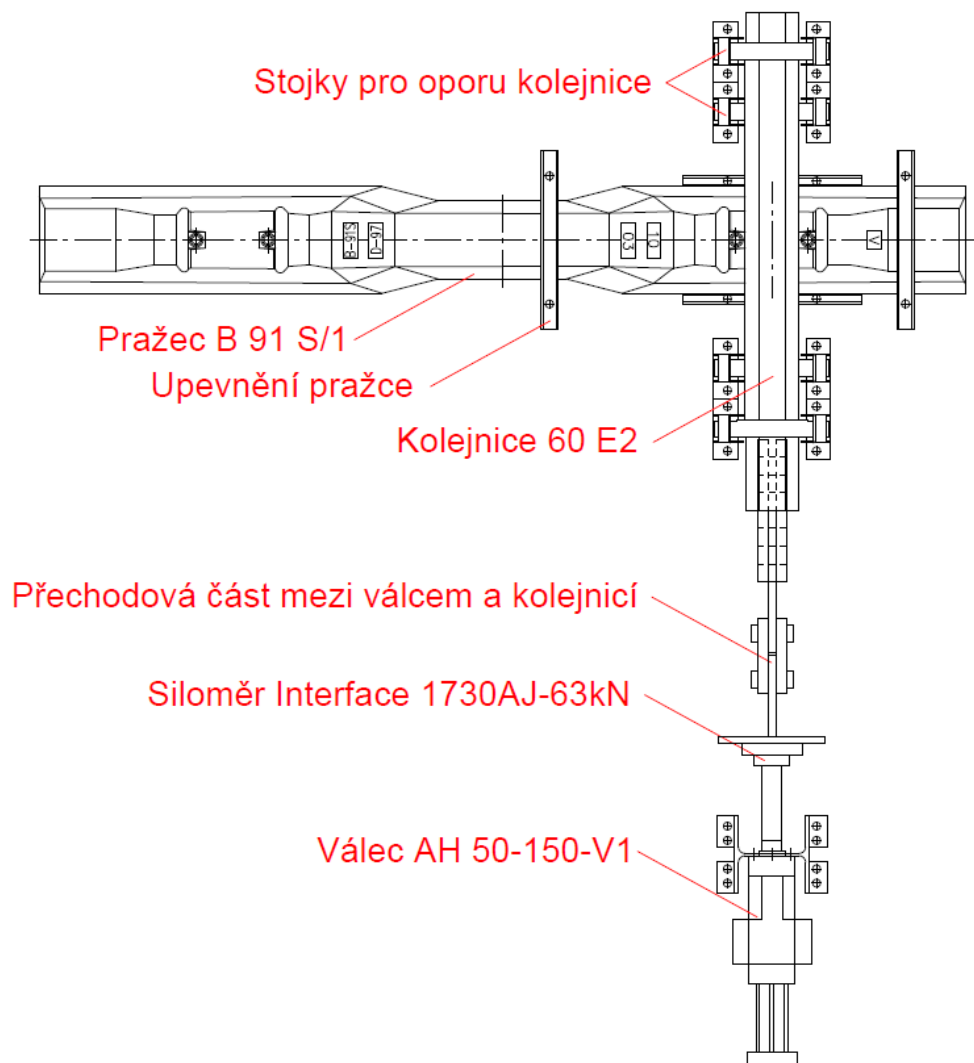
Každý vzorek byl testován stejným způsobem při stejné rychlosti posunu kolejnice, což je podrobně popsáno v kapitole č. 3.2.2 Zkouška pružného upevnění. Kolejnice byla během testu tažena i tlačena. Testy byly prováděny za účelem zjištění potřebné síly pro posunutí kolejnice v konkrétním upevnění s konkrétním zaznamenaným opotřebením. Zjišťovaná síla reprezentuje odpor proti posunutí kolejnice v upevnění. Testování probíhalo v laboratoři dynamického zkušebního stavu Výukového a výzkumného centra v dopravě (VVCD) Univerzity Pardubice. Zkoušení vzorků bylo realizováno za použití systému INOVA, kterým je laboratoř vybavena. Celá sestava se skládala z hydroagregátů, rozvodu oleje, napaječe, přípojné desky, servoventilů, válce a upínacího pole. Součástí práce je také protokol obsahující informace o testování a naměřená data, jedná se o přílohu A – Protokol o zkoušce.



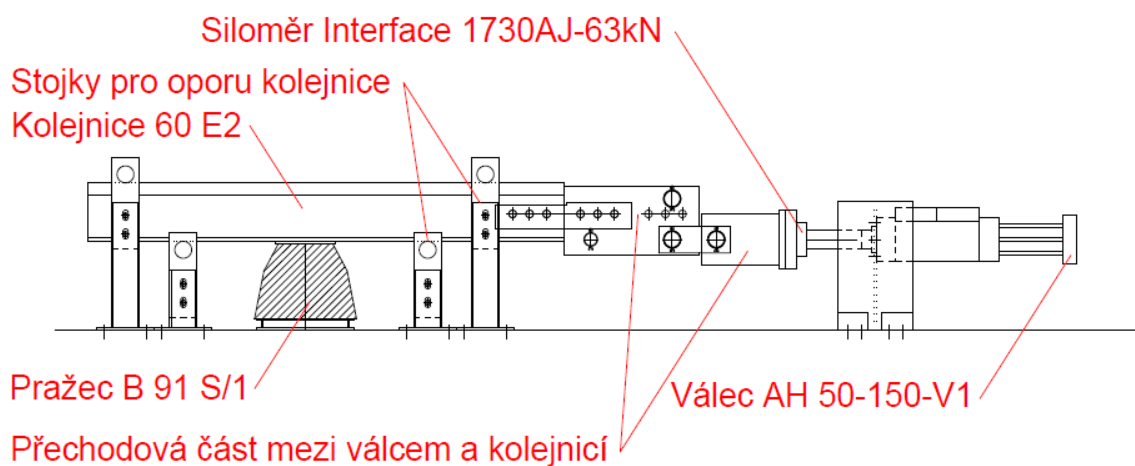
Obrázek 19: Dynamický zkušební stav VVCD [15]

3.2.1 Zkušební sestava

Zkušební sestava byla navrhována v programu AutoCAD. Následující dva obrázky zobrazují pohled shora a pohled z boku na navrženou sestavu s popisem jednotlivých důležitých částí.

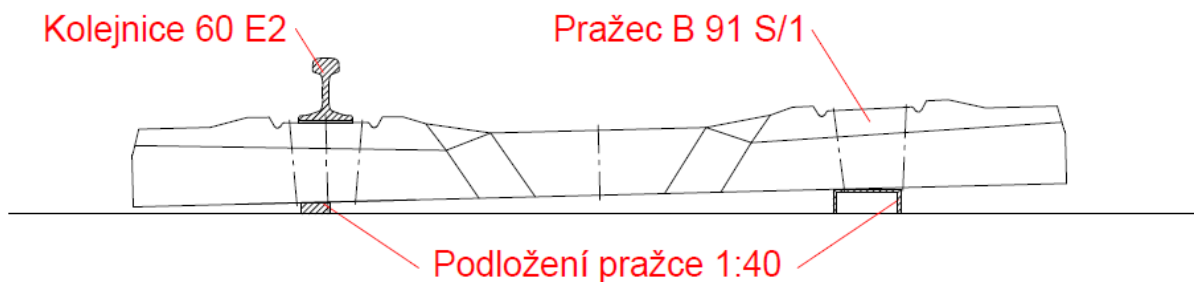


Obrázek 20: Návrh sestavy v programu AutoCAD, pohled shora



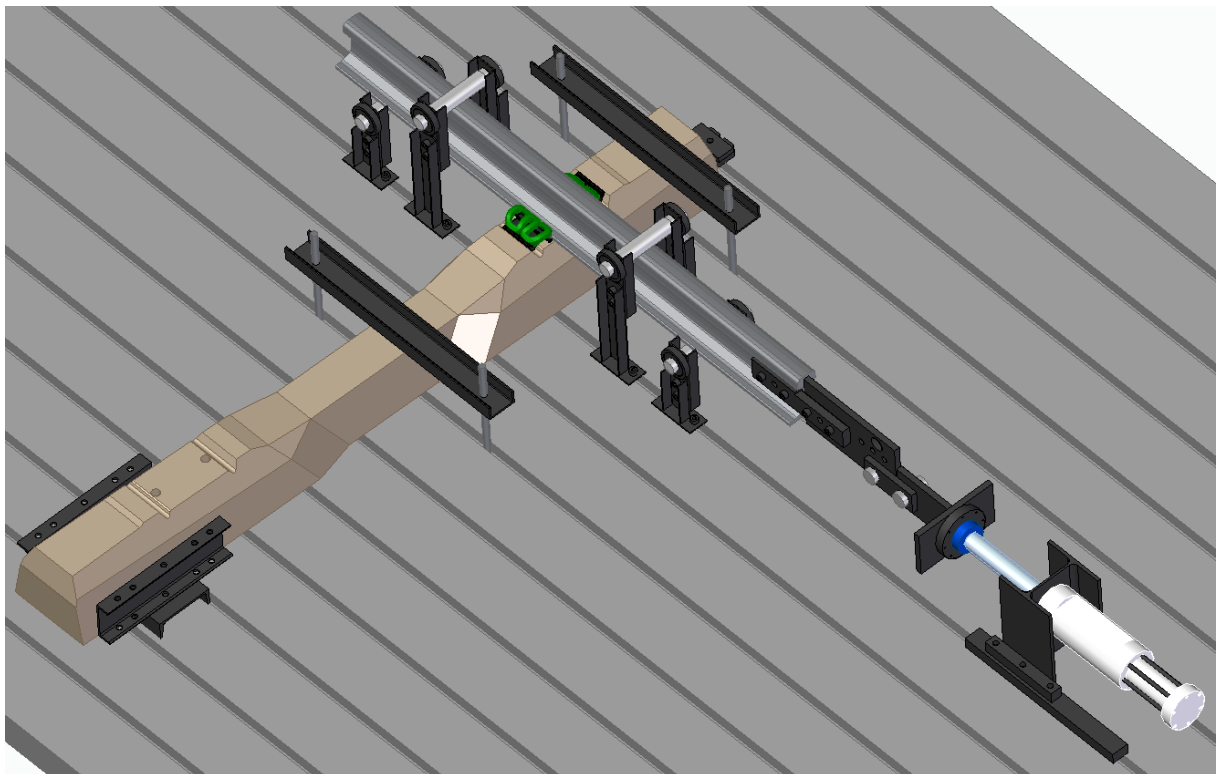
Obrázek 21: Návrh sestavy v programu AutoCAD, pohled z boku

Z důvodu ukloněné úložné plochy na pražci, byl pražec nakloněn ve stejném poměru 1:40 v opačném smyslu. To bylo provedeno z důvodu, aby byla pata kolejnice vodorovně a svislá osa symetrie kolejnicového pásu kolmá na upínací pole. Tím byly vyloučeny všechny nežádoucí vlivy, které by ukloněná kolejnice vůči válci mohla způsobovat a z konstrukčního hlediska se tato varianta jevila taky jednodušejší. Na obrázku č. 22 je návrh uklonění pražce přímo z programu AutoCAD.

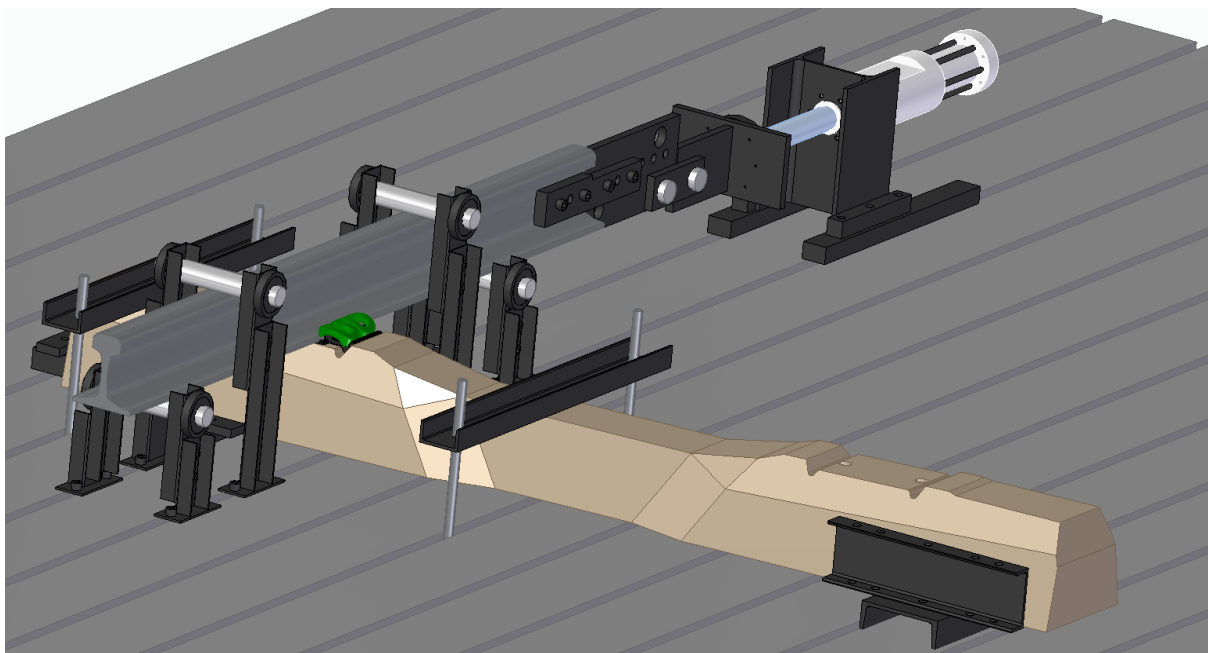


Obrázek 22: Schéma uklonění pražce vůči upínacímu poli

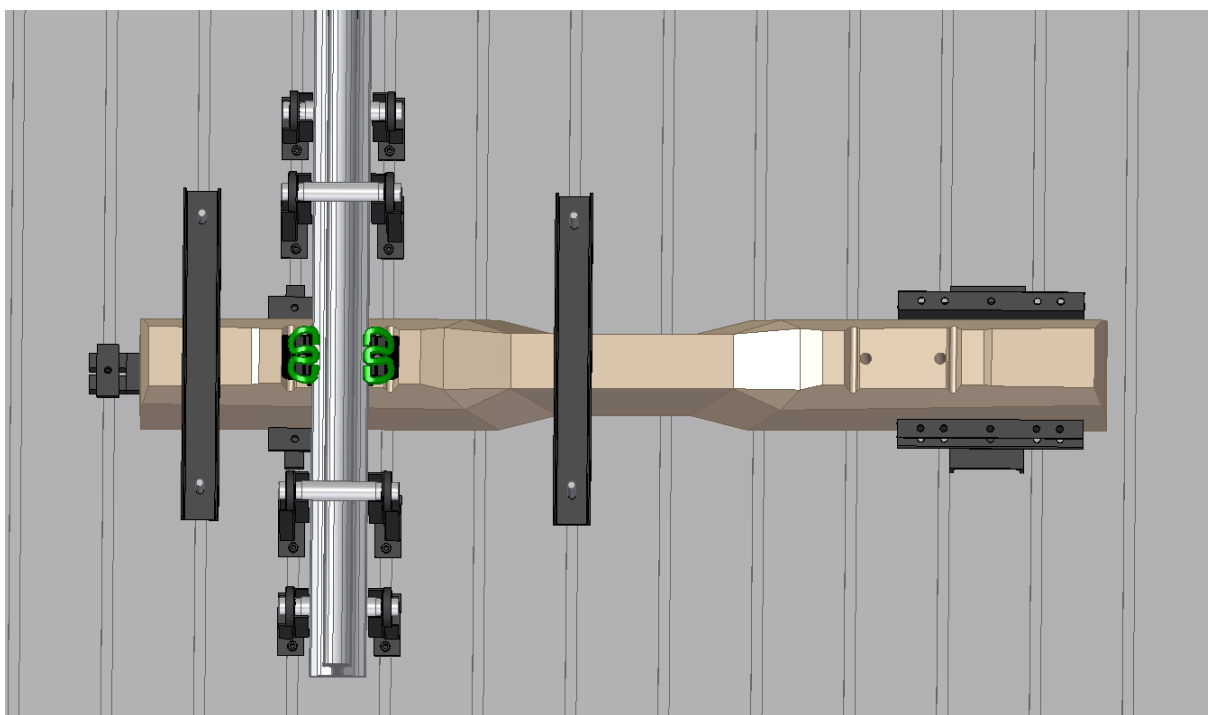
Následně byla sestava také zpracována do 3D modelu v programu Solid Edge. Několik pohledů na sestavu ve 3D je na následujících obrázcích.



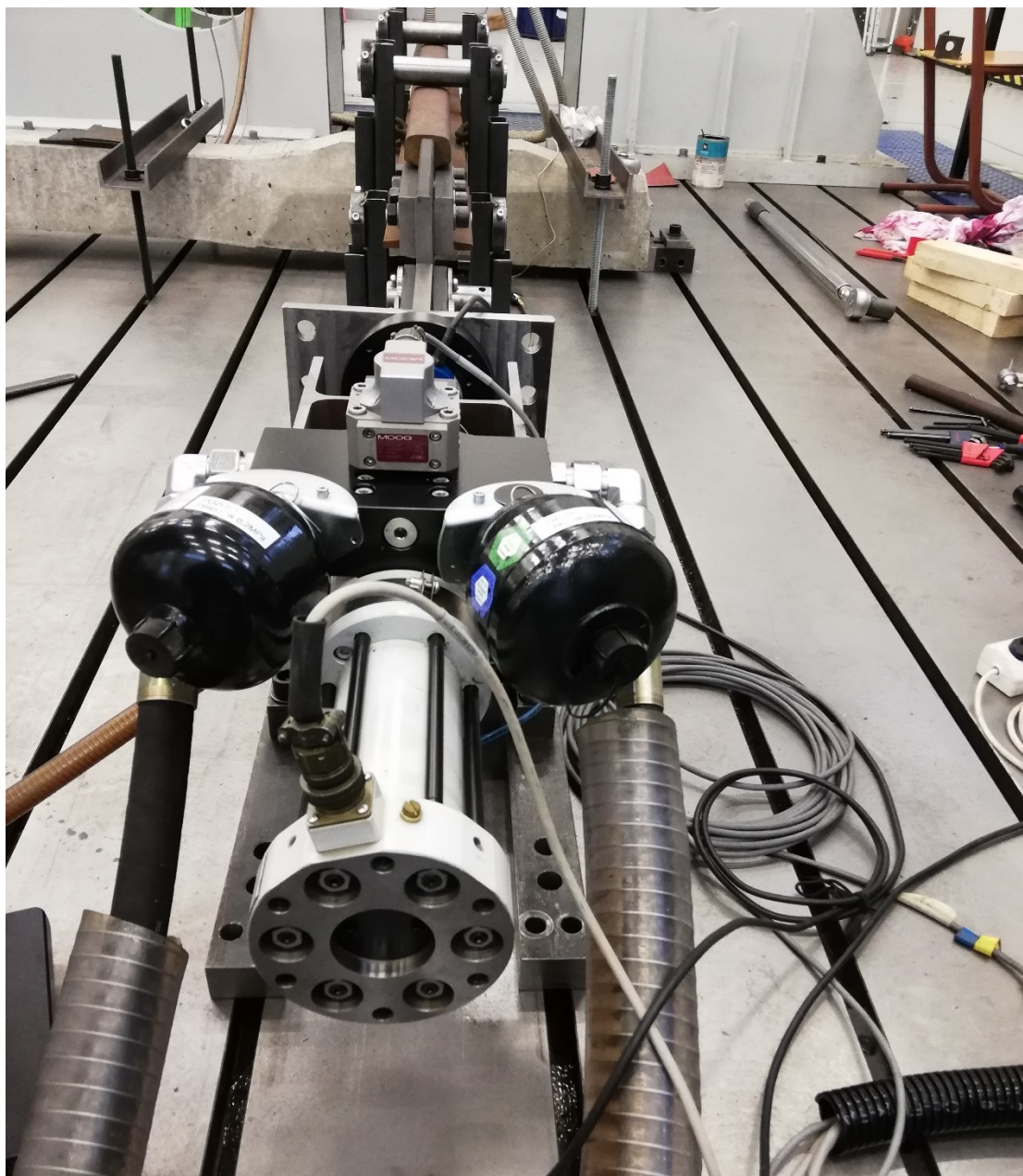
Obrázek 23: Pohled na 3D model sestavy ze strany od válce (Solid Edge)



Obrázek 24: Pohled na 3D model sestavy proti válci (Solid Edge)

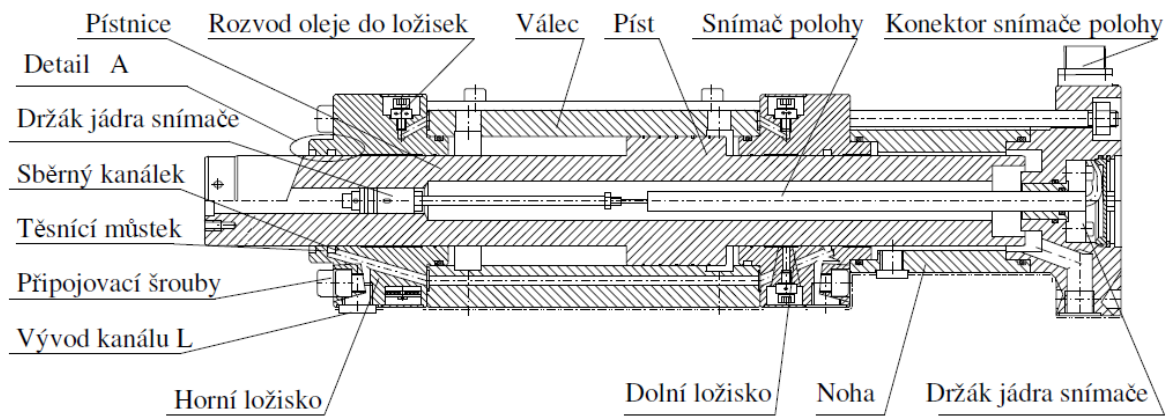


Obrázek 25: Pohled shora na 3D model sestavy v Solid Edge



Obrázek 26: Zkušební sestava INOVA

Hlavní částí sestavy byl válec AH 50 – 150 – V1, jedná se o přímočarý hydromotor pro kvazistatické a dynamické zatěžování. Válec má hydrostatická ložiska s polyamidovým potahem a je schopen vyvinout sílu 50 kN a pohybovat pístem v rozmezí 150 mm. Válec je bez stíracích kroužků (zapojeno bylo odsávací čerpadlo). Ovládání zkoušky je prostřednictvím počítačového programu TestControl. Pro řízení byl použit servoventil Moog připojený k SCA desce, ke které byly připojeny přívodní hadice a hydropneumatické akumulátory. V pístnici hydromotoru se nachází indukční snímač polohy. Na dalším obrázku je průřez válcem AH.



Obrázek 27: Řez hydromotorem AH [16]

Dále byla sestava vybavena siloměrem INTERFACE model 1730AJ-63KN. Kapacita siloměru je 63 kN. Siloměr byl připojen k pístnici válce. Z druhé strany byl připojen k přechodové části sestavy tvaru T, která dále přenáší sílu na táhlo s čepem, které vyrovnává případnou excentricitu od osy působení síly v kolejnici. Za táhlem následovala přechodová deska s upevněním ke kolejnici. Samotný válec byl upevněn na profilu HE - A, který byl připevněn k upínacímu poli. Kolejnice 60 E2 byla dále připojena pomocí zkoušeného pružného upevnění k pražci B 91 S/1. Proti případnému nežádoucímu pohybu byla kolejnice zajištěna z horní i spodní strany stojkami vybavenými válci s ložisky. Tyto stojky díky ložiskům nekladly kolejnici v podélném směru znatelný odpor. Pražec byl zajištěn proti pohybu ve všech osách. Poslední součástí byl posuvný snímač polohy Novotechnik T150, který byl připojen ke kolejnici na opačné straně od válce.

3.2.2 Zkouška pružného upevnění

Před zahájením jednotlivých zkoušek byla vždy sestava prohlédnuta včetně nastavení snímače polohy a zkontrolování hodnot v softwaru. Vrtule přitahující upevnění byly vždy dotaženy na moment 200 Nm.

Před zahájením ostrých trestů byla zkušební sestava testována na upevnění stejného typu. S přihlédnutím k normě [17], která udává rychlost nárůstu síly, byla postupně upřesněna rychlost posunu. Udávaná rychlost normou je 10 ± 5 kN/min. Zkouška nemohla být řízena silou, protože po dosažení potřebné síly k posunu kolejnice by musela skončit nebo by mohla síla dále růst případně zůstat konstantní. Záměrem však bylo získat časový vývoj síly při konstantním posunu. Výsledná navržená rychlost posunu byla 0,058 mm/s, to odpovídalo podle provedených testů požadovanému nárůstu síly dle normy. Nárůst síly nebyl po celou dobu konstantní a pro jednotlivé vzorky zcela stejný, jeho hodnota se ale pohybovala v

normou požadovaných mezích. Na obrázku č. 28 je detail nárůstu síly vzorku č. V05. Vypočítaná rychlost nárůstu síly do prvního poskočení je pro tento vzorek 7,3 kN/min, což odpovídá požadovanému rozsahu.



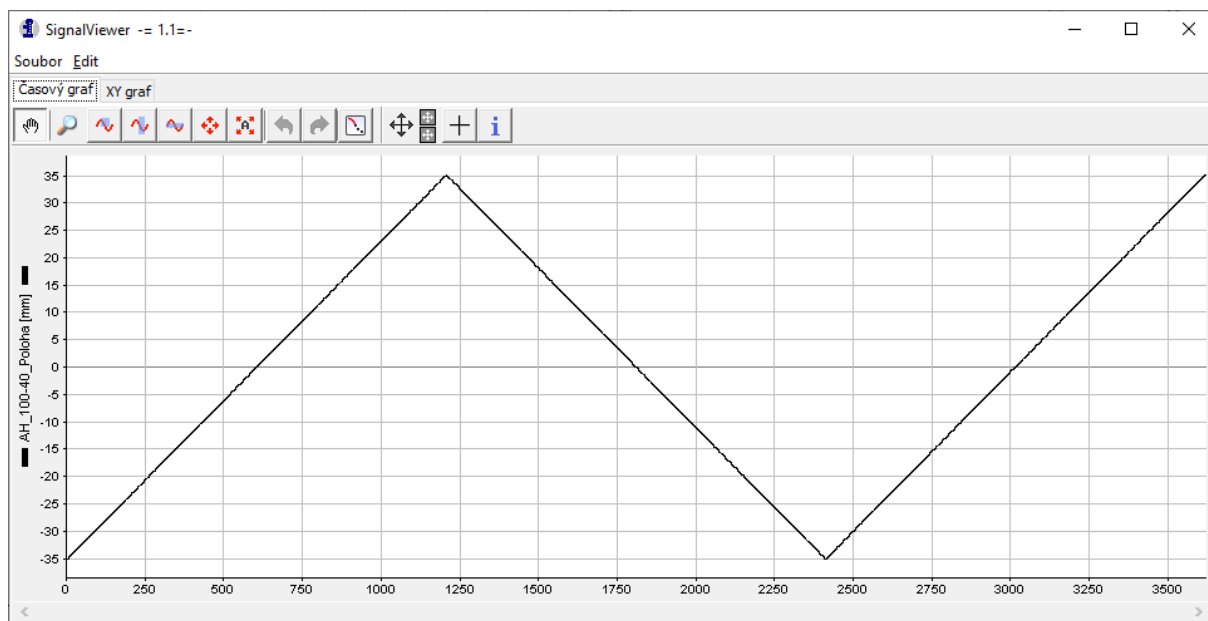
Obrázek 28: Detail nárůstu síly při zkoušce vzorku V05

Pata kolejnice byla před zahájením testů zbavena povrchové koroze. Po provedení zkoušky byly případné nerovnosti a rýhy zahlazeny ručně brusným papírem. Byl použit hrubší brusný papír, aby se předešlo „vyleštění“ povrchu, případný úbytek materiálu byl v zanedbatelných hodnotách.



Obrázek 29: Vzorek V01 při přípravě na zkoušku

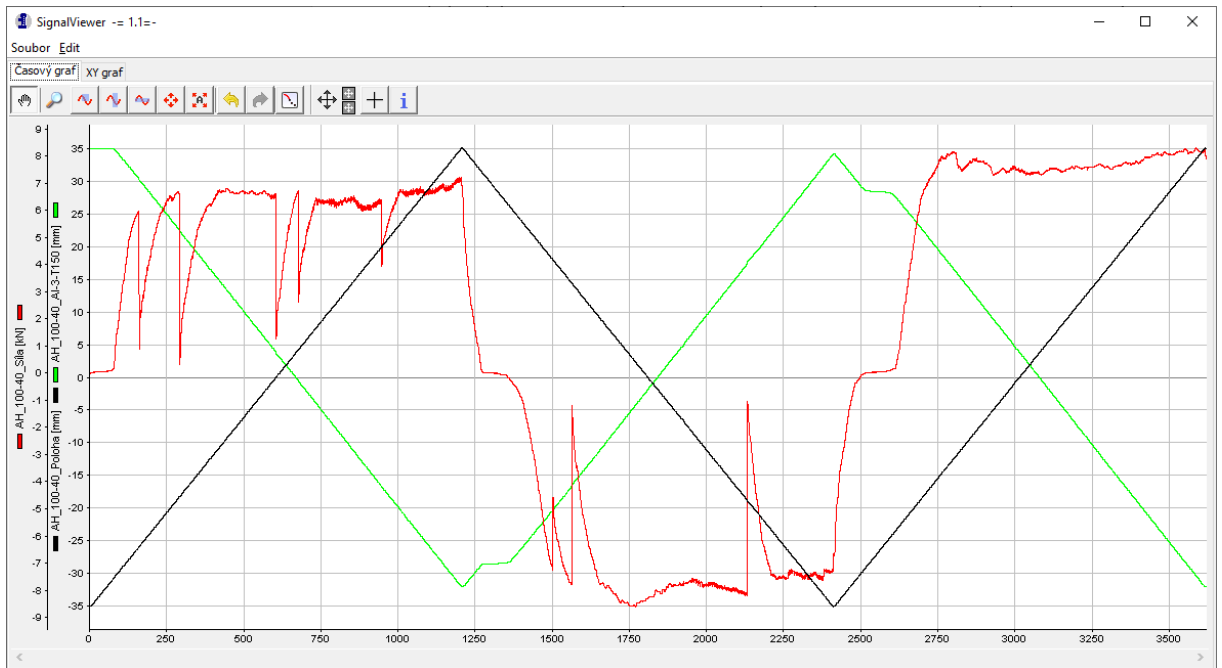
Po zahájení zkoušky válec 5 sekund vyčkával, poté začal konstantní rychlostí posunu kolejnici táhnout z dolní do horní úvrati, v horní úvrati opět 5 sekund vyčkal a začal kolejnici tlačit zpět do dolní úvrati, zde opět vyčkal 5 sekund a finálně kolejnici zatáhl do horní úvrati, kde vyčkal 5 s a tím zkouška skončila. Celkový čas zkoušky byl 3620 sekund. Hodnota posunu z horní do dolní úvrati je 70 mm s hodnotou 35 mm v horní a – 35 mm v dolní úvrati. Čas zkoušky lze tedy rozdělit na tři stejné části po 1200 sekundách, kdy docházelo k posunu mezi horní a dolní úvrati a čtyři pětisekundové části, kdy válec držel neměnnou polohu. Samotný záznam pohybu válce je na obrázku č. 30.



Obrázek 30: Záznam pohybu válce při zkoušce v programu TestControl

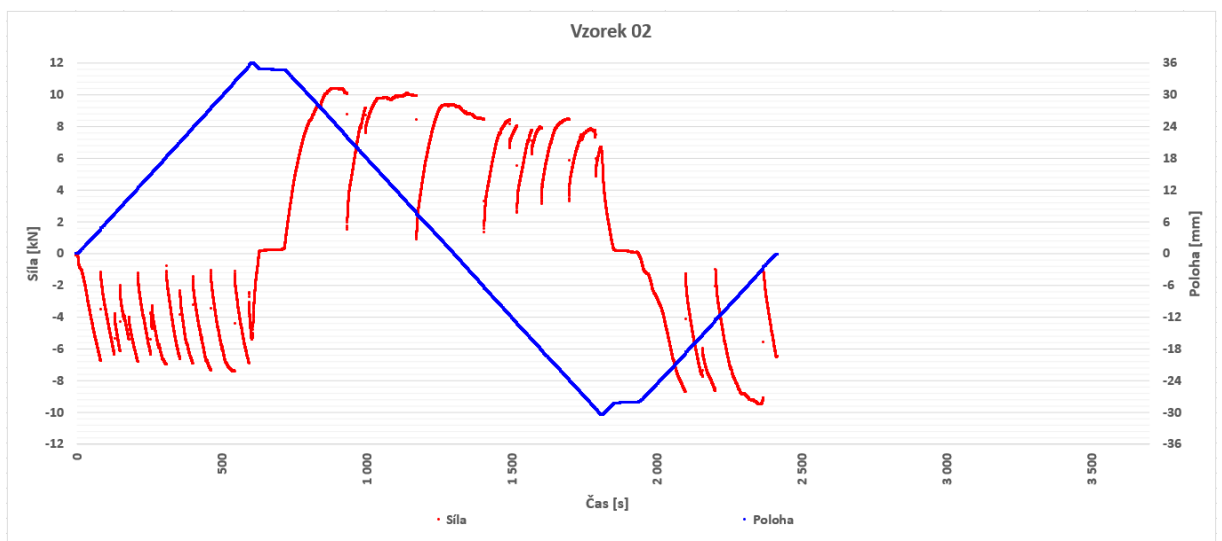
Zkoušky prvních 4 vzorků probíhaly v odlišném schématu měření. První dvě zkoušky probíhaly schématem, kdy válec 5 s vyčkal, poté se ze střední polohy posunul do dolní úvrati, v dolní úvrati opět 5 s držel polohu, dále se z dolní přesunul do horní, kde opět vyčkal 5 s a na závěr se vrátil do střední polohy, kde vyčkal 5 s. Zkoušky vzorků 3 a 4 byly oproti prvním dvěma pozměněny z hlediska směru, kdy posun probíhal ze střední polohy do horní úvrati, poté do dolní a nakonec místo do střední polohy do horní úvrati, takže se zkouška ještě prodloužila. Během těchto zkoušek bylo zjištěno, že více uvedené postupy by bylo výhodnější pozměnit na způsob uvedený v předchozím odstavci, proto všechny další zkoušky probíhaly tímto způsobem. Po dokončení testů všech 22 vzorků byly první 4 vzorky otestovány znovu s tímto postupem, mimo nich byly znovu otestovány vzorky, u kterých docházelo často k náhlým uvolněním síly „poskočení“.

Vzorkovací frekvence záznamu byla původně zvolena 50 Hz, ale pro snazší zpracování v programu excel byly následně záznamy převzorkovány frekvencí 10 Hz. Zaznamenávána byla poloha snímačem integrovaném ve válci a externím snímačem a síla siloměrem umístěným v sestavě. Na obrázku č. 31 je celý záznam v prohlížeči signálů programu TestControl.

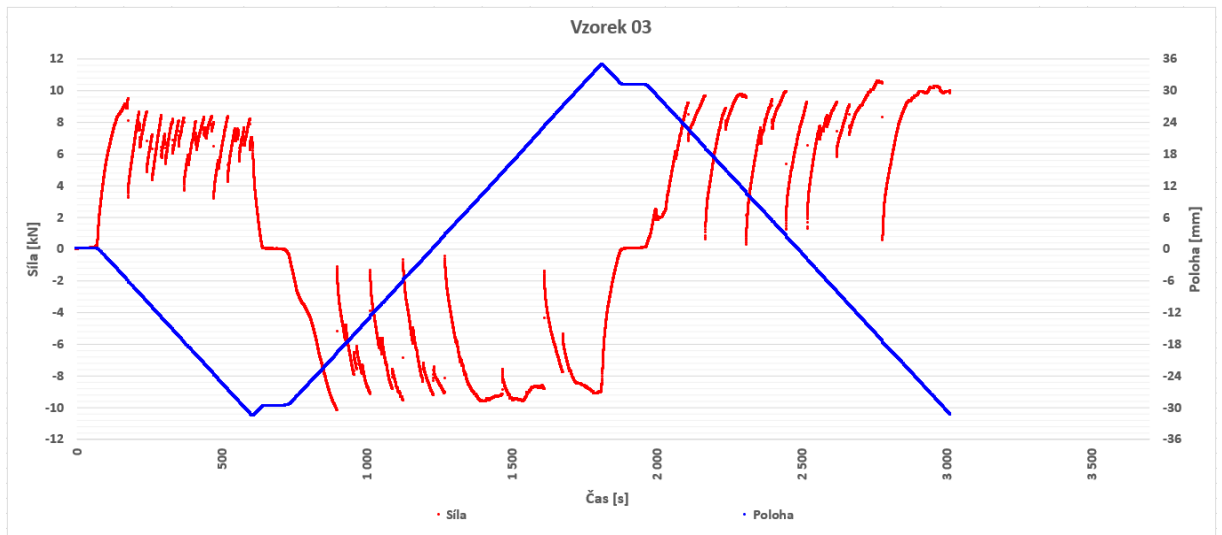


Obrázek 31: Záznam zkoušky V10

Na dalších dvou obrázcích jsou zobrazeny průběhy prvních vzorků V02 a V03. Záznamy jsou z programu excel po zpracování dat z měření.

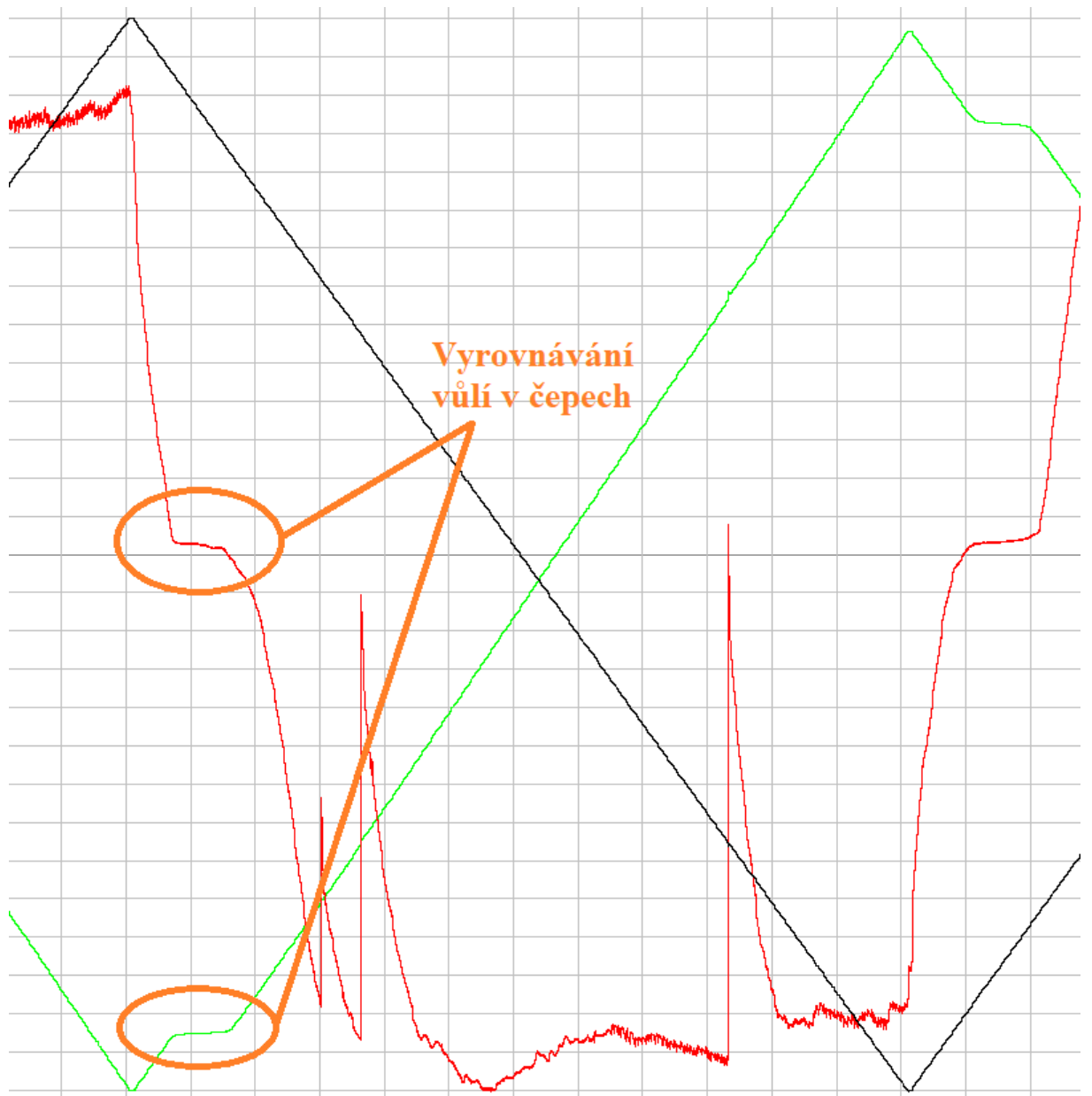


Obrázek 32: Záznam zkoušky V02 (červená = síla, modrá = poloha T150)



Obrázek 33: Záznam zkoušky V03 (červená = síla, modrá = poloha T150)

Na záznamech lze pozorovat častá poskočení (skoková ztráta přilnavosti svěrky k povrchu kolejnice), kvůli kterým byly zkoušky opakovány, ve snaze dosáhnout lepší a plynulejší průběh síly v čase. V koleji za provozu zřejmě k takto velkým poskočením nedochází, protože vibrace od projíždějících vozidel napomáhají k pokluzu svěrky. Místa v záznamech, kdy se poloha snímače 150 nemění po delší dobu než 5 sekund, odpovídají vyrovnávání vůlí v čepch přechodové části sestavy po otočení směru zkoušky. Vzájemnou polohu válce a snímače T150 při vyrovnávání vůle lze pozorovat na obrázku č. 34.



Obrázek 34: Vyznačení oblasti vyrovnávání vůlí v čepích na výřezu ze záznamu vzorku V10
(červená = síla, zelená = poloha T150, černá = poloha válce)

4 Vyhodnocení

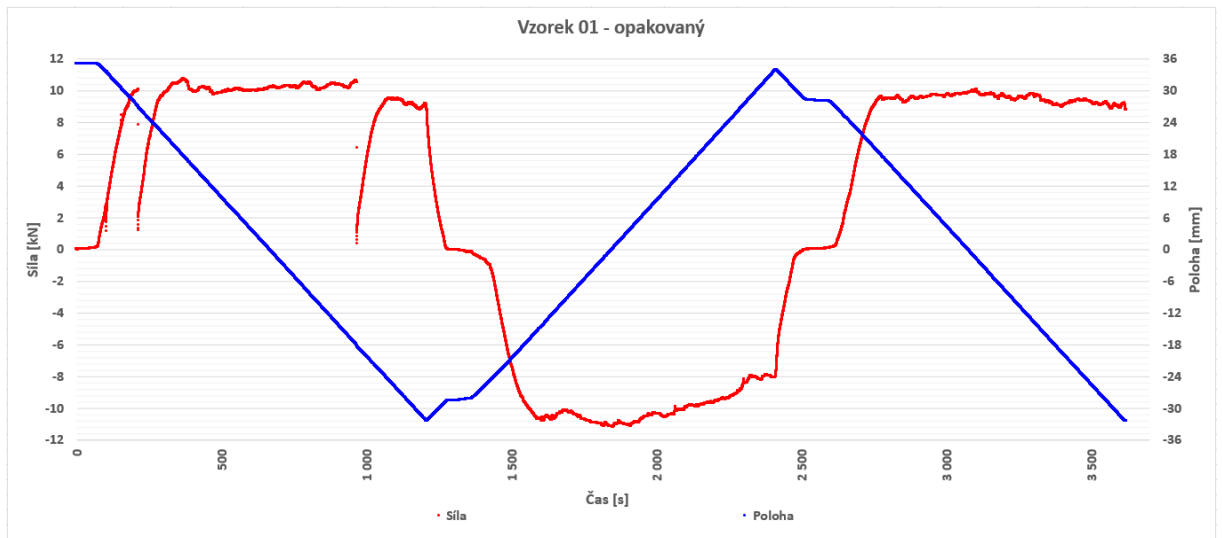
Během zkoušek pružného upevnění bylo podrobena zkouškám 22 vzorků. Jednalo se o 18 vzorků opotřebovaných použitím v běžném provozu a 4 nové vzorky. Vzorky V01, V02, V03, V04, V09, V13, V14, V16, V17 a V18 byly zkoušeny dvakrát. Celkem bylo tedy provedeno 32 zkoušek. Naměřená data převedená do podoby grafů jsou v příloze B grafy.

Na obrázku č. 35 je vzorek V09 při zkoušce. Viditelná je deformace svěrky skl 14 systému Vossloh W 14 ve směru tahu válce, tedy z pohledu fotografie směrem doleva. Ramena svěrky jsou na levé straně odtažena od nosu svěrky a na pravé straně se nosu naopak skoro dotýkají.



Obrázek 35: Fotografie vzorku V09 při zkoušce s viditelnou deformací

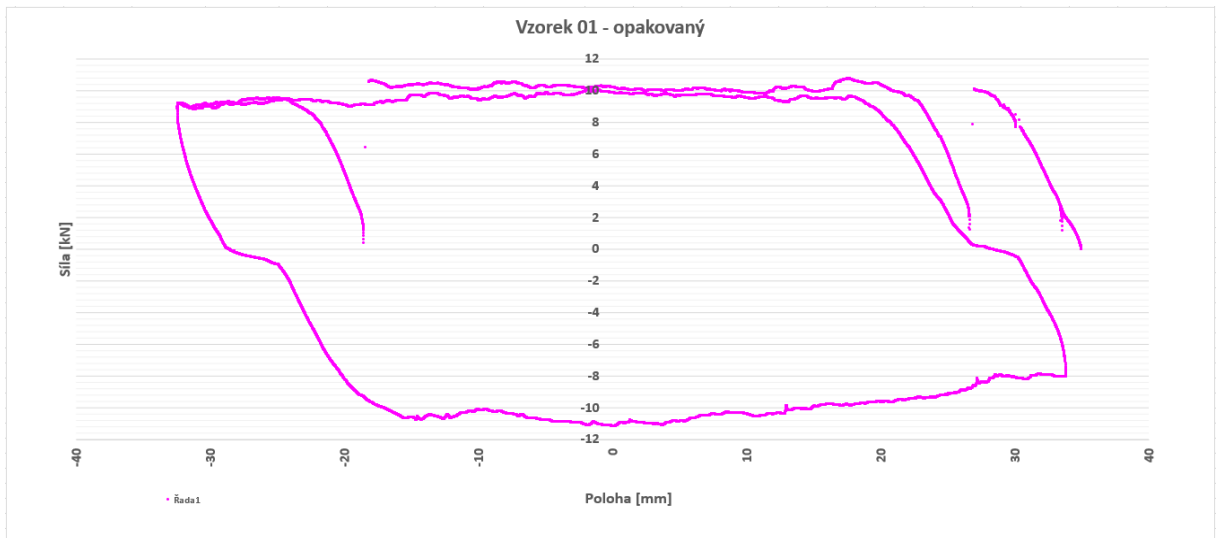
Ramena svěrky se s posunem kolejnice takto postupně deformovala ze své normální polohy. V okamžiku, kdy se síla začala blížit maximální hodnotě, docházelo ke dvěma jevům. Ramena svěrky začala po patě kolejnice pokluzovat a síla tak kolísala kolem maximálních hodnot nebo v druhém případě došlo k náhlému poskočení jednoho až všech ramen svěrky, to se projevilo prudkým poklesem síly. Oba zmíněné jevy lze pozorovat na obrázku č. 36. Prudký pokles síly z hodnot přibližně 10 kN až téměř k nule je v první části v čase 214 s až 968 s, ve zbylém čase se síla prudce nemění, což odpovídá již zmíněnému pokluzu svěrky po patě kolejnice.



Obrázek 36: Záznam zkoušky V01ot (červená = síla, modrá = poloha T150)

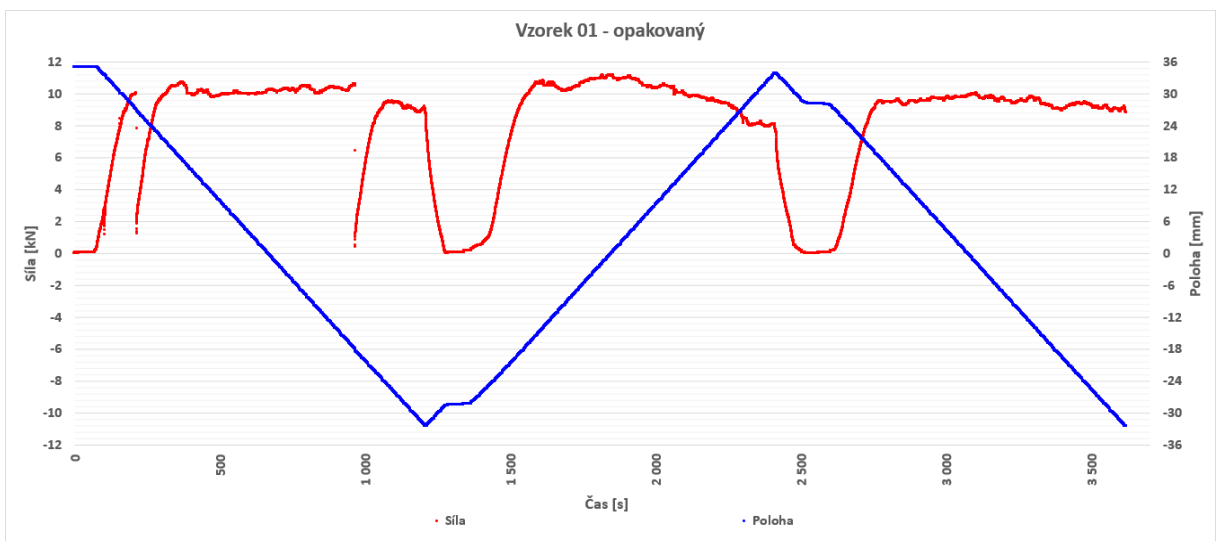
Místa, kde síla začíná plynule klesat k nule a dále pokračuje s hodnotami kolem nuly, odpovídají okamžiku, kdy se směr posunu kolejnice mění. Síla opět narůstá až po vyrovnání vůlí v čepech, což je zřetelně vidět i na poloze snímače T150.

Pro každý vzorek byl také vytvořen graf (viz obrázek č. 37), který zobrazuje pouze závislost síly na poloze a nezohledňuje čas jako graf na obrázku č. 36. Na takovém grafu lze porovnat hodnoty síly při stejné poloze kolejnice.



Obrázek 37: Záznam vzorku V01ot, závislost síly na poloze

Při vyhodnocování naměřených dat a stanovování střední hodnoty síly potřebné pro posunutí byly všechny naměřené hodnoty převedeny na kladné. Jednalo se o stanovení odporu proti posunutí kolejnice, kde směr posunu neměl podstatný vliv a takováto úprava byla pro stanovení střední hodnoty zcela nezbytná. Záznam s úpravou síly je na obrázku č. 38.



Obrázek 38: Upravený záznam zkoušky V01ot (červená = síla, modrá = poloha T150)

Pro stanovení odpovídající střední hodnoty síly musela být místa změny směru pohybu kolejnice vynechána. Dále bylo vhodné vynechat i místa, kde docházelo k opětovnému náběhu síly po jejím propadu. Vzhledem k tomu byly navrženy různé přístupy hodnocení. Původně byl navržen přístup pouze s odstraněním míst se změnou směru, ten ovšem snižoval hodnoty u vzorků, které hodně poskakovaly právě započítáním dat z opětovného náběhu síly. Takto

stanovené výsledky by mezi jednotlivými vzorky nebyly dobře porovnatelné, proto byly navrhovány další způsoby hodnocení.

Jedním z návrhů bylo stanovit střední hodnotu (medián) pro celý soubor dat vzorku, což by vytvořilo jakousi hranici a následně vzít všechna data od této hranice nahoru. Takový přístup by ovšem nezaručoval úplnou porovnatelnost jednotlivých vzorků mezi sebou. Dalším a lepším přístupem bylo stanovit maximální hodnotu síly dosaženou v testu a následně vzít hodnoty maximálně o 20 % menší, pro vyloučení prudkých změn síly, byly jednotlivé hodnoty jdoucí za sebou porovnávány a pokud mezi dvěma po sobě jdoucími hodnotami byl rozdíl větší než 1 % z maximální hodnoty síly celého souboru, nebyla tato hodnota započítána. Tímto „oříznutím“ už byly získané výsledky mezi jednotlivými vzorky vzájemně porovnatelné. Některé vzorky však při jednotlivých posunech dosahovaly rozdílných sil. Vzorek V02 při prvním posunu dosáhl síly maximálně 7,146 kN a po změně směru posunu kolejnice dosáhl síly 9,506 kN, při takovémto rozdílu sil se první posun do výsledného hodnocení vůbec nezapočítal. Proto byly po úpravě brány hodnoty menší maximálně o 40 %. Tyto přístupy byly vzájemně porovnány. Rozdíly mezi oběma přístupy jsou pro jednotlivé vzorky uvedeny v tabulce č. 3. V tabulce je též uvedeno, kolikrát u vzorků došlo k prudkým poklesům síly větším než 0,5 kN.

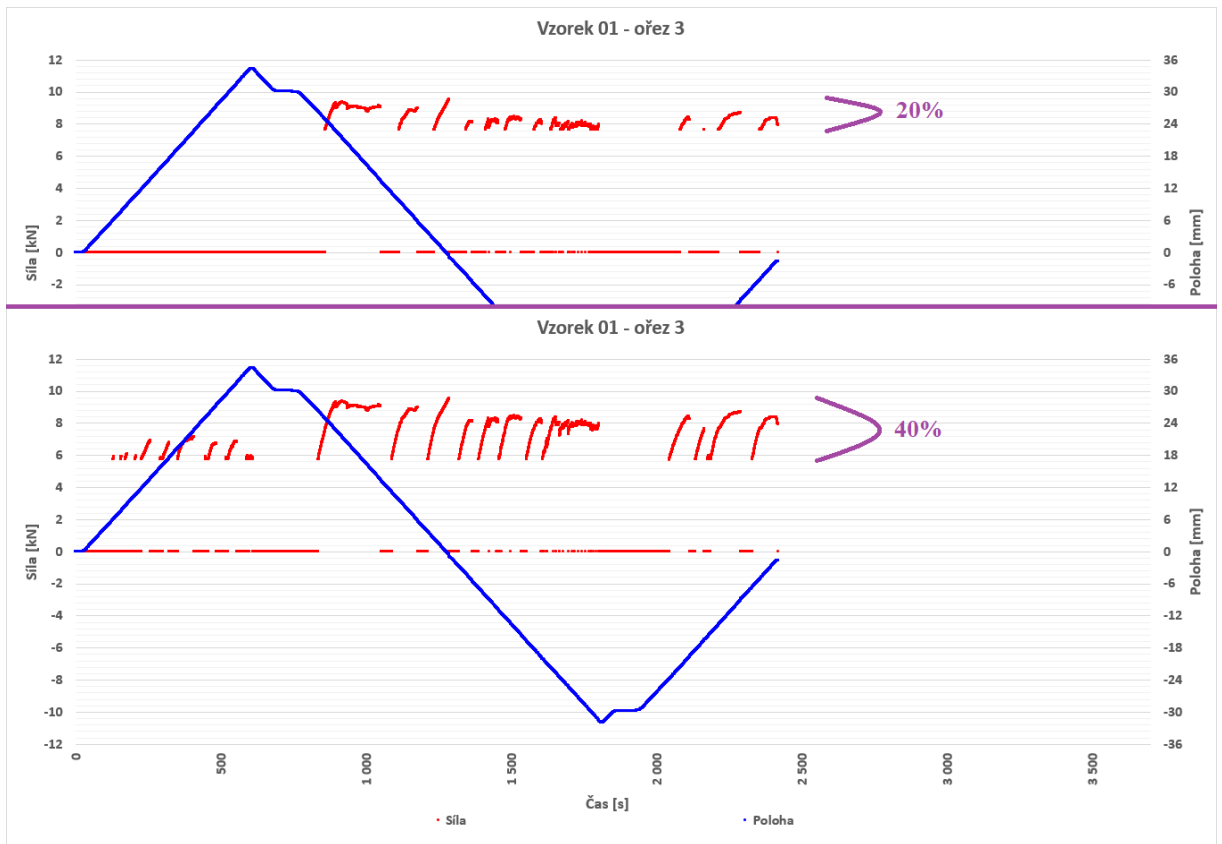
Vzorek	medián	směrodatná odchylka	Procento z maxima	medián	směrodatná odchylka	Procento z maxima	četnost prudkých poklesů
V01	8,276	0,491	20 %	7,855	1,003	40 %	25
V01ot	9,876	0,536		9,756	0,803		2
V02	9,281	0,604		8,292	1,182		26
V02ot	9,076	0,293		9,063	0,523		0
V03	9,193	0,511		8,508	1,044		41
V03ot	8,772	0,506		8,592	0,815		10
V04	10,129	0,466		9,813	1,286		25
V04ot	8,814	0,596		8,562	0,794		8
V05	9,445	0,405		9,336	0,931		20
V06	8,920	0,348		8,815	0,981		30

V07	6,516	0,367	20 %	5,847	0,731	40 %	30
V08	7,940	0,478		7,669	0,676		10
V09	8,149	0,466		7,376	0,931		24
V09ot	8,097	0,489		6,337	0,893		27
V10	7,769	0,408		6,727	0,823		8
V11	7,171	0,262		7,128	0,597		11
V12	8,912	0,493		8,155	0,738		12
V13	8,469	0,687		8,296	0,887		14
V13ot	8,940	0,555		6,962	1,025		44
V14	8,701	0,393		7,737	0,913		18
V14ot	8,680	0,620		7,227	0,877		35
V15	9,438	0,480		8,478	0,921		16
V16	21,759	1,268		20,871	2,282		47
V16ot	22,301	1,256		21,178	2,225		21
V17	19,584	0,728		18,630	1,651		50
V17ot	19,210	1,105		18,091	1,994		44
V18	22,945	0,999		21,079	2,262		45
V18ot	16,931	0,796		16,374	1,482		21
V19	22,124	1,374		21,694	1,892		„chvění“ 0,5 - 2 kN
V20	7,185	0,386		7,166	0,481		0
V21	8,376	0,448		8,299	0,627		3
V22	7,798	0,288		7,664	0,549		5

Tabulka 3: Hodnoty pro jednotlivé vzorky z obou přístupů hodnocení

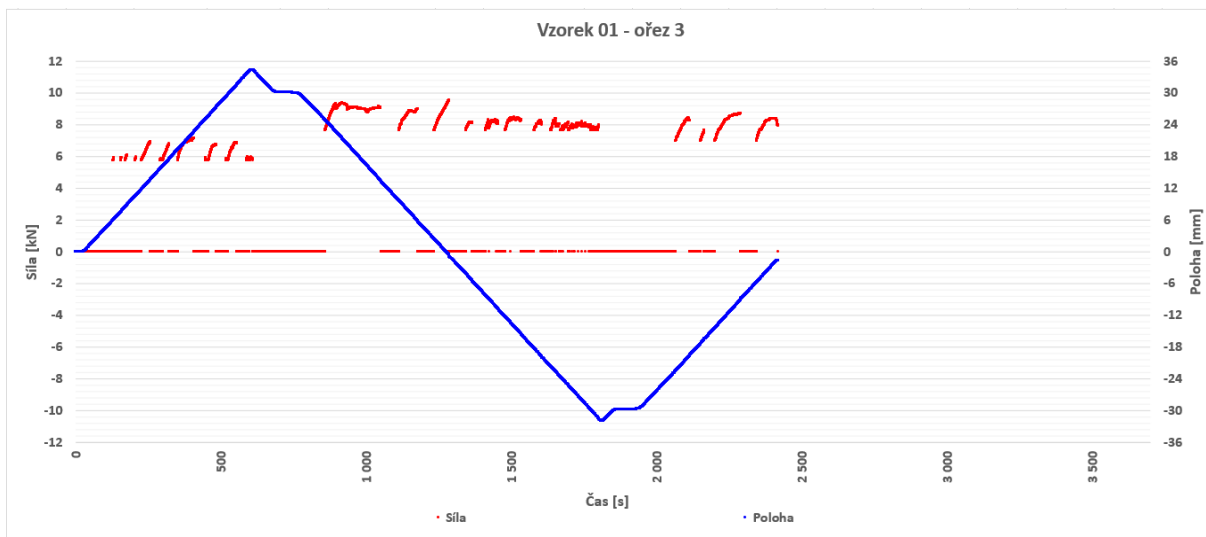
Na obrázku č. 39 je zobrazen rozdíl mezi přístupy s 20 % a 40 % u vzorku V01. Při variantě se 40 % je zahrnuta i první část posunu. Do výsledné hodnoty je zahrnuta ovšem velká část prostředního posunu, což není žádoucí. U vzorků s velkým počtem poskočení je zřejmý

znatelný rozdíl v hodnotách, u vzorku V02ot bez poskočení je rozdíl v přístupech zcela minimální.

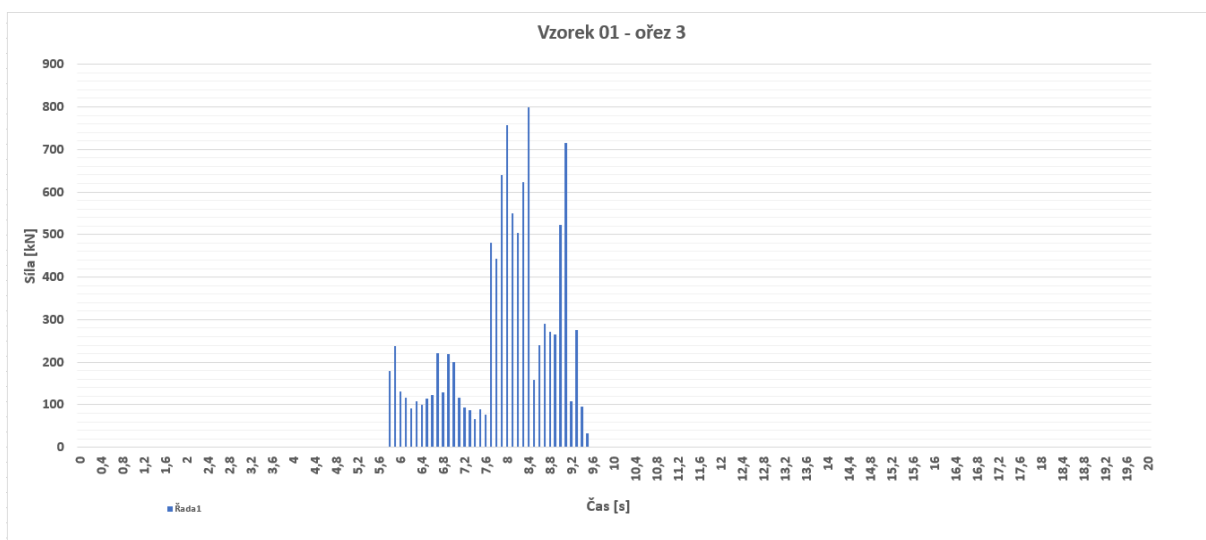


Obrázek 39: Porovnání přístupů hodnocení s 20 % a 40 % na vzorku V01

V důsledku výše zmíněných rozdílů byla provedena poslední změna v metodice hodnocení. Data byla rozdělena na jednotlivé posuny a pro každý zvlášť byla stanovena maximální hodnota síly, od které se dále odvíjela procentuální část. Finální grafická podoba vyhodnocených dat je na obrázku č. 40. Hodnoty síly se nacházejí všechny v kladné části z důvodu použití funkce absolutní hodnota. Zobrazené hodnoty jsou maximálně o 20 % menší než maximum pro každý posun zvlášť a zároveň splňují podmínku zmíněnou výše, která vyloučí hodnoty s větším rozdílem než 1 % z maxima vůči sousední hodnotě. Hodnoty mediánu (střední hodnoty) a směrodatné odchylky získané touto metodikou vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce č. 4. Medián reprezentuje sílu, která byla potřeba k posunování kolejnice v pružném upevnění a směrodatná odchylka vypovídá o rozložení dat kolem mediánu. V praxi to tedy znamená, že čím častěji docházelo u vzorku k poskočení, tím je směrodatná odchylka větší, v úvahu musí být samozřejmě brána i hodnota, o jakou síla poskočila. Pro každý vzorek byl z takto „oříznutých“ dat vytvořen i histogram, který dobře zobrazuje právě rozložení dat.



Obrázek 40: Upravený záznam vzorku V01 finální metodikou vyhodnocování



Obrázek 41: Histogram oříznutých hodnot pro vzorek V01

Vzorek	medián	směrodatná odchylka	četnost prudkých poklesů	Vzorek	medián	směrodatná odchylka	četnost prudkých poklesů
V01	8,051	0,921	25	V12	8,301	0,674	12
V01ot	9,842	0,567	2	V13	8,398	0,730	14
V02	8,940	1,193	26	V13ot	6,908	1,125	44
V02ot	9,076	0,298	0	V14	8,354	0,782	18
V03	9,055	0,641	41	V14ot	7,560	0,847	35

V03ot	8,694	0,571	10	V15	8,598	0,840	16
V04	9,989	0,826	25	V16	21,562	1,389	47
V04ot	8,602	0,687	8	V16ot	22,182	1,393	21
V05	9,443	0,411	20	V17	19,079	1,076	50
V06	8,908	0,438	30	V17ot	18,752	1,412	44
V07	6,335	0,556	30	V18	22,311	1,508	45
V08	7,735	0,562	10	V18ot	16,631	1,002	21
V09	8,116	0,499	24	V19	22,120	1,377	„chvění“ 0,5 - 2 kN
V09ot	6,365	0,939	27	V20	7,183	0,390	0
V10	6,962	0,736	8	V21	8,332	0,515	3
V11	7,167	0,286	11	V22	7,718	0,361	5

Tabulka 4: Hodnoty pro jednotlivé vzorky z finální metodiky vyhodnocení

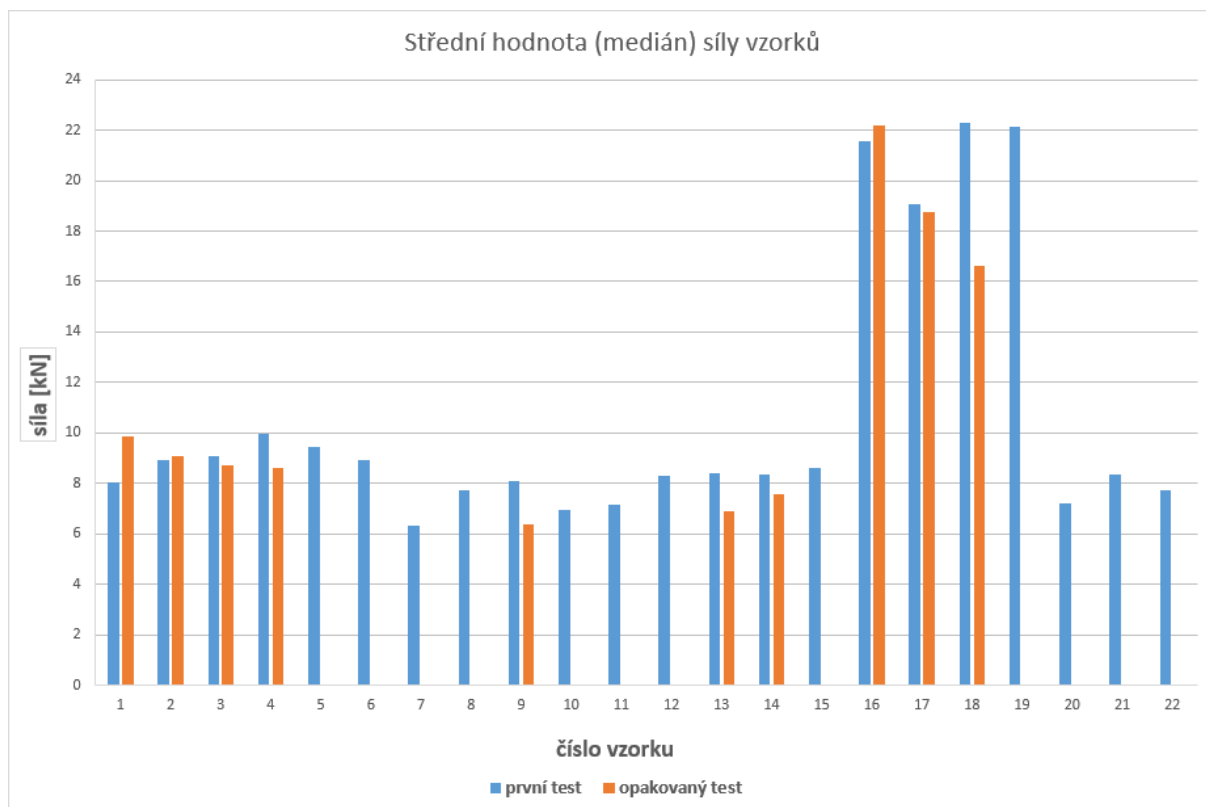
Hodnoty odporu proti posunutí (mediánu) v tabulce č. 4 označené červeně, jsou hodnoty, které nesplňují dle požadavků minimální sílu 7 kN. Jedná se o vzorky V07, V09ot, V10 a V13ot. [18]

Pokud získaná data porovnáme s přehledovou tabulkou uvedenou v kapitole experimentální měření, zjistíme, že hodnoty pro vzorky z přímé jsou lepší než hodnoty vzorků použitých ve směrovém oblouku. Jedná se o prvních 12 vzorků z úseku Adamov – Blansko. První 3 vzorky z přímé a pravého kolejnicového pasu dosahovaly průměrné hodnoty mediánu síly 8,943 kN. Další 3 vzorky z levého kolejnicového pasu dosáhly průměrné hodnoty mediánu síly 9,236 kN. Celkově vzorky z přímé mají průměrnou hodnotu mediánu **9,060 kN**. Dalších 6 vzorků z tohoto úseku bylo ve směrovém oblouku. Vzorky z pravého vnitřního pasu směrového oblouku mají průměrnou hodnotu mediánu 7,138 kN, to je zhruba o 2 kN méně než vzorky z přímé. Vzorky z levého pasu mají průměrnou hodnotu 7,477 kN. Celková průměrná hodnota vzorků z oblouku činí **7,283 kN**. To znamená, že vzorky z oblouku dosahovaly zhruba o **20 %** nižších mediánů sil než vzorky z přímého úseku trati. Je také důležité poznamenat, že na vnitřním kolejnicovém pasu byly skluzové vlny, což jistě mělo vliv na výsledné síly. Vzorky V13, V14 a V15 včetně opakovaných testů V13ot a V14ot dosahovaly průměrně mediánu síly

7,964 kN. Vzorky V16 až V18 použité v trati Choceň – Ústí nad Orlicí byly všechny systémem W 30 HH, tento systém je určen na více zatížené trati. Tyto vzorky dosahovaly průměrné hodnoty mediánu síly **20,086 kN.** Nový vzorek V19 systému W 30 HH dosáhl mediánu síly **22,120 kN.** Nové vzorky systému W 14 dosahovaly hodnot 7,183 kN u vzorku V20, 8,332 kN u vzorku V21 a 7,718 kN u vzorku V22, průměrná hodnota byla **7,744 kN.** Nové vzorky systému W 14 se však odlišovaly použitou pryžovou podložkou. Vzorky jsou dle místa použití přehledně rozděleny v tabulce č. 5. Pro jednotlivé oblasti je uveden průměr mediánů a jsou odlišeny opakované testy. Na grafu č. 1 jsou hodnoty pro jednotlivé vzorky i v grafické podobě.

Vzorek číslo	Hodnota mediánu	Opakovaný test	Lokalita použití	Průměrná síla
V01	8,051	9,842	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)	8,943
V02	8,940	9,076		
V03	9,055	8,694		
V04	9,989	8,602	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)	9,236
V05	9,443			
V06	8,908			
průměr	9,064	9,054		9,060
V07	6,335		oblouk, pravý vnitřní pas, skluzové vlny, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)	7,138
V08	7,735			
V09	8,116	6,365		
V10	6,962		oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)	7,477
V11	7,167			
V12	8,301			
průměr	7,436	-		7,283
V13	8,398	6,908	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)	7,964
V14	8,354	7,56		
V15	8,598			
průměr	8,450	7,234		7,964
V16	21,562	22,182	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1	20,086
V17	19,079	18,752		
V18	22,311	16,631		
průměr	20,984	19,188		20,086
V19	22,12		nové	7,744
V20	7,183		nové	
V21	8,332		nové	
V22	7,718		nové	

Tabulka 5: Údaje pro jednotlivé vzorky, rozdělení dle oblastí



Graf 1: Střední hodnoty sil jednotlivých vzorků včetně opakovaných testů

Nejnižší hodnoty mediánu ze všech vzorků dosáhl vzorek V07 a to pouze 6,335 kN. To lze přisoudit velmi opotřebované a ztenčené pryžové podložce, velkým plochám opotřebení na svěrkách a velmi otláčené úhlové vložce. Jedna ze svorek vzorku V07 měla dokonce prasklé ramínko, a to zhruba v 90 % průměru. Aby se získaly relevantní výsledky pro takto opotřebovanou pryžovou podložku, úhlovou vložku a druhou svěrku, byla tato svěrka nahrazena svěrkou ze vzorku V08, který se nacházel ve stejném úseku tratí a svěrka jevila obdobnou míru opotřebování jako u vzorku V07. Při použití svěrky s prasklým ramínkem by toto ramínko nepřítlačovalo kolejnici a naměřené síly pro vzorek V07 by byly pravděpodobně ještě menší a neúměrně menší vůči ostatním vzorkům z daného úseku. Zmíněné opotřebování vzorku V07 je způsobenou užitím ve směrovém oblouku na vnitřním pasu se skluzovými vlnami.



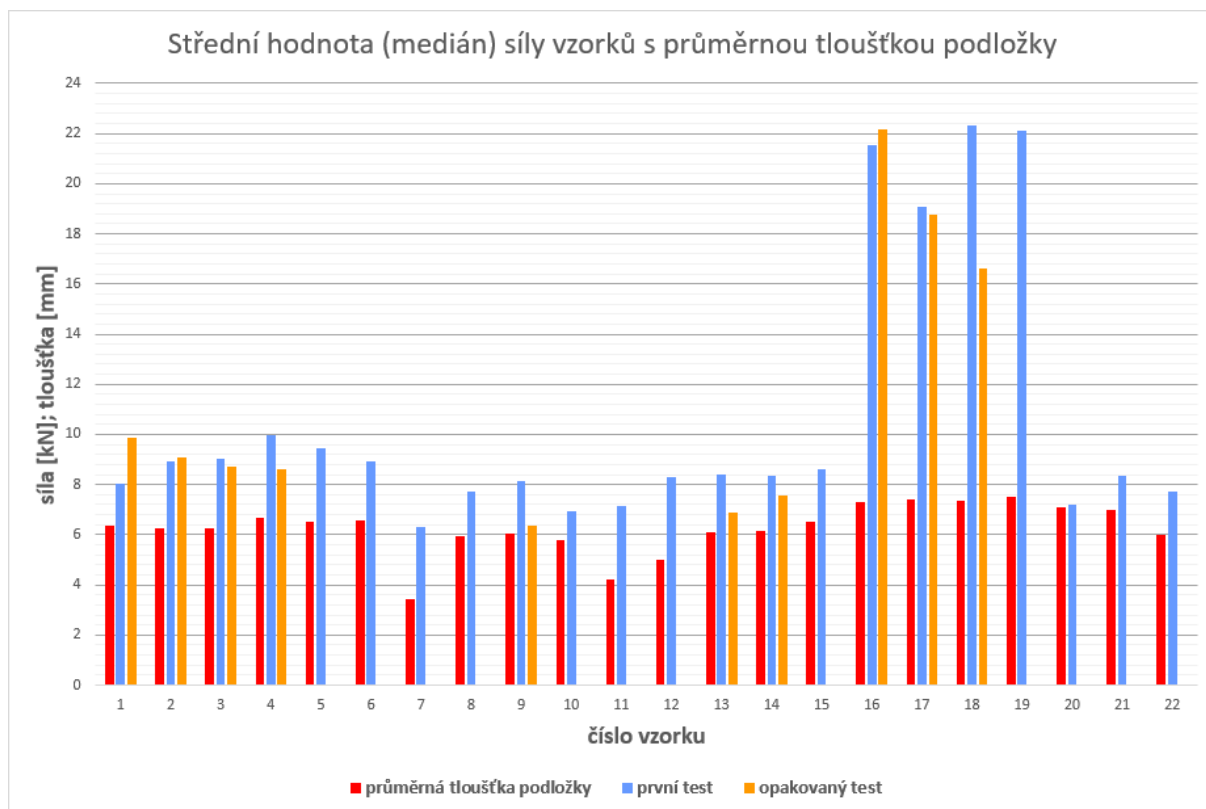
Obrázek 42: Vzorek V07

Naopak nejvyšší hodnoty mediánu dosáhl vzorek V04 a to 9,989 kN. Tento vzorek byl na rozdíl od vzorku V07 umístěn v přímé koleji na levém kolejnicovém pasu. Dle dostupného staničení byl vzorek V04 vzdálen zhruba 150 metrů od vzorku V07.

Vzhledem k zcela jasné souvislosti mezi poškozením a výslednou silou je v grafu č. 2 porovnána průměrná tloušťka pryžové podložky s výslednou stanovenou silou pro každý vzorek. Průměrná tloušťka podložky pro každý vzorek je také uvedena v tabulce č. 6.

Vzorek číslo	tloušťka podložky	Vzorek číslo	tloušťka podložky	Vzorek číslo	tloušťka podložky	Vzorek číslo	tloušťka podložky	Vzorek číslo	tloušťka podložky
V01	6,350	V07	3,445	V13	6,105	V16	7,295	V19	7,500
V02	6,275	V08	5,945	V14	6,155	V17	7,390	V20	7,100
V03	6,280	V09	6,025	V15	6,530	V18	7,360	V21	7,000
V04	6,675	V10	5,765					V22	6,000
V05	6,525	V11	4,190						
V06	6,545	V12	5,005						

Tabulka 6: Tloušťka podložky pro jednotlivé vzorky, rozdělení dle oblastí



Graf 2: Střední hodnoty sil vzorků v porovnání s tloušťkou pryžové podložky

Pokud se v grafu zaměříme pozorně na porovnání tloušťky a síly, zjistíme, že tloušťka podložky poměrně značně koresponduje s naměřenou silou. Vzorek V07, který dosáhl nejmenší síly má nejvíce opotřebovanou podložku, zároveň vzorek V04 s nejvyšší dosaženou silou u systému W 14 má nejméně opotřebovanou podložku. Vzorky V07 až V12 s nižšími výslednými hodnotami mají zároveň více opotřebované podložky než vzorky V01 až V06. Vzorky V13 až V15 mají podložky opotřebované podobně jako prvních 6 vzorků a dosáhly podobných hodnot. Důležité jsou ovšem i další vady podložek, na výslednou hodnotu nemají pravděpodobně tak zásadní vliv jako jejich tloušťka, ale výslednou hodnotu mohou ovlivnit. U podložek se vyskytovaly praskliny, trhliny a některé podložky byly roztrženy dokonce na více částí. Všechny viditelné vady použitých pryžových podložek byly zaznamenány a jsou s dalšími vadami upevnění uvedeny v příloze B této práce. Vzorky systému upevnění W 30 HH mají podložky opotřebované jen nepatrně v porovnání s novou podložkou, žádné další vady nebyly zaznamenány. U pryžových podložek systému W 14 docházelo často při zkoušce k posunu podložky (vytahování) a následnému natržení, či úplnému odtržení jejich krajů viz následující obrázek č. 43. To bylo způsobeno pravděpodobně posunováním kolejnice ve velkém rozsahu, v běžném provozu se kolejnice tolik neposunuje.



Obrázek 43: Održené kraje pryžové podložky WU - 7, vzorek V14

Opotřebování úhlových vodících vložek pravděpodobně vliv na výslednou sílu nemělo. Kolejnicí bylo pohybováno pouze v podélném směru a žádné boční síly zde nepůsobily. Jejich zaznamenané opotřebování však odpovídalo jejich použití. Vložky Wfp – 14K užití v přímém úseku trati byly většinou opotřebovány obě, z nichž jedna vždy více. U vložek užitých ve směrovém oblouku byla otláčena vždy pouze jedna a míra otláčení od paty kolejnice byla násobně vyšší oproti vložkám z přímého úseku. Nejvíce otláčená byla vložka u vzorku V11 s hodnotou 3,27 mm. Úhlová vodící vložka vzorku V11 je na obrázku č. 44, je vidět i značně opotřebovaná pryžová podložka, součásti vzorku jsou výrazně jednostranně opotřebovány z důvodu užití v oblouku. Vložky systému upevnění W 30 HH byly opotřebovány málo, u každého vzorku byla opotřebována pouze jedna vložka. Jedná se o vložky Wfp – 30K.



Obrázek 44: Úhlová vodící vložka Wfp- 14K a pryžová podložka Wu – 7 vzorku V11

Opotřebování ramen svěrek též odpovídalo jejich užití. Ramena svěrek ze směřového oblouku měla plochu opotřebování větší a došlo k většímu úbytku materiálu než u svěrek použitých v přímém úseku. Nejvíce opotřebovány byly svěrky u již zmíněného vzorku V07, který dosáhl nejnižší výsledné síly. Detail opotřebování svěrek Skl 14 vzorku V07 je na následujícím obrázku. Přesné rozměry opotřebování všech svěrek jsou zaznamenány v příloze C.



Obrázek 45: Opotřebované svěrky Skl 14 vzorku V07

Zkoušené nové pružné upevnění systému Vossloh W 14 dosahovalo překvapivě poměrně nízkých výsledných sil. Vzhledem k použití neopotřebovaných nových součástí byly očekávány lepší výsledky. Vzorky V20 až V22 však dosahovaly výsledných sil rovných značně opotřebovaným vzorkům. Očekávat by se daly výsledné hodnoty kolem 10 kN. Přesná příčina takovýchto výsledků není známa, pro její zjištění by bylo potřeba provést větší množství testů nových vzorků. Je však důležité zmínit, že nové vzorky systému W 14 i systému W 30 HH měly značně plynulejší průběh bez častého poskočení síly na rozdíl od většiny opotřebovaných vzorků. Fotografie nového upevnění W 14 a W 30 HH jsou níže.



Obrázek 46: Nové pružné upevnění W 14, vzorek V21



Obrázek 47: Nové upevnění W 30 HH, vzorek V19

ZÁVĚR

Cíle diplomové práce byly splněny. V teoretické části bylo popsáno pružné upevnění kolejnice, stručně i jeho historie, typy, vady, síly na něj působící za provozu. Dále rozdělení a popis konstrukce železniční trati celkově včetně popisu geometrických parametrů koleje (GPK). Popsán byl i návrh měřicí sestavy a způsob zkoušení vzorků pružného upevnění na sestavené měřicí sestavě se systémem INOVA v laboratoři dynamického zkušebního stavu Výukového a výzkumného centra v dopravě (VVCD), Dopravní fakulty Jana Pernera, Univerzity Pardubice. Zkoušené bezpodkladnicové upevnění bylo typu Vossloh W 14 a Vossloh W 30 HH, jednalo se o již použité i nové vzorky.

V experimentální části byly jednotlivé vzorky testovány se záznamem polohy kolejnice, válce a síly potřebné pro posunutí kolejnice v upevnění. Před zkoušením každého vzorku bylo zaznamenáno jeho poškození (příloha C). Na základě experimentálně získaných dat byly navrženou metodikou získána potřebná data, z nichž byly dále stanoveny střední hodnoty síly a směrodatné odchylky. Síla reprezentuje odpor proti posunutí kolejnice v pružném upevnění. Výsledné hodnoty byly vztaheny k oblasti použití jednotlivých vzorků a byl potvrzen předpoklad, že ve směrovém oblouku dochází k většímu opotřebování pružného upevnění kolejnice než v přímém úseku trati a s větším opotřebováním dosahují vzorky nižší výsledné střední hodnoty síly. Některé vzorky byly zkoušeny opakovaně z důvodu častých náhlých uvolnění síly. K takovému jevu docházelo především u poškozených vzorků.

Vzorek číslo	Hodnota mediánu	Opakovaný test	Vzorek číslo	Hodnota mediánu	Opakovaný test
V01	8,051	9,842	V13	8,398	6,908
V02	8,940	9,076	V14	8,354	7,56
V03	9,055	8,694	V15	8,598	
V04	9,989	8,602	V16	21,562	22,182
V05	9,443		V17	19,079	18,752
V06	8,908		V18	22,311	16,631
V07	6,335		V19	22,12	
V08	7,735		V20	7,183	
V09	8,116	6,365	V21	8,332	
V10	6,962		V22	7,718	
V11	7,167				
V12	8,301				

Tabulka 7: Přehledová tabulka výsledných středních hodnot naměřených sil

Zajímavým výsledkem je, že nové vzorky upevnění W 14 nedosahují vyšších sil než jejich opotřebované varianty. Na tento jev by bylo vhodné se dále zaměřit a zjistit, zda úplně nové upevnění nedosahuje tak vysokých sil nebo zda je to způsobeno měřicí sestavou. Dalším zajímavým výsledkem by byla simulace dynamického namáhání kolejnice od projíždějících vozidel při zkoušení upevnění použitým způsobem.

V rámci diplomové práce byl také vypracován protokol o zkoušce, který je její přílohou. Protokol také obsahuje všechna naměřená data a dále jejich zpracovanou variantu. Přílohou jsou i vytvořené grafy, fotodokumentace pořízená v průběhu realizace zkoušek a již zmíněné záznamy poškození jednotlivých vzorků.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KUBÁT, Bohumil a Ondřej TREŠL. *Stavby kolejové dopravy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008. ISBN 978-80-01-03983-0. Dostupné také z: http://vydra.fd.cvut.cz/SKD_skripta.PDF
- [2] SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY. *S4: Železniční spodek*. Praha: Správa železniční dopravní cesty, 2008, 322 s. Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne: 21.2.2008, č.j.: S 263/08-OP.
- [3] VYČICHL, Jan a Tadeáš VOLF. *Vědeckotechnický sborník ČD č. 39/2015: Statická numerická analýza pružného upevnění kolejnice k pražci Vossloh W14*. Praha, 2015. Dostupné také z: <https://vts.cd.cz/documents/168518/195432/3909.pdf/19aece62-15ed-40e1-9385-85531b3d1f6f>
- [4] PĚTIOKÝ, Marek. *Metodika hodnocení stavu pružných svěrek Sk114 v provozovaných tratích*. Pardubice, 2020. Disertační práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Bohumil Culek.
- [5] ČSN EN 10089: *Oceli válcované za tepla na zušlechtnuté pružiny: Technické podmínky dodací*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] *Správa železnic: Vývoj pružného upevnění* [online]. Praha [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/vse-o-sprave-zeleznic/zeleznice-cr/zajimavosti-z-vyvoje-zeleznicniho-svrsku/vyvoj-pruzneho-upevneni>
- [7] MIKOVCOVÁ, Alena a Pavel BRAUNER. Prof. Ing. Emil Mašík. *Internetová encyklopedie dějin Brna* [online]. 06. 12. 2019 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://encyklopedie.brna.cz/home-mmb/?acc=profil_osobnosti&load=13088#
- [8] System W 14. *Vossloh* [online]. Germany: Vossloh Fastening Systems [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.vossloh.com/en/products-and-solutions/product-finder/product_11018.php
- [9] *System W 14* [online]. Germany: Vossloh Fastening Systems, 2019, 4 s. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://media.vossloh.com/media/01_product_finder/vfs/system_w_14/Vos_Produktbroschuere_W14_EN.pdf

- [10] System W 30 HH. *Vossloh* [online]. Germany: Vossloh Fastening Systems [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.vossloh.com/en/products-and-solutions/product-finder/product_11023.php
- [11] *System W 30 HH* [online]. Germany: Vossloh Fastening Systems, 2019, 4 s. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://media.vossloh.com/media/01_product_finder/vfs/system_w_30_hh/Vos_Produktbroschuere_Sys-W30HH_EN.pdf
- [12] PLÁŠEK, Otto. *Úvod do železničních staveb* [online]. VUT Brno: Ústav železničních konstrukcí a staveb, s. 79 [cit. 2021-2-3]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/zl/plasek.o/studium/5_zeleznice_uvod.pdf
- [13] ČSN 73 6360-1: *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha - Část 1: Projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [14] WROBLEWSKI, Artur. *19. konference Železniční dopravní cesta 2016: Vnější vlivy působící na kolejnici a jejich kompenzace vhodným systémem upevnění kolejnic*. Olomouc: Správa železniční dopravní cesty, 2016. Dostupné také z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50157007/d11-wroblewski-vossloh-sb.pdf>
- [15] Celkový pohled na Dynamický zkušební stav. *UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA: Výukové a výzkumné centrum v dopravě* [online]. [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/styles/big_1200_/public/fotky/fotogalerie/pevo0241/dsc_0113_137278.jpg?itok=wjzVZO16
- [16] INOVA PRAHA. *Hydromotory s hydrostatickými ložisky AH: návod*. Praha, 2006, 13 s.
- [17] ČSN EN 13146-1+A1: *Železniční aplikace - Kolej - Metody zkoušení systémů upevnění - Část1: Stanovení odporu proti podélnému posunutí kolejnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [18] PLÁŠEK, Otto, Pavel ZVĚŘINA, Richard SVOBODA a Vojtěch LANGER. *Železniční stavby II: Modul 6, Bezстыková kolej* [online]. In: . VUT Brno: FAST, 2006, s. 34 [cit. 2021-6-7]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BN02-Zeleznichni%20stavby%20II/M06-Bezстыkov%C3%A1%20kolej.pdf>

Obrázky:

[19] *ŽelPage: Výzkum v oblasti kolejových vozidel na DFJP v Pardubicích* [online]. 2010 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.zelpage.cz/clanky/vyzkum-v-oblasti-kolejovych-vozidel-na-dfjp-v-pardubicich?lang=pl>

[20] <https://ebookexpert.cz/wp-content/uploads/2014/02/pendolino.jpg>

[21] <https://mapy.cz/>

Příloha A – Protokol o zkoušce



UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95, 532 10 Pardubice

PROTOKOL O ZKOUŠCE

Číslo protokolu: **VVCD-P-21/08**

Název zkoušky: **Stanovení odporu proti podélnému posunutí kolejnice**

Předmět zkoušky: **Upevnění Vossloh W 14 a W 30 HH**

Místo a datum zkoušky: **Pardubice, září – prosinec 2020, leden 2021**

Vedoucí zkoušky: **Bc. Václav Štech**

Datum vystavení protokolu: **30. června 2021**

Výtisk č.:	1	Počet stran:	24
Počet výtisků:	3	Počet příloh:	1



OBSAH

Seznam použitých označení	3
Seznam použitých zkratk.....	4
Seznam použitých přístrojů.....	6
Seznam příloh.....	7
1.Cíl zkoušky	8
2.Předmět zkoušky.....	9
3.Zatěžování	13
4.Měřicí sestava	16
5.Měřené veličiny.....	19
6.Naměřené údaje.....	20
7.Vyhodnocení	21
8.Závěr.....	23



Seznam použitých označení

<u>Použité označení:</u>	<u>Význam označení:</u>	<u>Rozměr:</u>
Poloha T150	Horizontální poloha snímače Novotechnik T150.....	[mm]
Poloha AH 50 – 150	Horizontální poloha snímače Messotron válce AH 50 – 150 – V1	[mm]
Síla	Horizontální síla válce INOVA AH 50 – 150 – V1 při posouvání kolejnice	[kN]
Generator	Cílená poloha pístu válce INOVA AH 150 – 50 – V1.....	[mm]
Target	Požadovaná poloha pístu válce INOVA AH 150 – 50 – V1...	[mm]



Seznam použitých zkratk

INOVA	INOVA Praha s.r.o.
VVCD	Výukové a výzkumné centrum v dopravě
V01; (V01ot)	označení zkušební vzorku č. 01; (opakovaný test)
V02; (V02ot)	označení zkušební vzorku č. 02; (opakovaný test)
V03; (V03ot)	označení zkušební vzorku č. 03; (opakovaný test)
V04; (V04ot)	označení zkušební vzorku č. 04; (opakovaný test)
V05	označení zkušební vzorku č. 05
V06	označení zkušební vzorku č. 06
V07	označení zkušební vzorku č. 07
V08	označení zkušební vzorku č. 08
V09; (V09ot)	označení zkušební vzorku č. 09; (opakovaný test)
V10	označení zkušební vzorku č. 10
V11	označení zkušební vzorku č. 11
V12	označení zkušební vzorku č. 12
V13; (V13ot)	označení zkušební vzorku č. 13; (opakovaný test)
V14; (V14ot)	označení zkušební vzorku č. 14; (opakovaný test)
V15	označení zkušební vzorku č. 15
V16; (V16ot)	označení zkušební vzorku č. 16; (opakovaný test)
V17; (V17ot)	označení zkušební vzorku č. 17; (opakovaný test)
V18; (V18ot)	označení zkušební vzorku č. 18; (opakovaný test)
V19	označení zkušební vzorku č. 19
V20	označení zkušební vzorku č. 20
V21	označení zkušební vzorku č. 21
V22	označení zkušební vzorku č. 22

Protokol o zkoušce

VVCD-P-21/08

5



AH 50 – 150 – V1..... zatěžovací válec INOVA 50 kN, 150 mm



Seznam použitých přístrojů

Název	Typ	Výrobní číslo
Siloměr INTERFACE; MFG. IN SCOTTSDALE, ARIZONA, USA	1730AJ-63KN	426173A
Válec INOVA AH 50 – 150 – V1	AH 50 - 150 - V1	2013 440
Posuvný snímač polohy Messotron	WGL 150	2013 440
Posuvný snímač polohy Novotechnik T150	T150	025 482/A



Seznam příloh

- 1) Naměřená data, vyhodnocená data a grafy.....DVD



1. Cíl zkoušky

Cílem zkoušky je stanovení odporu proti podélnému posunutí kolejnice v pružném upevnění Vossloh (W 14 a W 30 HH). Odpor je reprezentován silou, kterou je nutno překonat, aby došlo k posunutí kolejnice v upevnění. Zkouška je provedena dle modifikované metodiky v kontextu s normou EN 13146-1.



2. Předmět zkoušky

Předmětem zkoušky jsou dva systémy upevnění kolejnice k pražci W 14 a W 30 HH od výrobce Vossloh. Jedná se o upevnění kolejnice 60 E2 k pražci B91 S/1. V tabulce jsou uvedeny součásti jednotlivých vzorků a oblast jejich použití v trati.



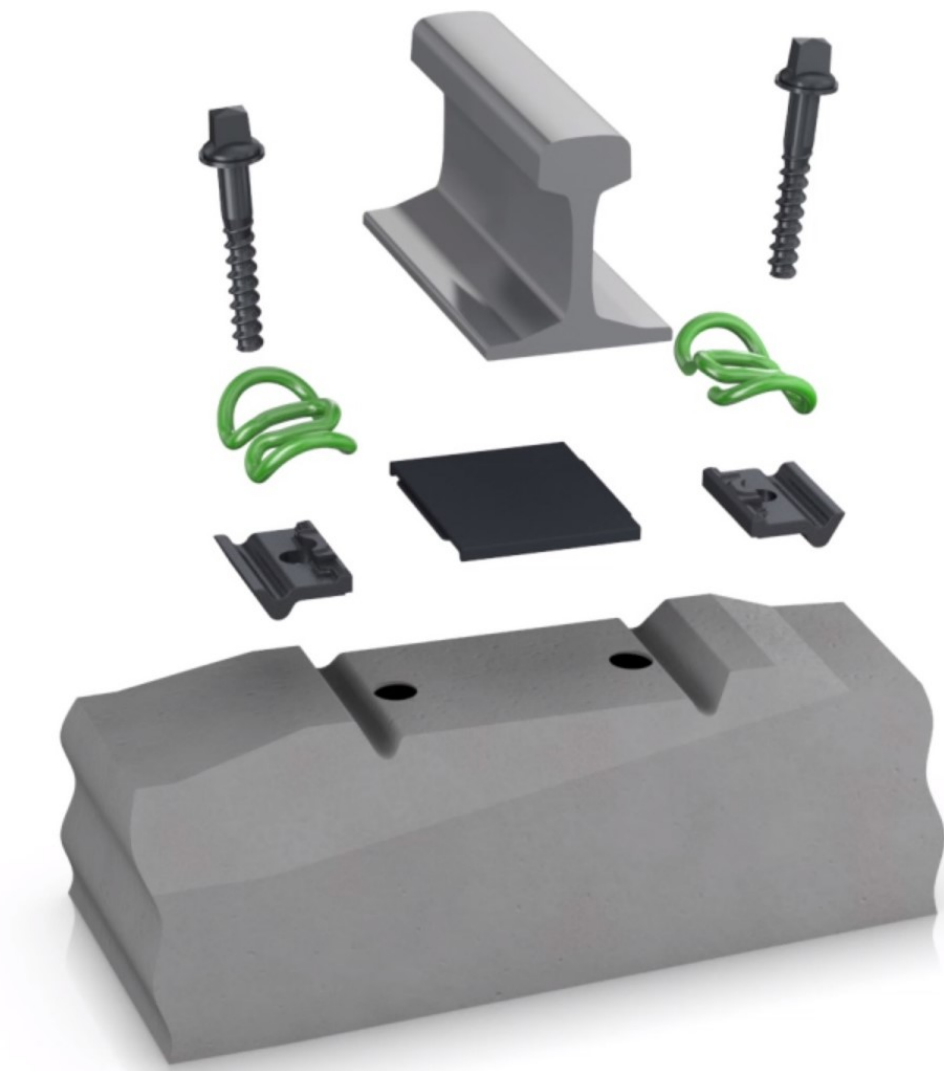
Vzorek číslo	Upevnění	Svěrka	Podložka	Úhlová Vložka	Stav	Poznámka
1.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
2.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
3.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, pravý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
4.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
5.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
6.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	přímá kolej, levý pas, km 178,150, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
7.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, pravý vnitřní pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
8.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, pravý vnitřní pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
9.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, pravý vnitřní pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
10.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
11.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
12.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	oblouk, levý vnější pas, km 178,300, (Adamov - Blansko kolej č. 1)
13.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)
14.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)
15.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14K	použité	pravý pas, km 377,1, (Český Brod, kolej č. 2)
16.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	použité	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1
17.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	použité	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1
18.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	použité	Choceň - Ústí nad Orlicí kolej č. 1
19.	W30HH	Skl 30	Zw 148/175/7	Wfp - 30K	nové	-
20.	W14	Skl 14	KSK Belt	Wfp - 14 K	nové	-
21.	W14	Skl 14	WU - 7	Wfp - 14 K	nové	-
22.	W14	Skl 14	Zw 687a	Wfp - 14 K	nové	-

Tabulka 1: Přehledová tabulka vzorků a oblasti použití



System W14:

System W 14 se skládá z pružné kovové svorky Skl 14, pryžové podložky WU-7, plastové úhlové vložky Wfp - 14 K a vrtule R1 resp. Ss35Cz s podložkou Uls 7.

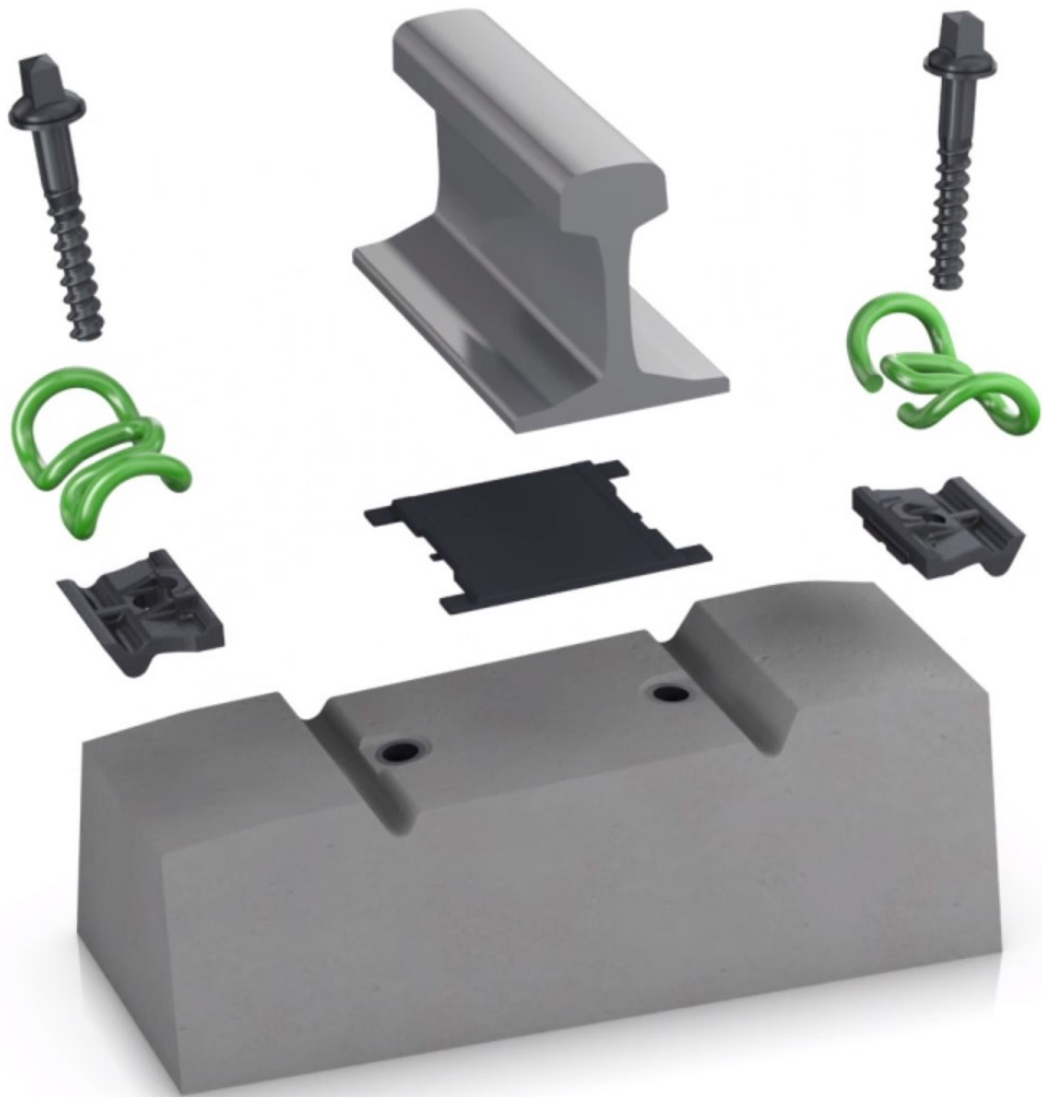


Obrázek 1: System W14 [1]



Systém W30HH:

Systém W 30 HH se skládá z pružné kovové svorky Skl 30, pryžové podložky Zw 148/175/7, plastové úhlové vložky Wfp - 30 K a vrtule R1 resp. Ss35Cz s podložkou Uls 7.



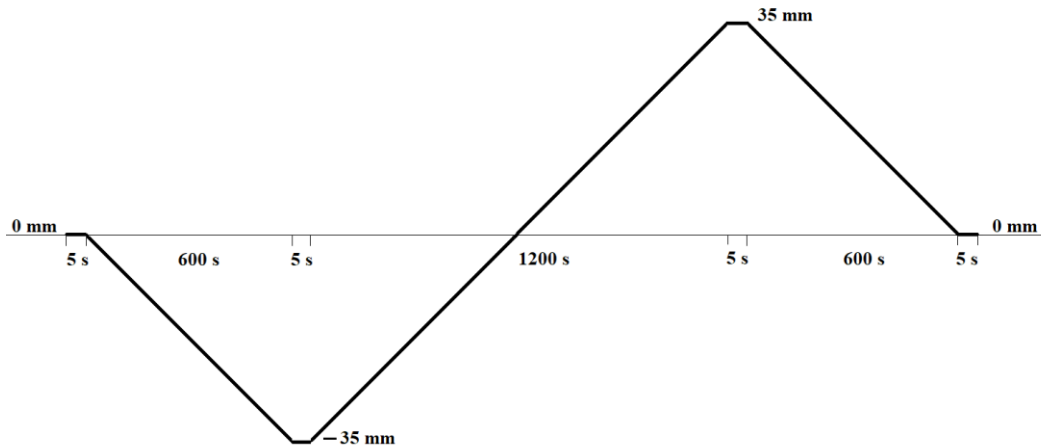
Obrázek 2: Systém W30HH [2]



3. Zatěžování

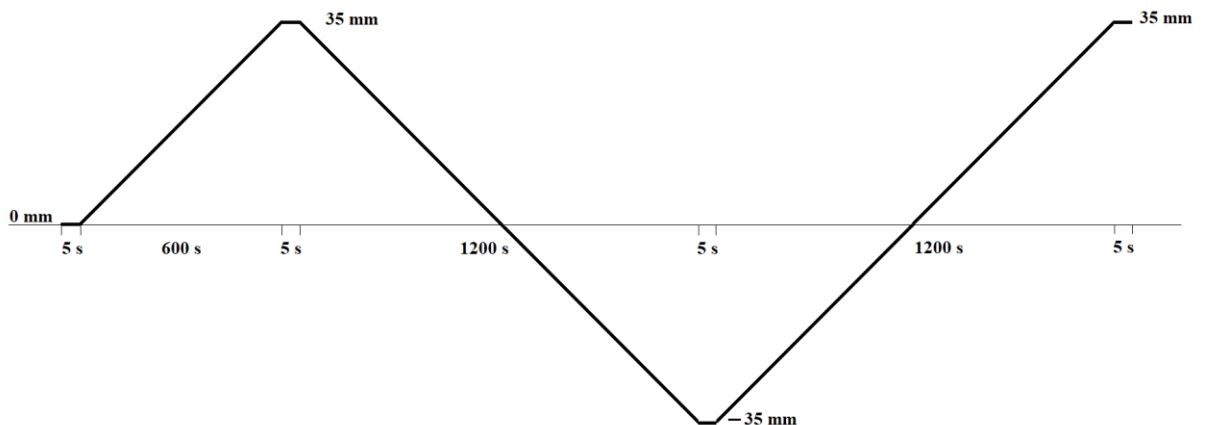
Průběh zkoušky:

Zkoušky vzorků 1 až 4 byly prováděny odlišnými schématy průběhu zkoušky než zbylé vzorky. Vzorky V01 a V02 byly zkoušeny následujícím schématem průběhu polohy válce.



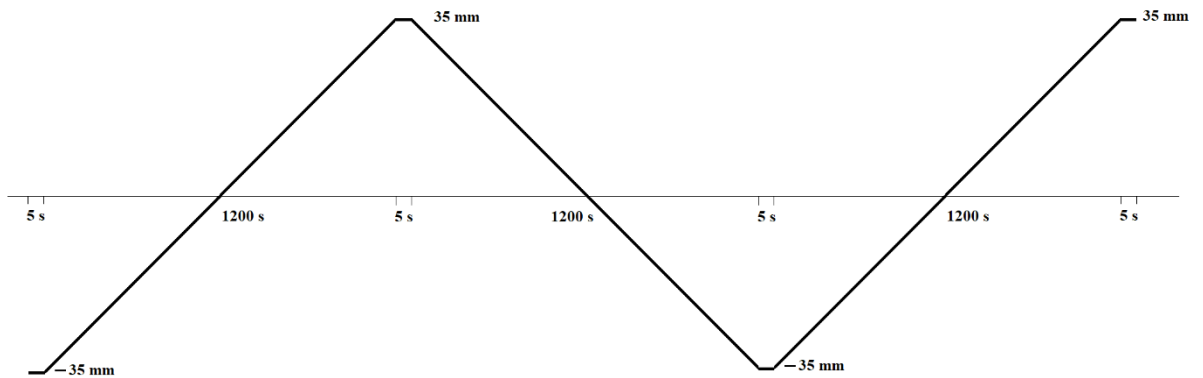
Obrázek 3: Schéma průběhu polohy AH 50 - 150, varianta pro vzorky V01 a V02, (horizontálně – časový úsek, svisle – hodnota posunu válce)

Vzorky V03 a V04 byly zkoušeny upraveným schématem zobrazeným na obrázku níže.



Obrázek 4: Schéma průběhu polohy AH 50 - 150, varianta pro vzorky V03 a V04, (horizontálně – časový úsek, svisle – hodnota posunu válce)

Po provedení zkoušek předchozími dvěma schématy bylo stanoveno finální nejvýhodnější schéma průběhu polohy válce. Schéma průběhu je na následujícím obrázku.



Obrázek 5: Schéma průběhu polohy AH 50 - 150, finální varianta pro všechny vzorky, (horizontálně – časový úsek, svisle – hodnota posunu válce)

Válec před každým posunem a na konci zkoušky 5 s vyčkával. Celkový čas zkoušky byl 3620 sekund. Hodnota posunu z horní do dolní úvrati je 70 mm s hodnotou 35 mm v horní a – 35 mm v dolní. Po skončení testů byly první 4 vzorky otestovány znovu s finálním postupem, mimo nich byly znovu otestovány vzorky, u kterých docházelo často k náhlým uvolněním síly „poskočení“. Výsledná navržená rychlost posunu byla 0,058 mm/s, to odpovídalo podle provedených testů požadovanému nárůstu síly dle normy.



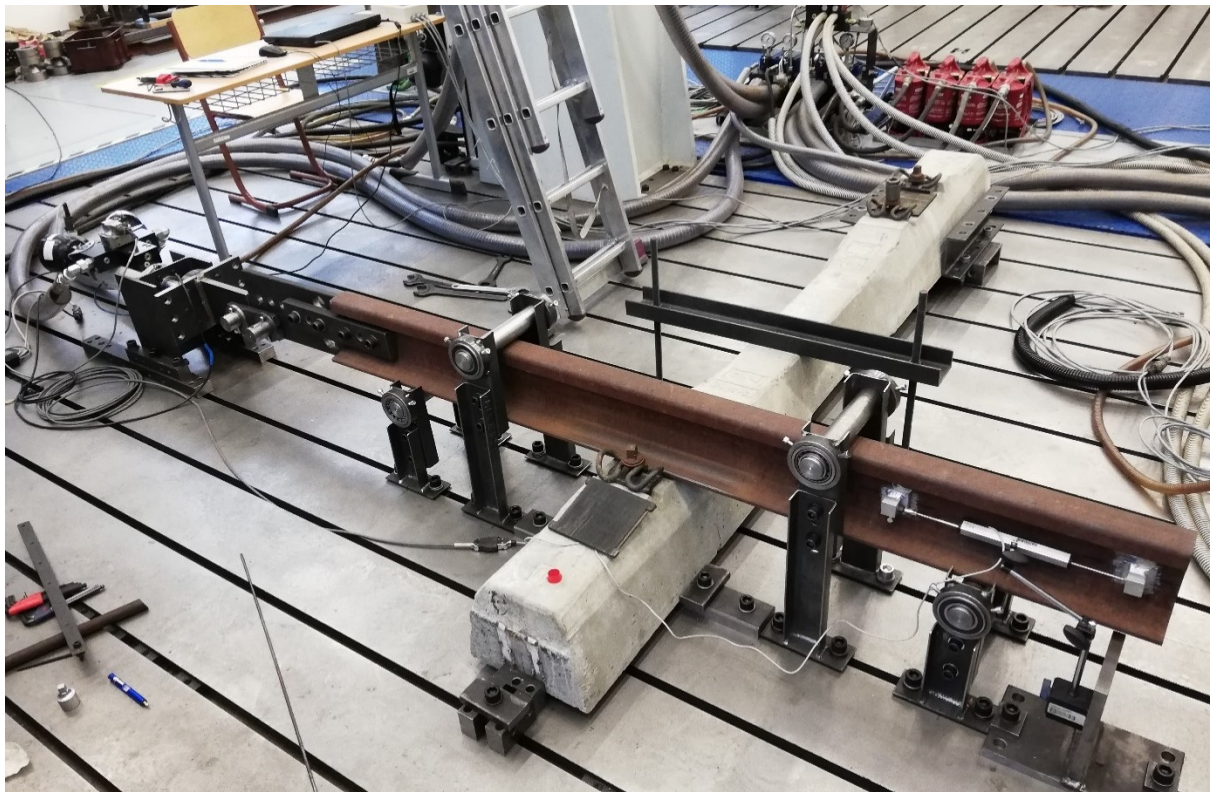
Obrázek 6: Průběh zkoušky V10, červená – síla, černá – poloha AH 50 – 150, zelená – poloha T150



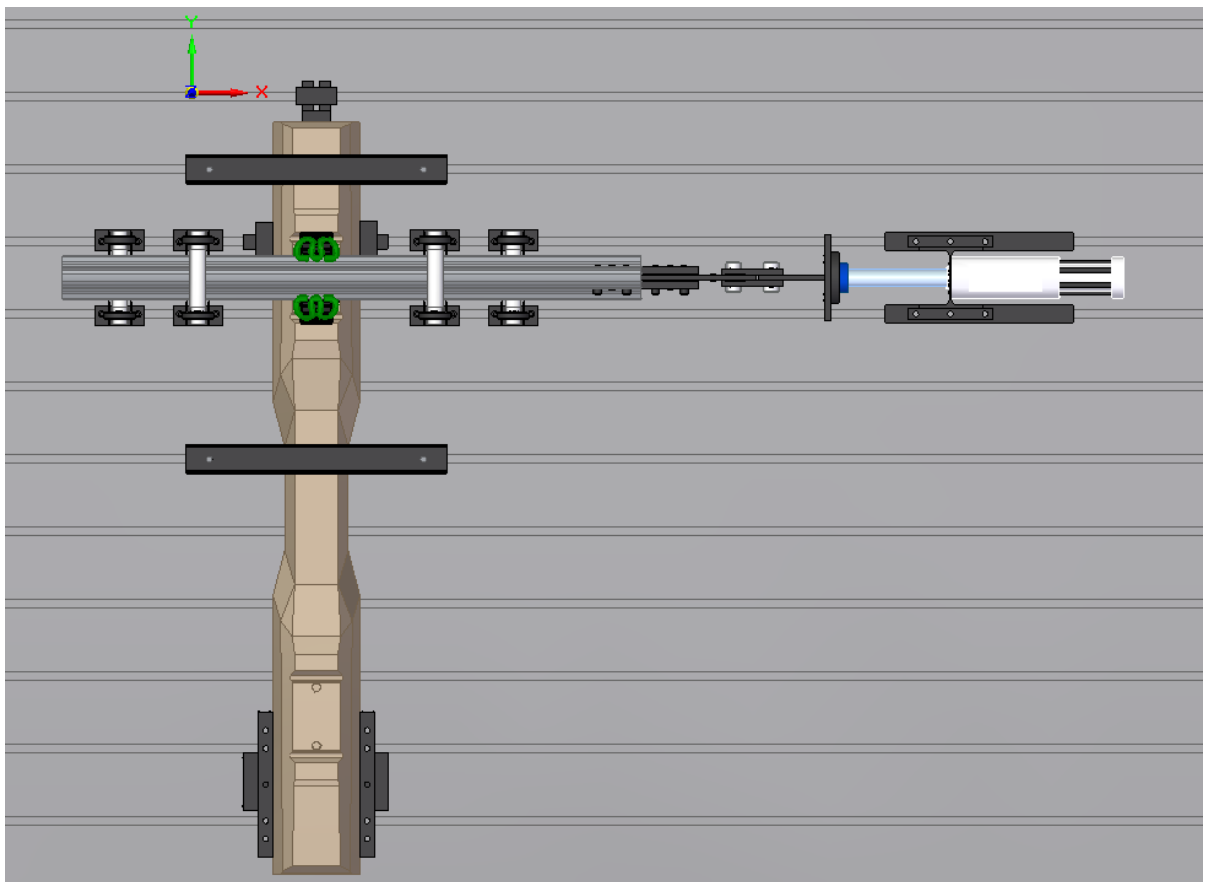
4. Měřicí sestava



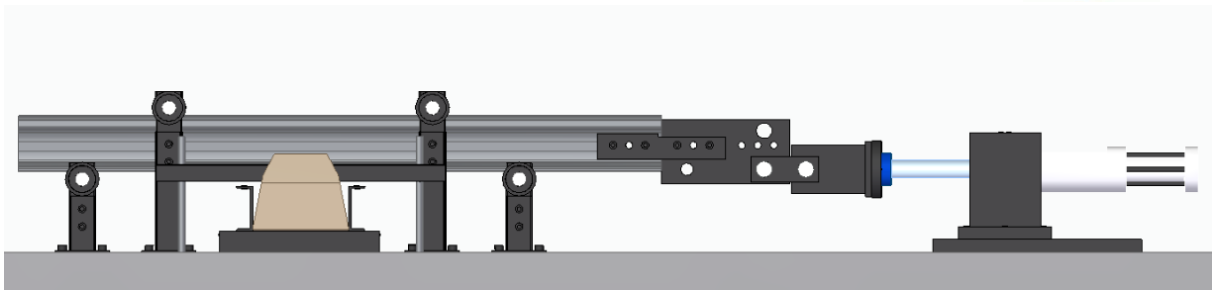
Obrázek 7: Zkušební sestava INOVA



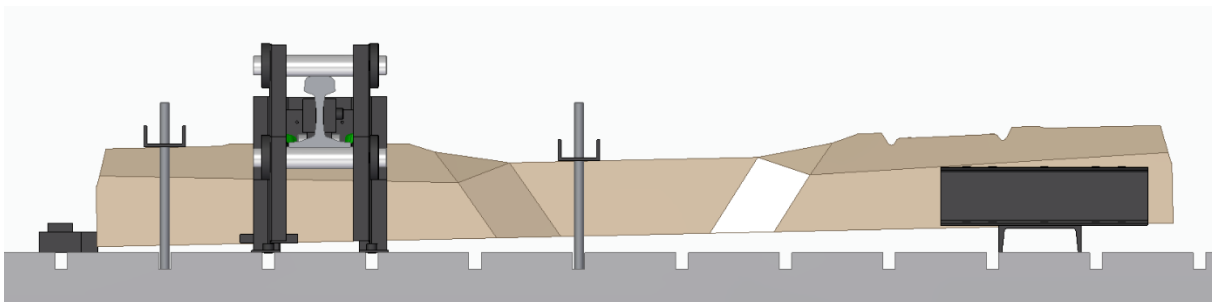
Obrázek 8: Zkušební sestava INOVA



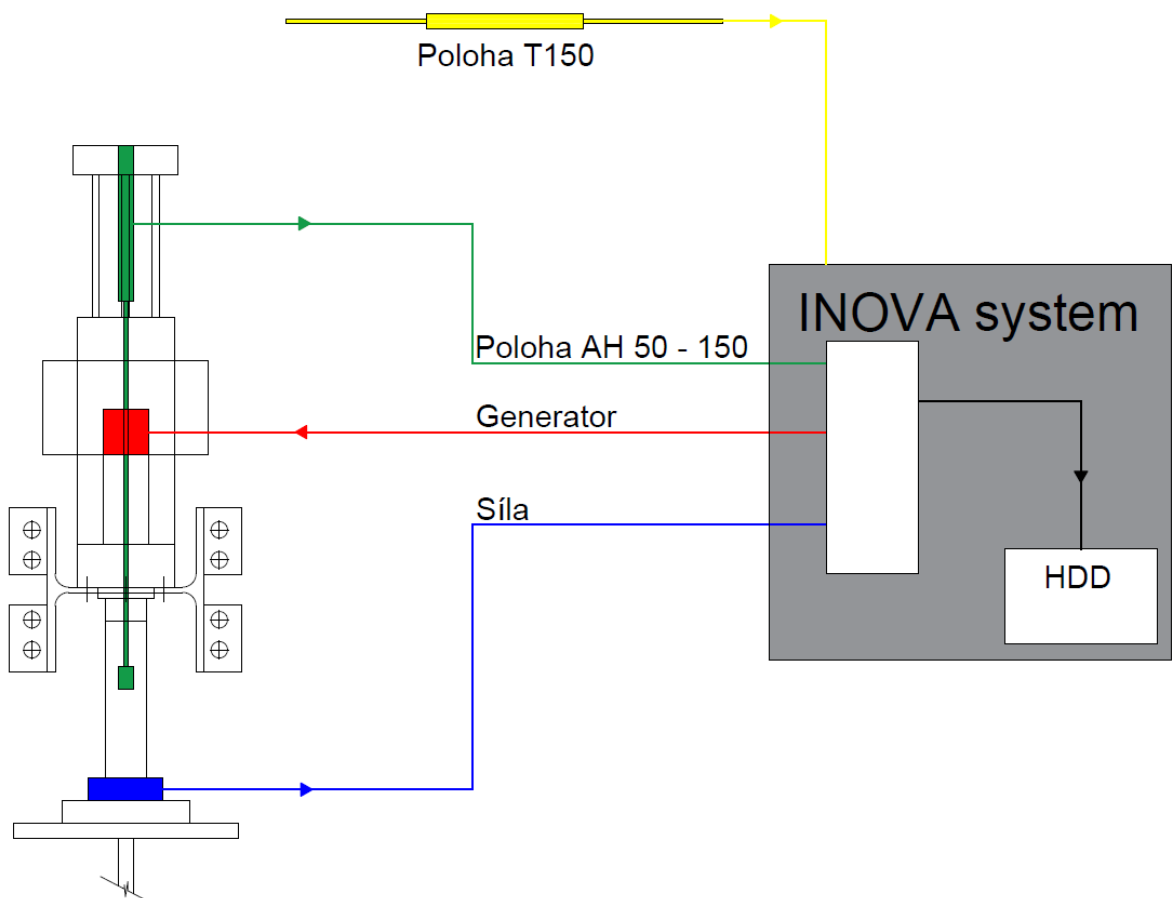
Obrázek 9: 3D model zkoušky, pohled shora



Obrázek 10: 3D model zkoušky, pohled z boku



Obrázek 11: 3D model zkoušky, pohled z čela



Obrázek 12: Schéma měřícího řetězce



5. Měřené veličiny

Zatěžovací zkoušky byly realizované na dynamickém stavu INOVA. Použit byl zatěžovací válec AH 50 – 150 – V1 s integrovaným snímačem polohy Messotron a připojeným siloměrem INTERFACE. Dále byl na kolejnici upevněn snímač polohy Novotechnik T150.

Průběh zatěžování na dynamickém zkušebním stavu INOVA byl vždy řízen polohou, tzn. kolejnice se při každé zkoušce pohybovala stejnou konstantní rychlostí se záznamem měnící se síly vzhledem k posunu v čase.

Měřenými veličinami byly:

- | | | |
|-----------------------|--|------|
| 1) poloha T150 | Horizontální poloha snímače Novotechnik T150 | [mm] |
| 2) poloha AH 50 – 150 | Horizontální poloha snímače Messotron válce AH 50 – 150 – V1 | [mm] |
| 3) síla | Horizontální síla válce INOVA AH 50 – 150 – V1 | [kN] |
| 4) generator | Cílená poloha pístu válce INOVA AH 150 – 50 – V1 | [mm] |
| 5) target | Požadovaná poloha pístu válce INOVA AH 150 – 50 – V1 | [mm] |



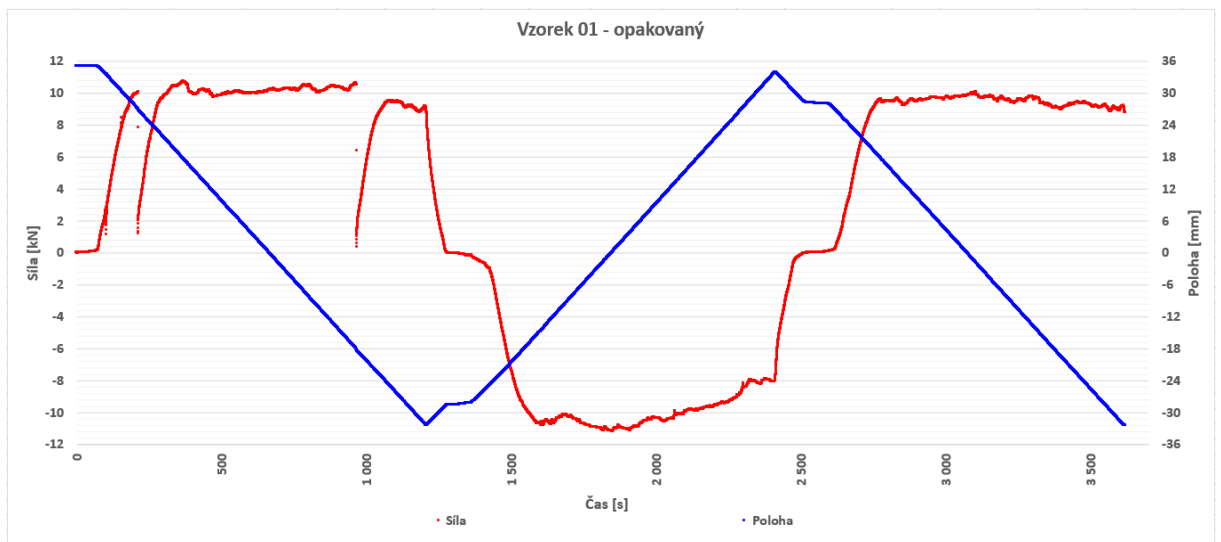
6. Naměřené údaje

Naměřená data jsou uložena v příloze. Jedná se o záznamy polohy obou snímačů a záznam síly.

Systém dat:

Data jsou uložena ve formátu txt a xlsx.

- 1) Základní naměřená data jsou uložena ve formátu txt.
- 2) Převedená a upravená naměřená data společně s jejich grafickým zobrazením jsou uložena ve formátu xlsx.



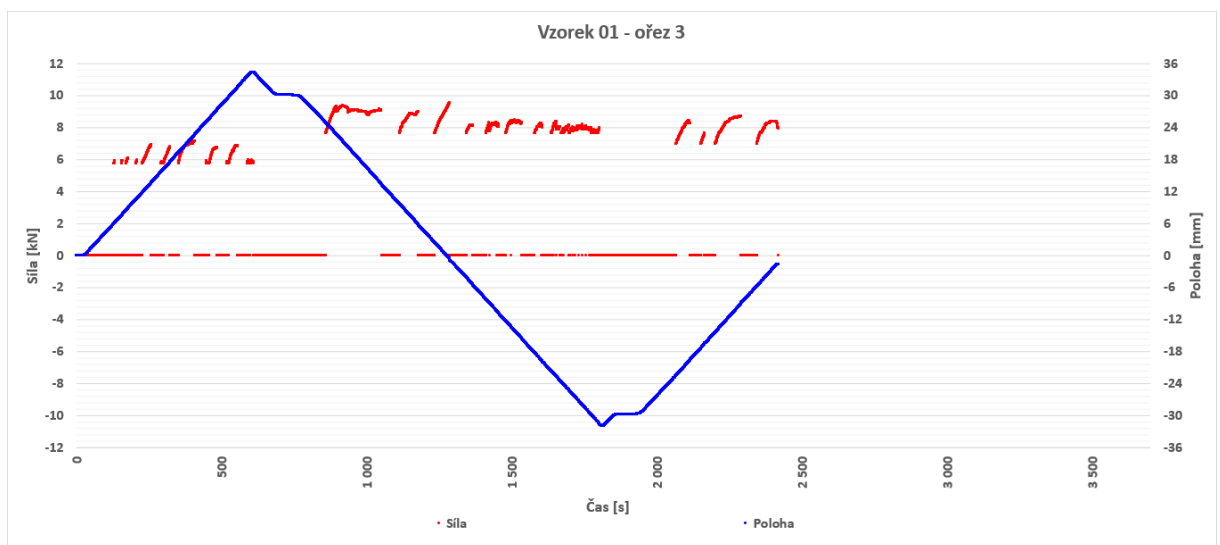
Obrázek 13: Příklad grafického zobrazení záznamu zkoušky vzorku V01ot (červená = síla, modrá = poloha T150)



7. Vyhodnocení

Během zkoušek pružného upevnění bylo podrobena zkouškám 22 vzorků. Jednalo se o 18 vzorků opotřebovaných použitím v běžném provozu a 4 nové vzorky. Vzorky V01, V02, V03, V04, V09, V13, V14, V16, V17 a V18 byly zkoušeny dvakrát. Celkem bylo tedy provedeno 32 zkoušek. Naměřená data převedená do podoby grafů jsou v příloze.

Pro vyhodnocení naměřených dat byla stanovena metodika hodnocení. Data byla rozdělena na jednotlivé posuny z jedné úvrati do druhé a pro každý zvlášť byla stanovena maximální hodnota síly, od které se dále odvíjelo stanovení procentuální části. Grafická podoba vyhodnocených dat je na obrázku 14. Hodnoty síly se nacházejí všechny v kladné části z důvodu použití funkce absolutní hodnota. Zobrazené hodnoty jsou maximálně o 20 % menší než maximum pro každý posun zvlášť a zároveň splňují podmínku, která vylučuje hodnoty s větším rozdílem než 1 % z maxima vůči sousední hodnotě. Hodnoty mediánu (střední hodnoty) a směrodatné odchylky získané touto metodikou vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce níže. Medián reprezentuje odpor proti podélnému posunování kolejnice v pružném upevnění a směrodatná odchylka vypovídá o rozložení dat kolem mediánu. V praxi to tedy znamená, že čím častěji docházelo u vzorku k poskočení, tím je směrodatná odchylka větší, v úvahu musí být samozřejmě brána i hodnota, o jakou síla poskočila. Četnost poskočení (skokové ztráty přilnavosti svěrky k povrchu kolejnice) je uvedena rovněž v tabulce. Vyhodnocená data pomocí metodiky včetně grafů jsou součástí přílohy ve formátu xlsx.



Obrázek 14: Upravený záznam vzorku V01 navrženou metodikou (červená = síla, modrá = poloha T150)



Vzorek	medián	směrodatná odchylka	četnost prudkých poklesů	Vzorek	medián	směrodatná odchylka	četnost prudkých poklesů
V01	8,051	0,921	25	V12	8,301	0,674	12
V01ot	9,842	0,567	2	V13	8,398	0,730	14
V02	8,940	1,193	26	V13ot	6,908	1,125	44
V02ot	9,076	0,298	0	V14	8,354	0,782	18
V03	9,055	0,641	41	V14ot	7,560	0,847	35
V03ot	8,694	0,571	10	V15	8,598	0,840	16
V04	9,989	0,826	25	V16	21,562	1,389	47
V04ot	8,602	0,687	8	V16ot	22,182	1,393	21
V05	9,443	0,411	20	V17	19,079	1,076	50
V06	8,908	0,438	30	V17ot	18,752	1,412	44
V07	6,335	0,556	30	V18	22,311	1,508	45
V08	7,735	0,562	10	V18ot	16,631	1,002	21
V09	8,116	0,499	24	V19	22,120	1,377	„chvění“ 0,5 - 2 kN
V09ot	6,365	0,939	27	V20	7,183	0,390	0
V10	6,962	0,736	8	V21	8,332	0,515	3
V11	7,167	0,286	11	V22	7,718	0,361	5

Vzorky, které nedosáhly požadované hodnoty odporu proti posunutí, jsou označeny červeně. Nejmenší hodnota stanovená standardem Českých drah je 7 kN [3].



8. Závěr

Z naměřených dat byly zvolenou metodikou stanoveny odpory proti podélnému posunutí kolejnice v pružném upevnění. Jednalo se o vzorky systému Vossloh W 14 a W 30 HH. Minimální stanovená hodnota odporu je 7 kN. Této síly nedosáhly vzorky V07, V10 a vzorky při jejich opakovaných testech V09ot a V13ot. Vzorky V07, V09 a V10 jsou vzorky použité dříve v oblouku trati Adamov – Blansko, kolej č. 1. Vzorek V13 byl použit na trati Český Brod, kolej č. 2.



POUŽITÁ LITERATURA

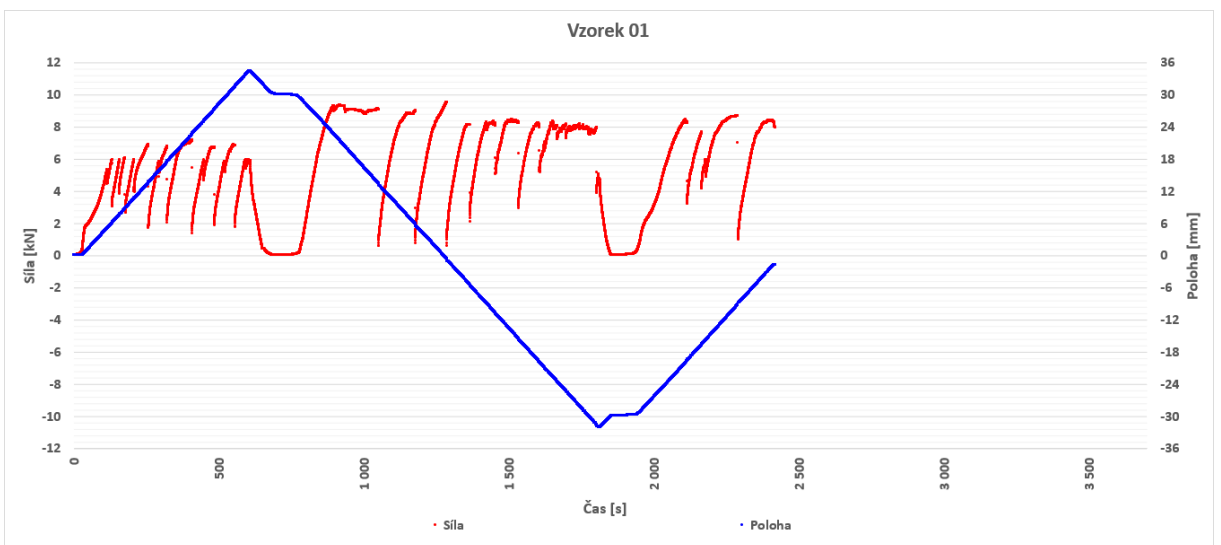
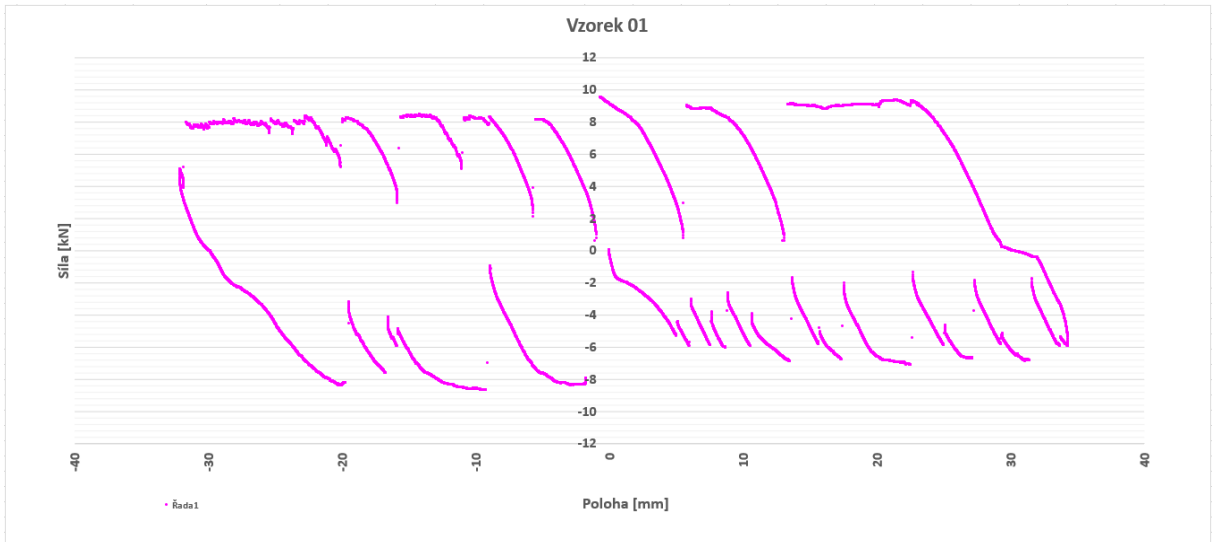
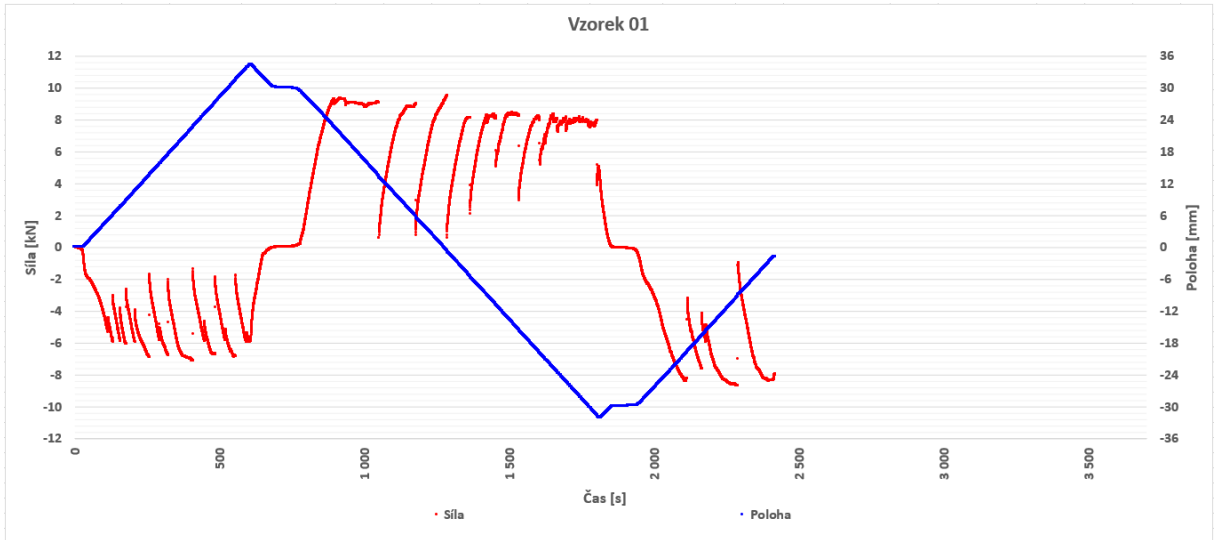
- [1] System W 14. *Vossloh* [online]. Germany: Vossloh Fastening Systems [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.vossloh.com/en/products-and-solutions/product-finder/product_11018.php

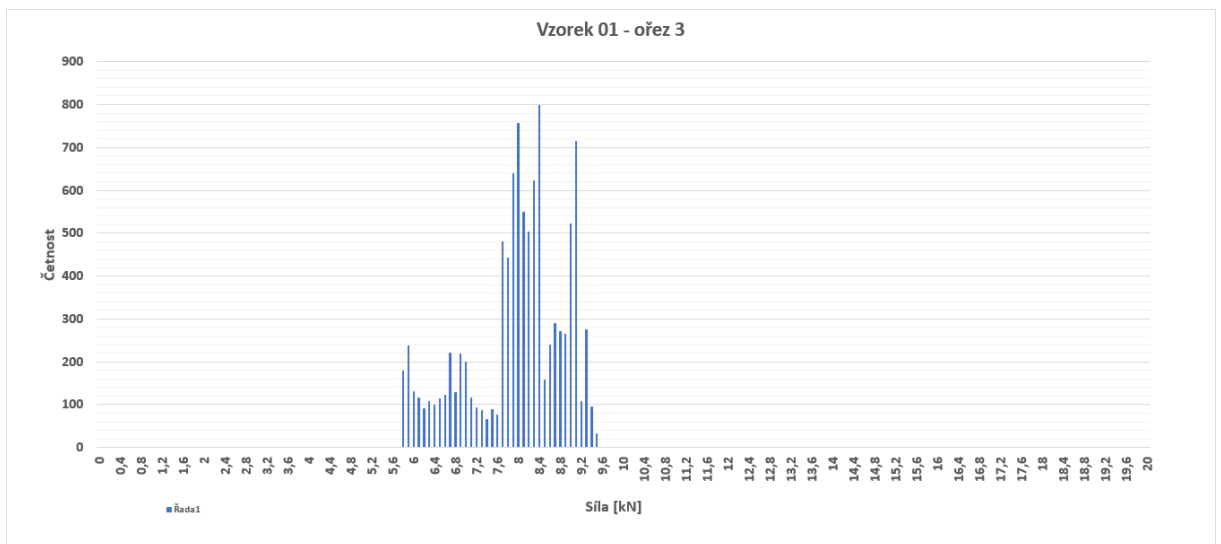
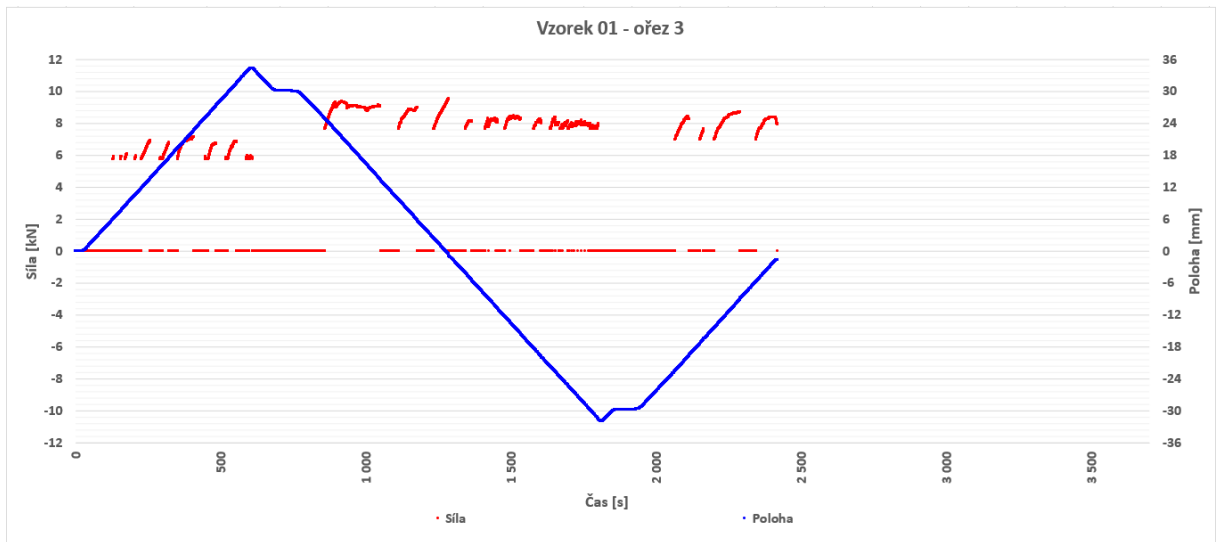
- [2] System W 30 HH. *Vossloh* [online]. Germany: Vossloh Fastening Systems [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://www.vossloh.com/en/products-and-solutions/product-finder/product_11023.php

- [3] PLÁŠEK, Otto, Pavel ZVĚŘINA, Richard SVOBODA a Vojtěch LANGER. *Železniční stavby II: Modul 6, Bezstyková kolej* [online]. In: . VUT Brno: FAST, 2006, s. 34 [cit. 2021-6-7]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BN02-Zeleznicni%20stavby%20II/M06-Bezstykov%C3%A1%20kolej.pdf>

Příloha B - Grafy

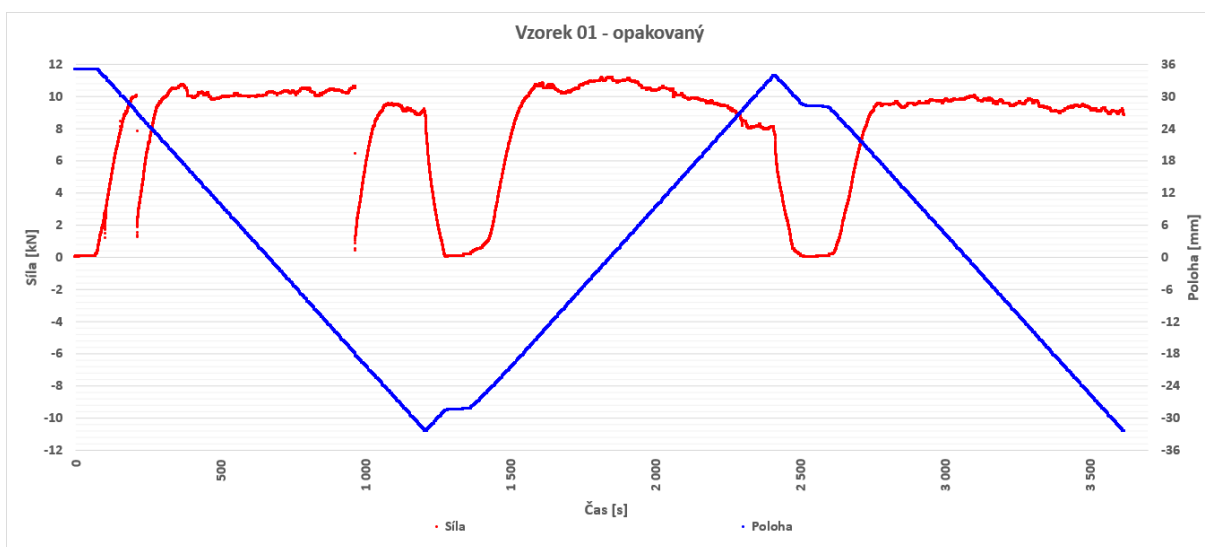
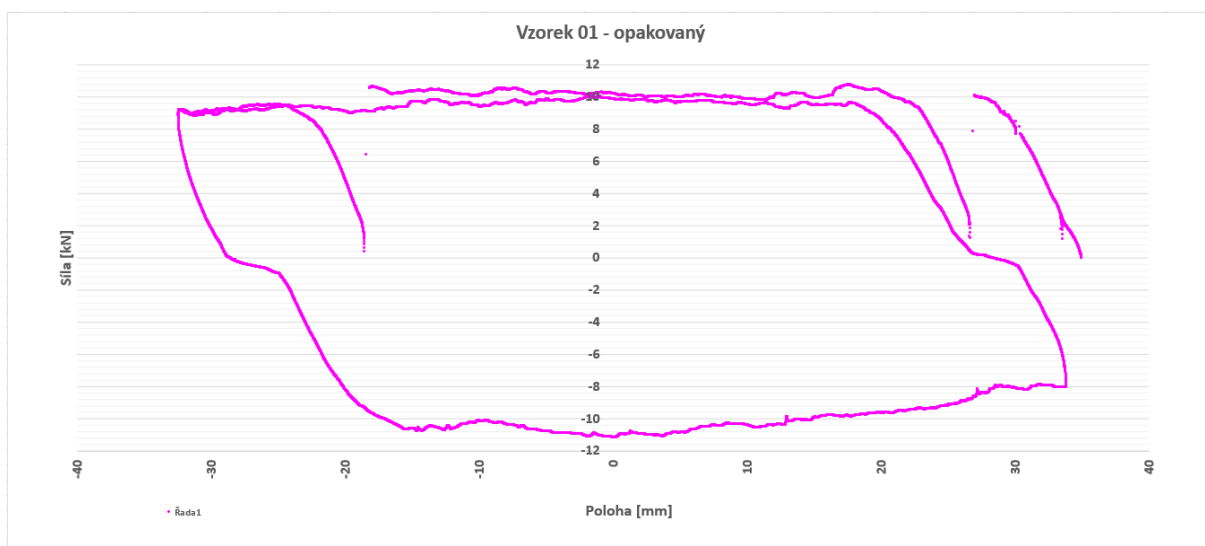
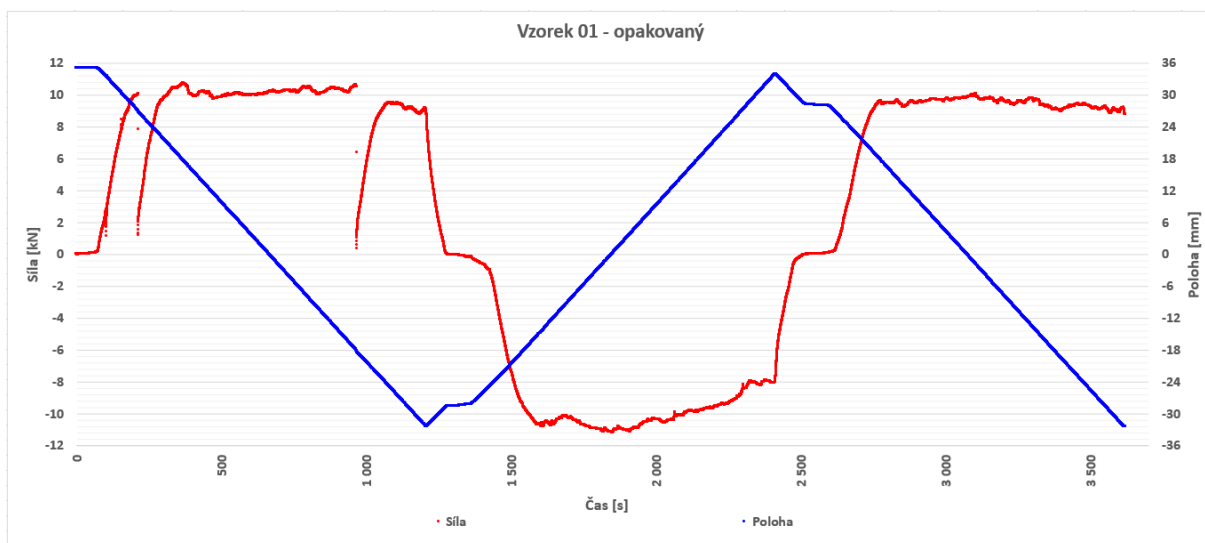
V01

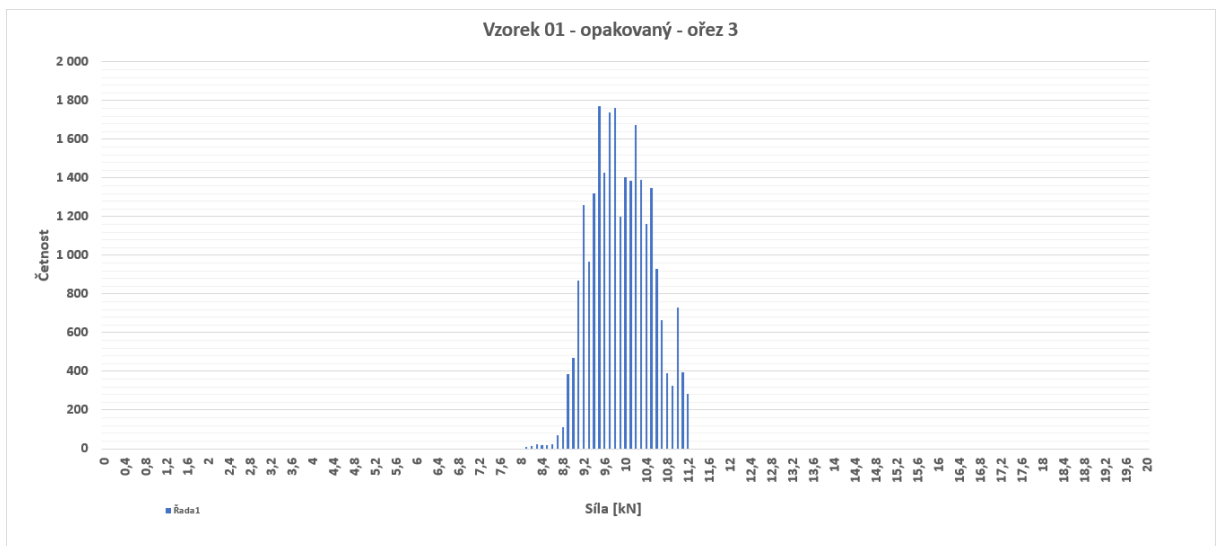
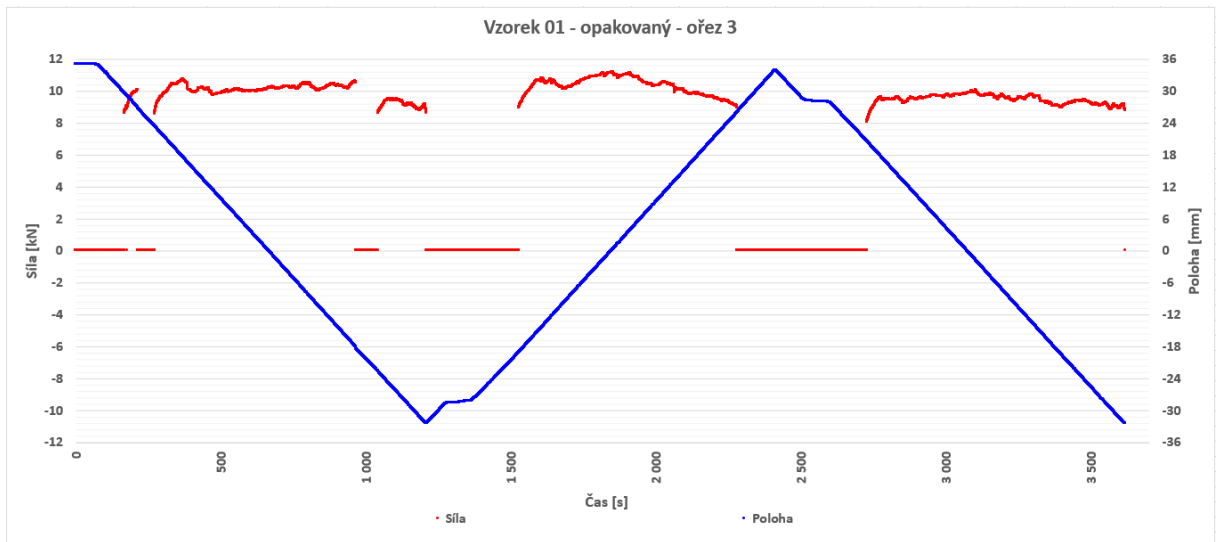




střední hodnota 8,051 kN
směrodatná odchylka 0,921

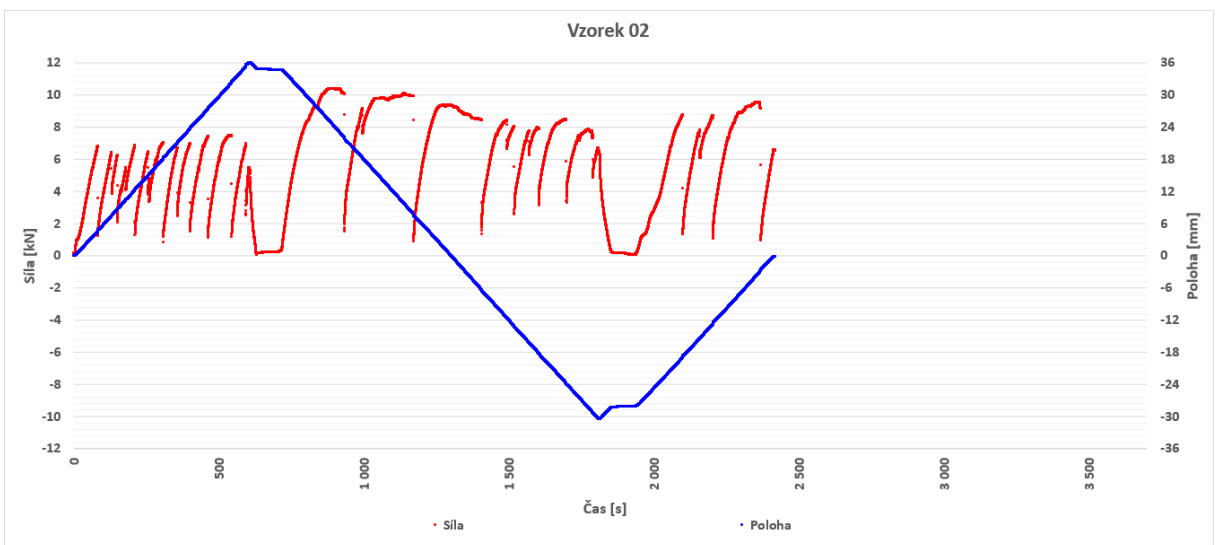
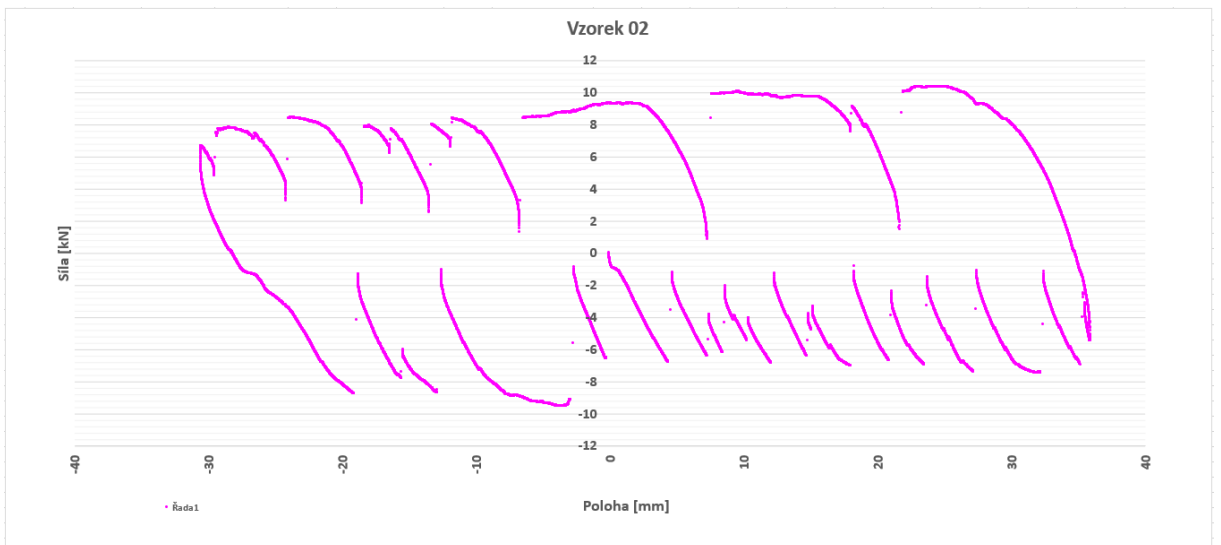
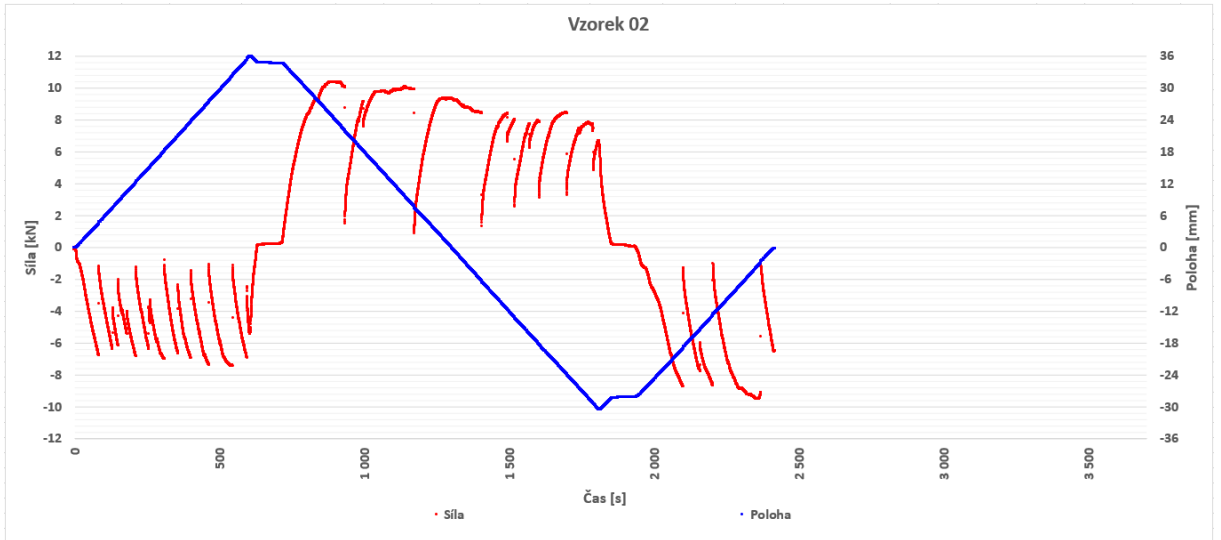
V01ot

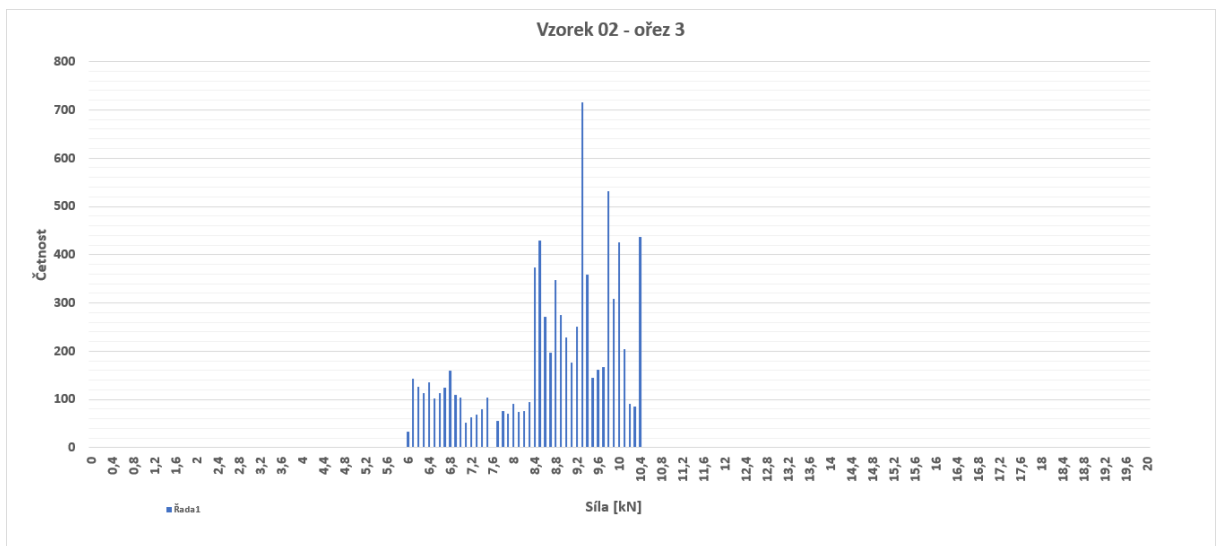
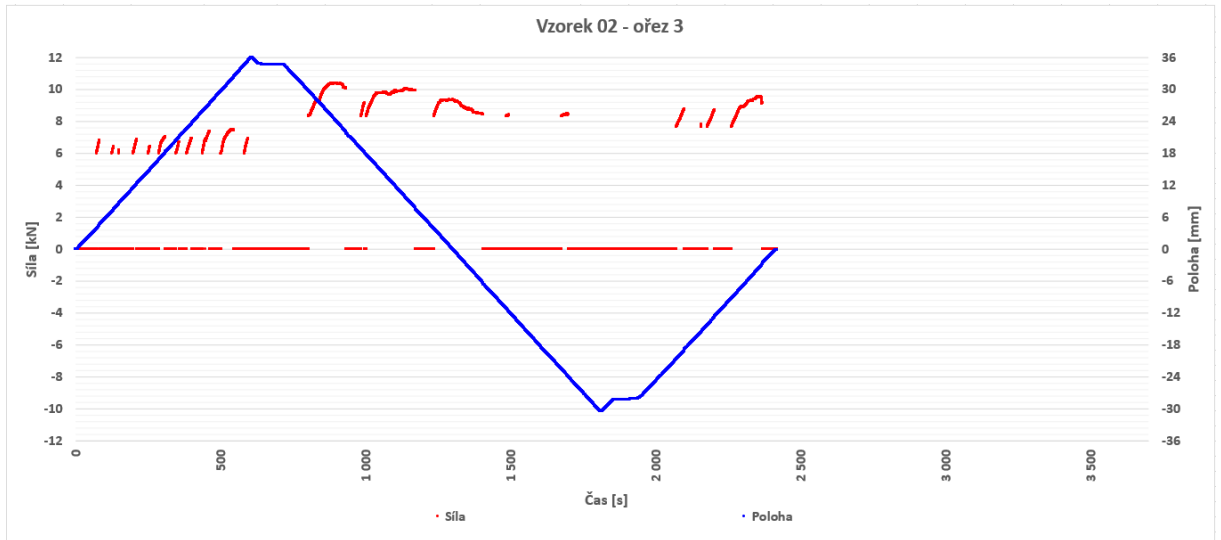




střední hodnota 9,842 kN
směrodatná odchylka 0,567

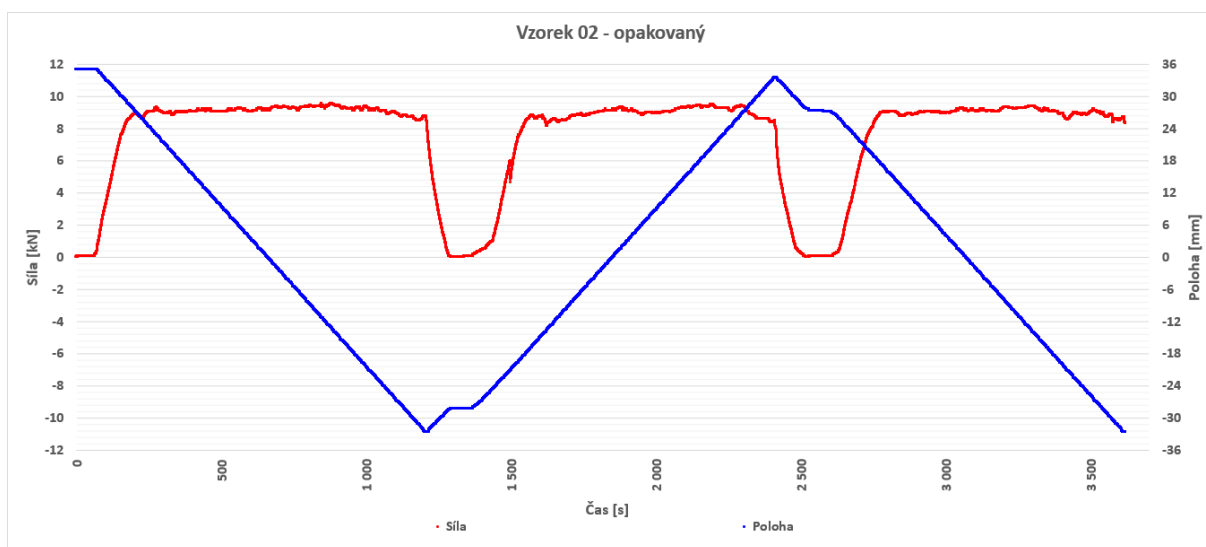
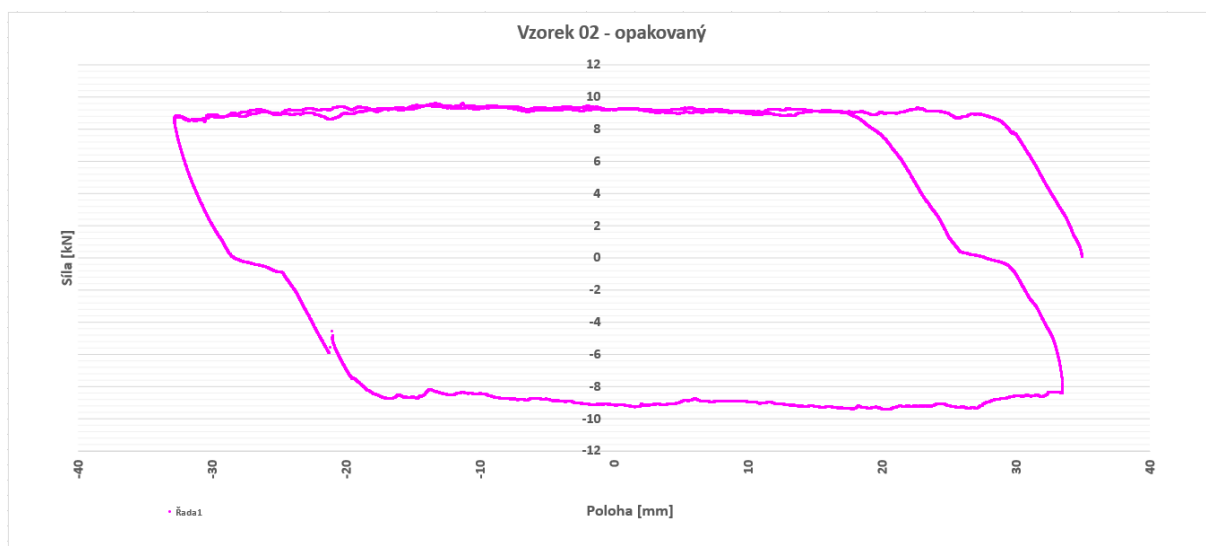
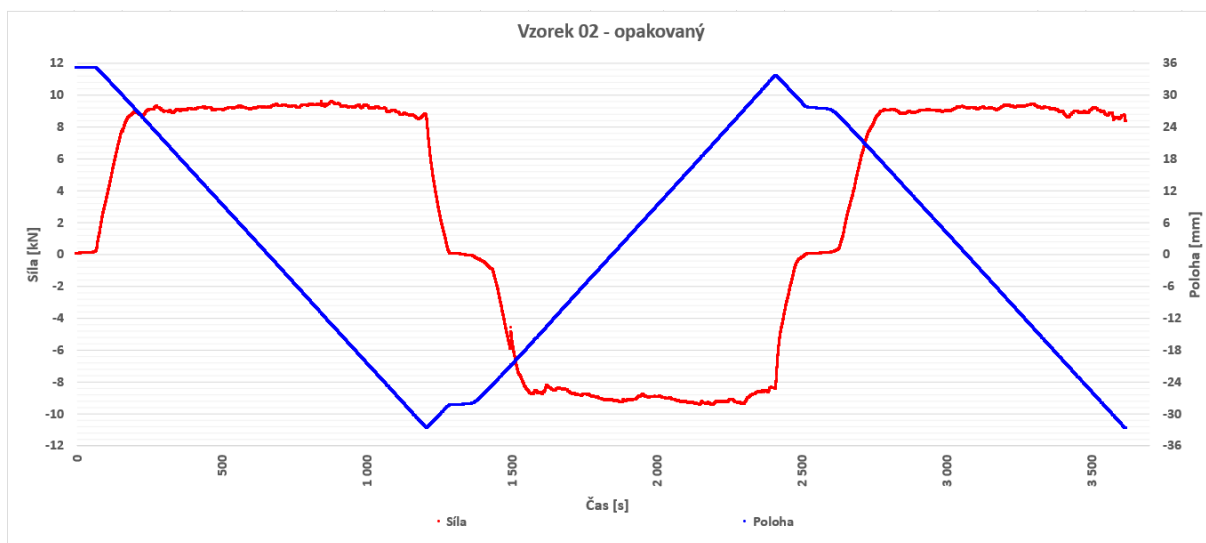
V02

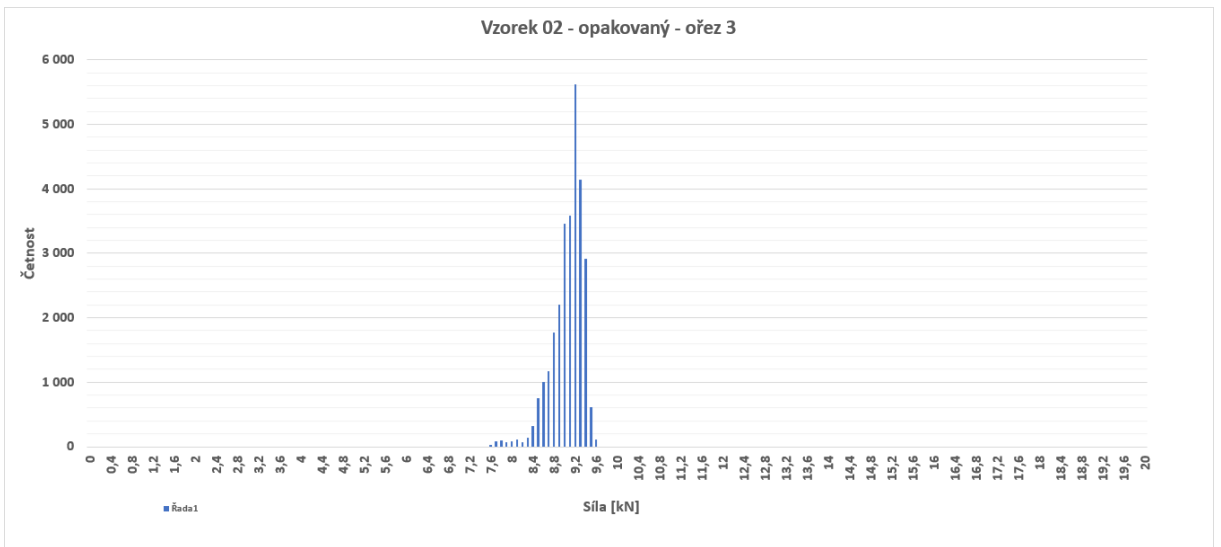
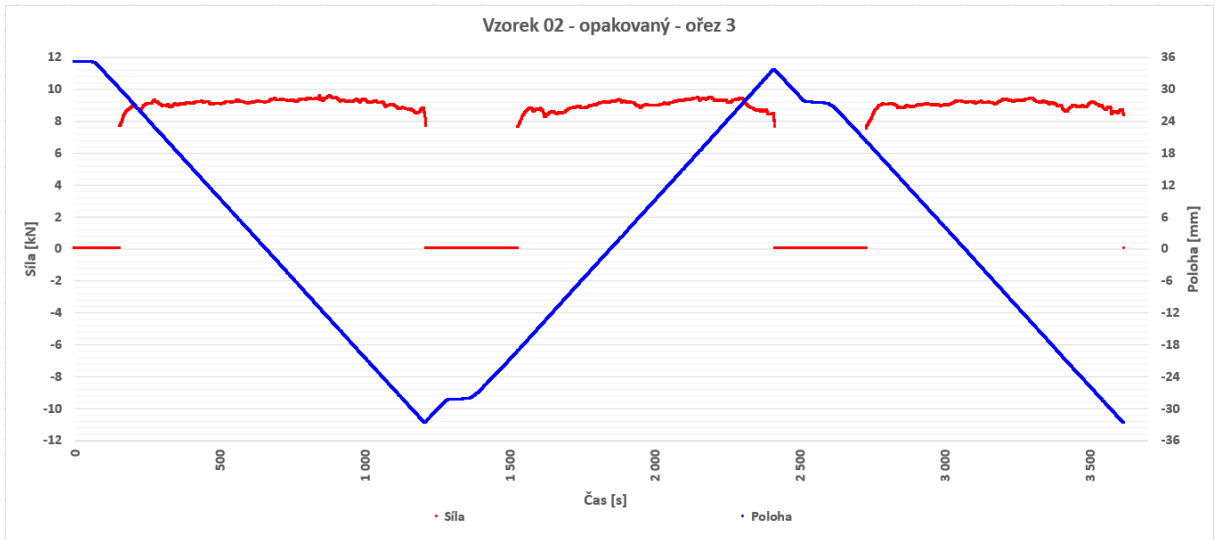




střední hodnota 8,940 kN
směrodatná odchylka 1,193

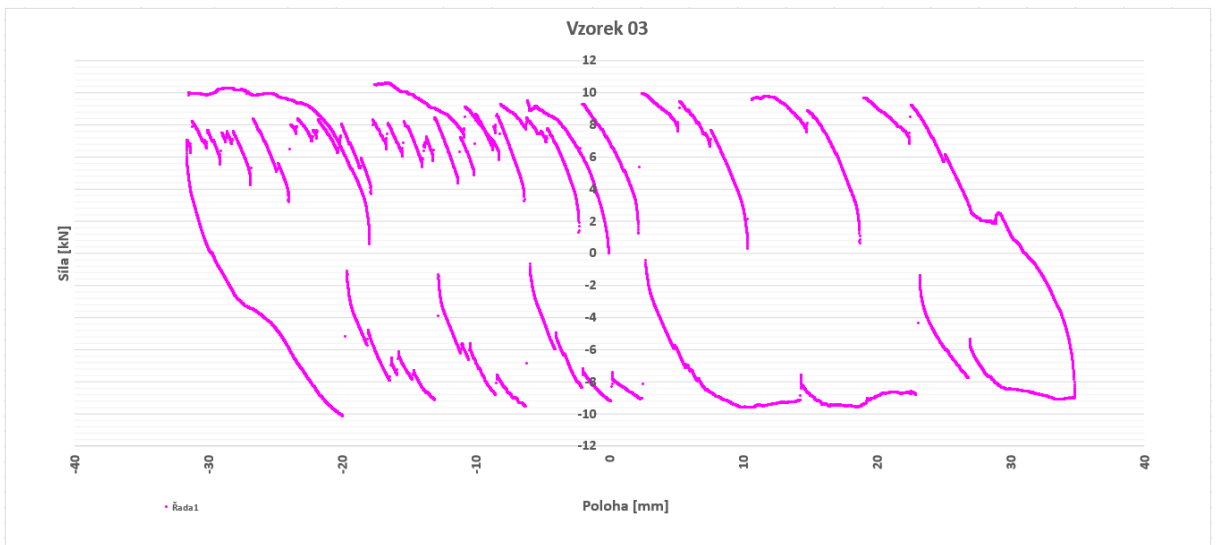
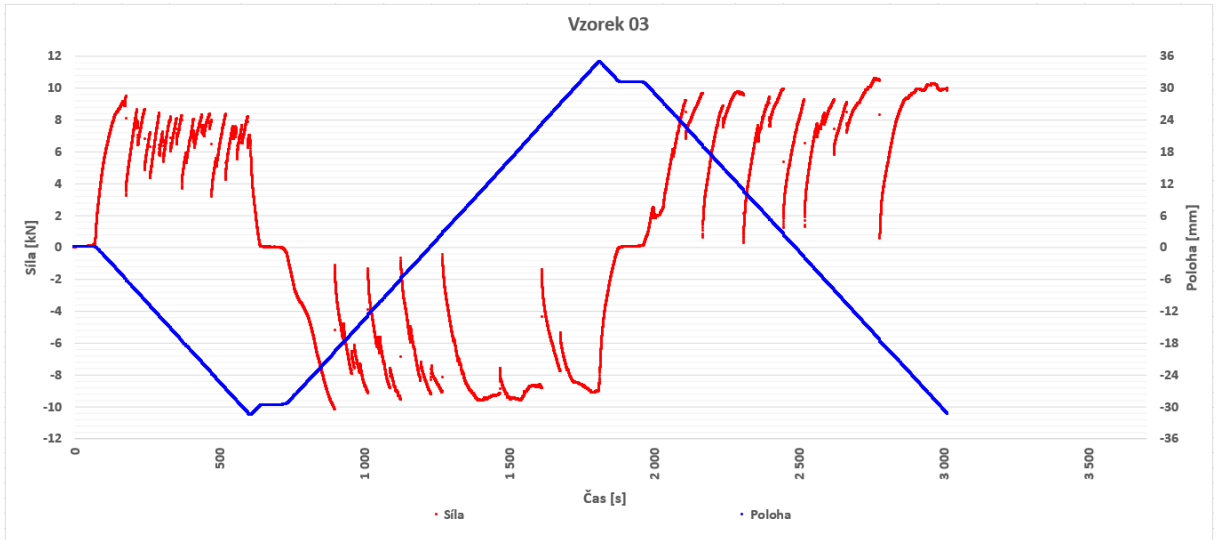
V02ot

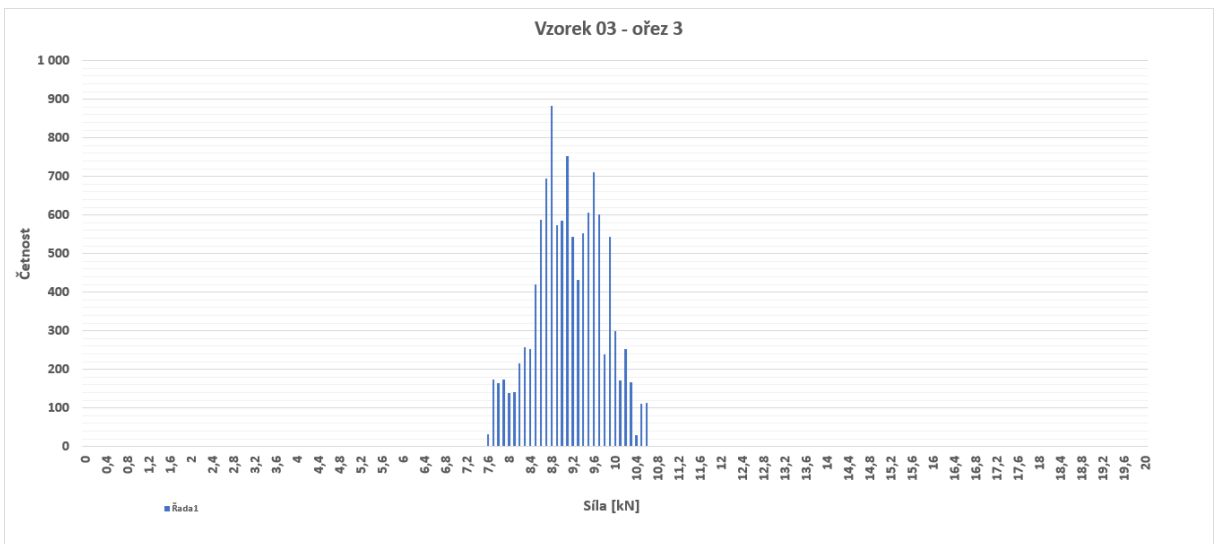
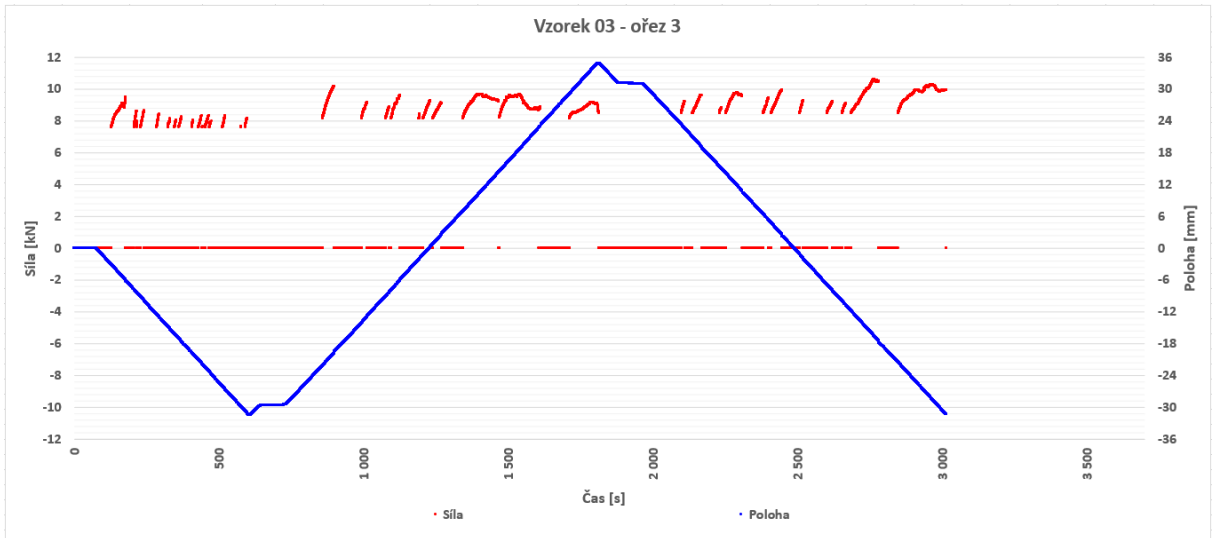




střední hodnota 9,076 kN
 směrodatná odchylka 0,298

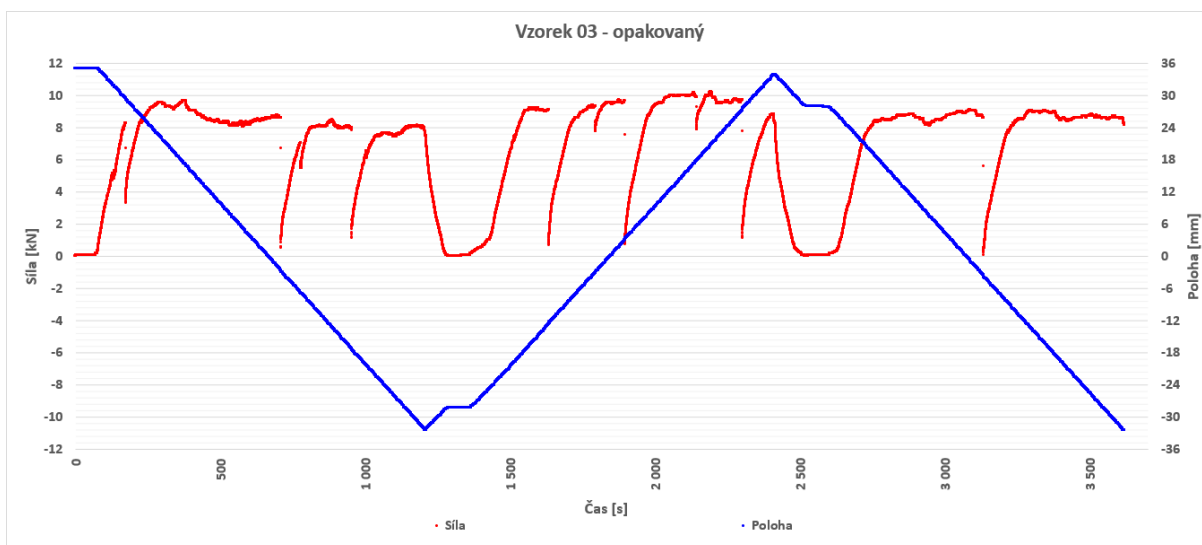
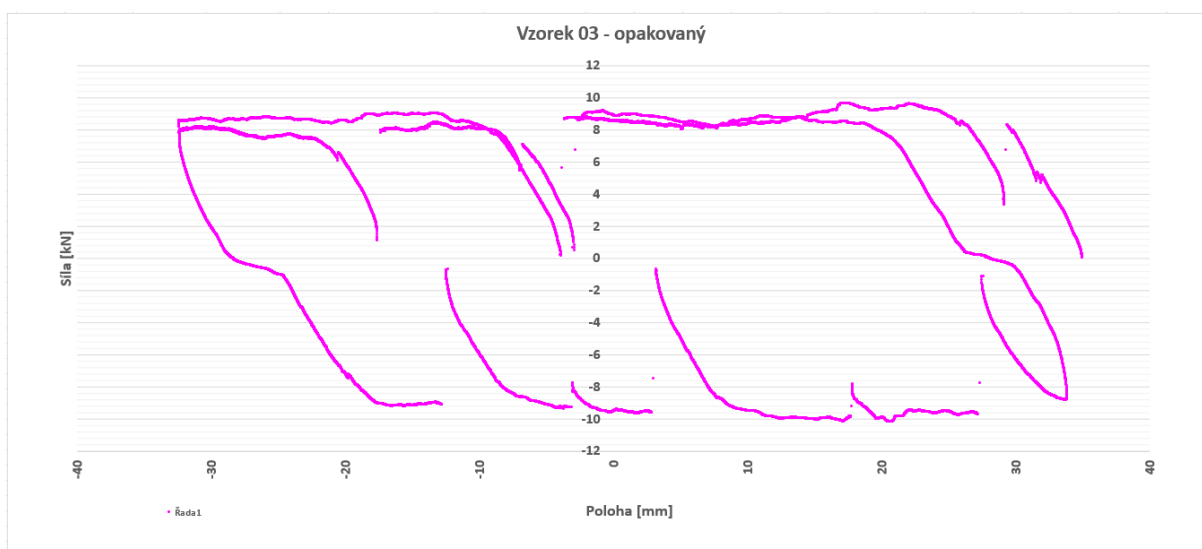
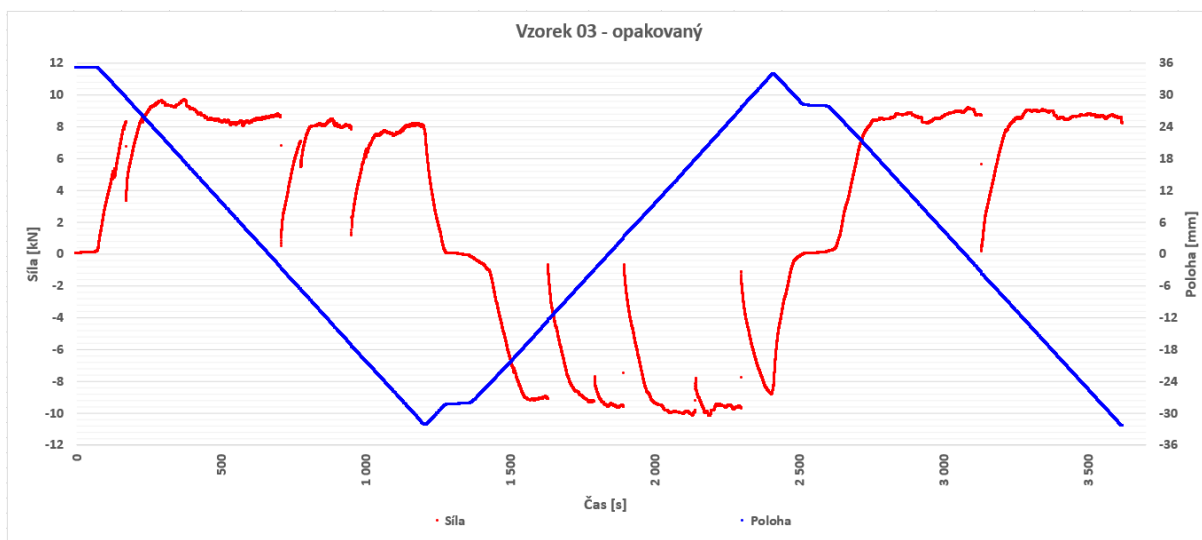
V03

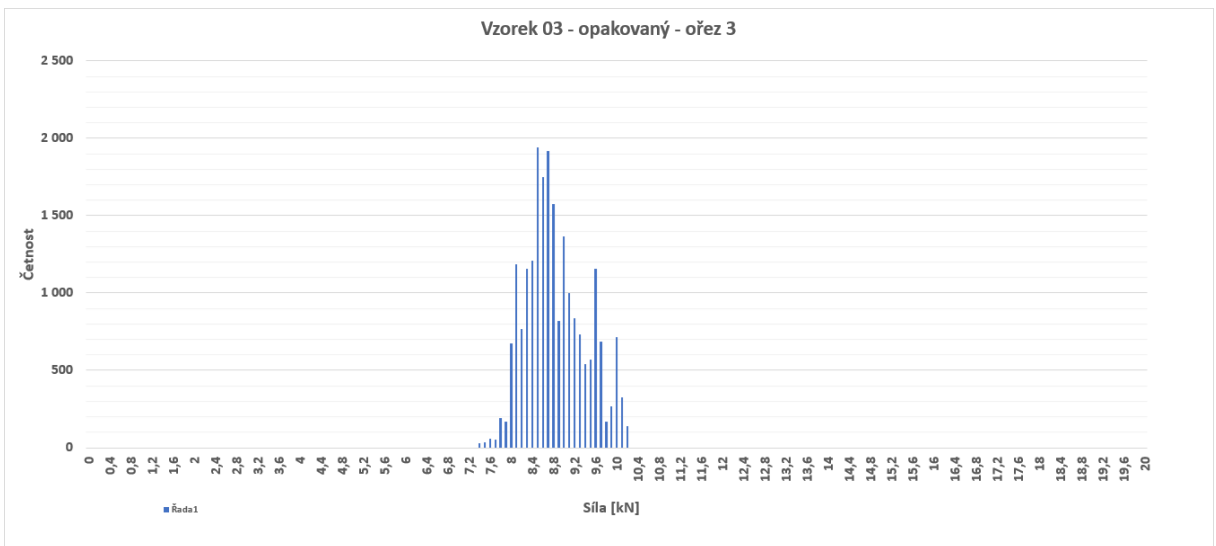
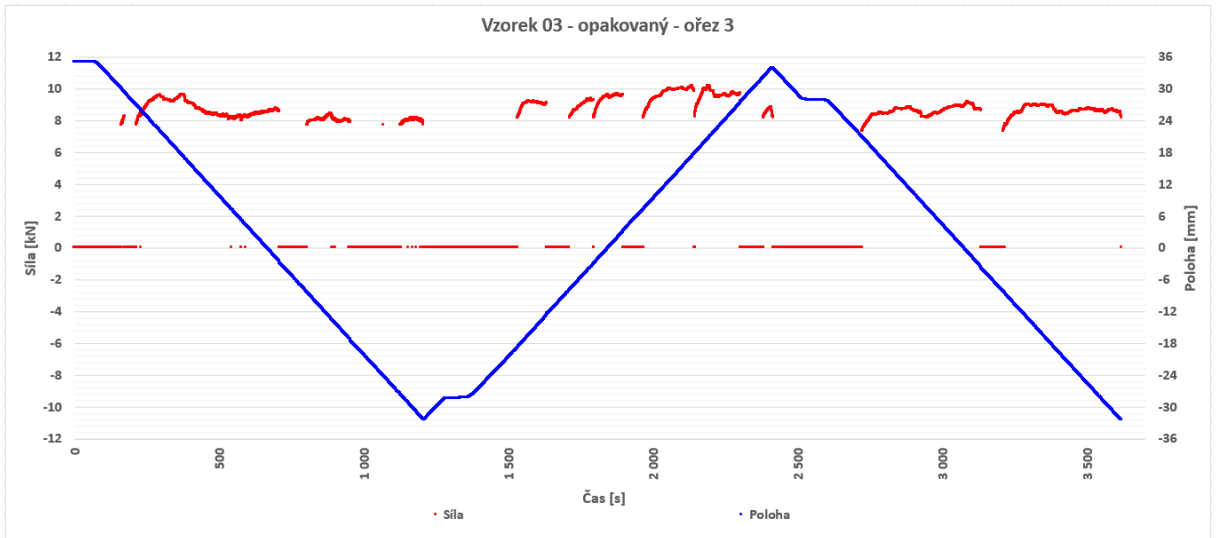




střední hodnota 9,055 kN
 směrodatná odchylka 0,641

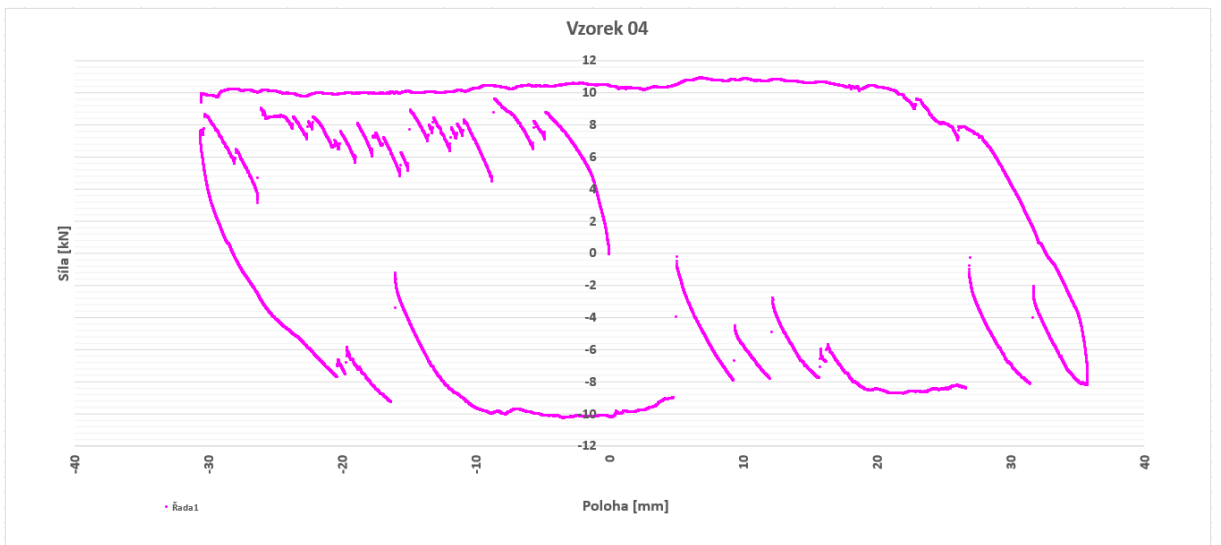
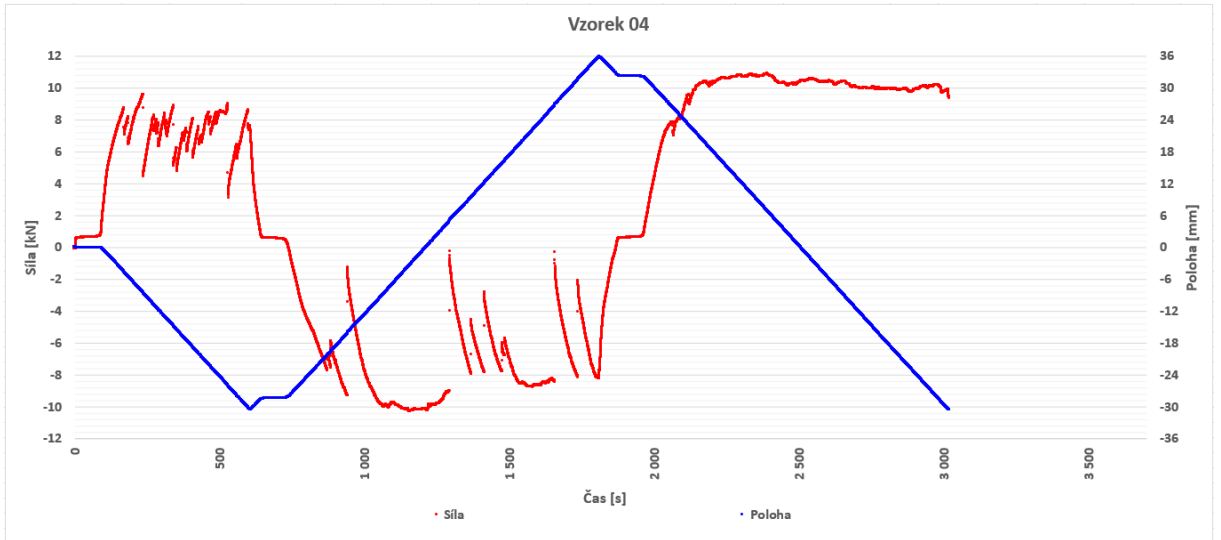
V03ot

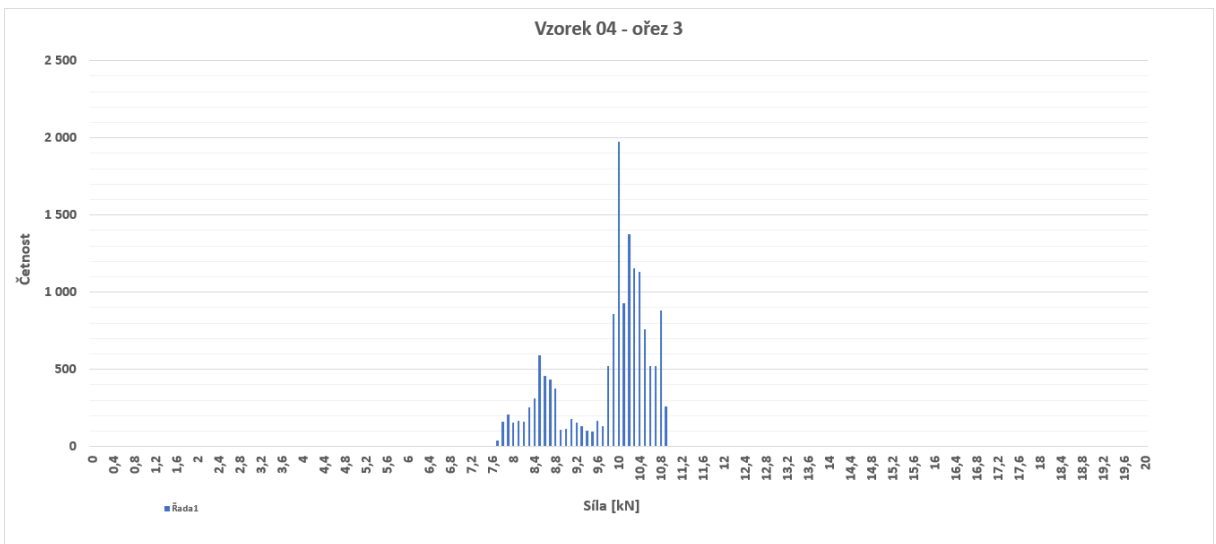
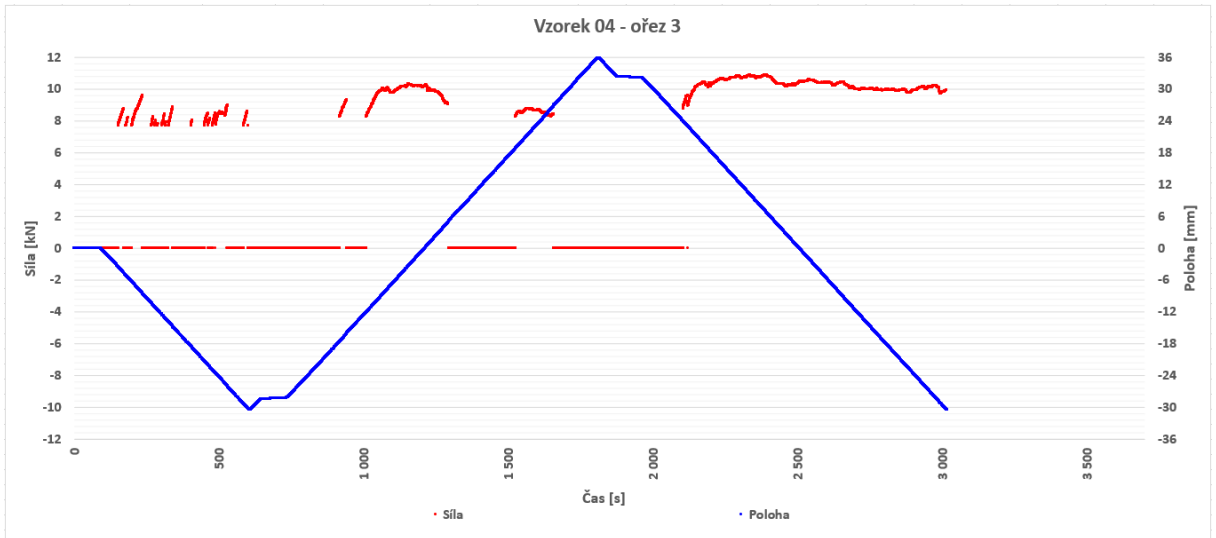




střední hodnota 8,694 kN
směrodatná odchylka 0,571

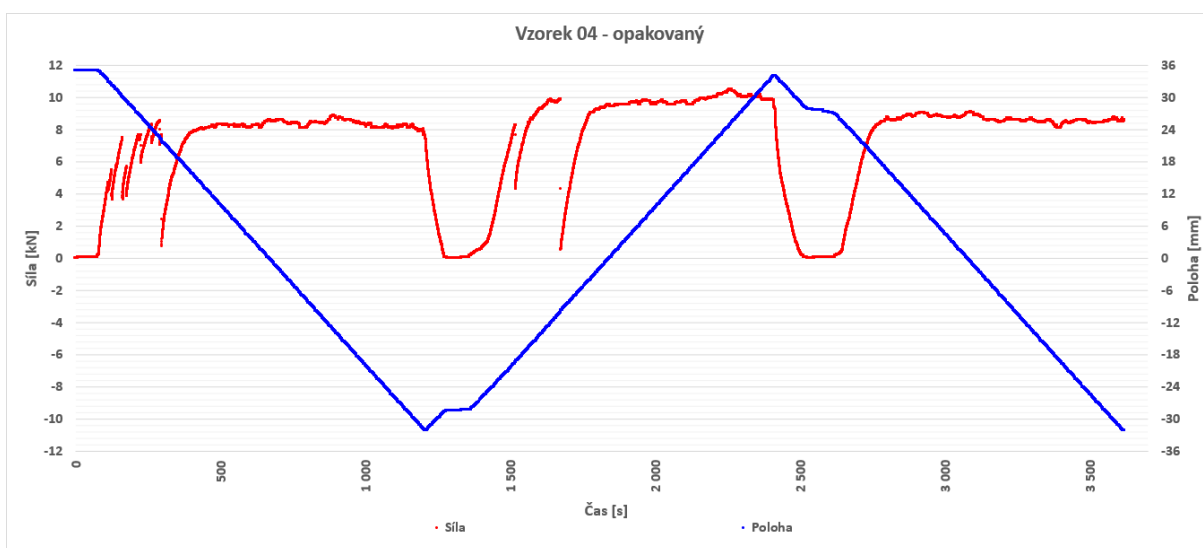
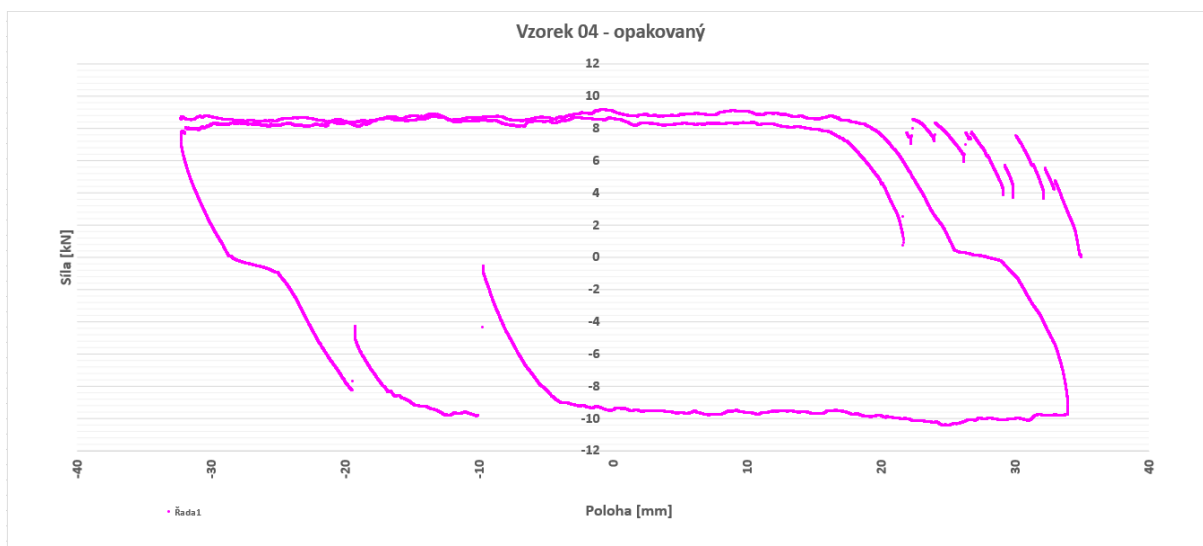
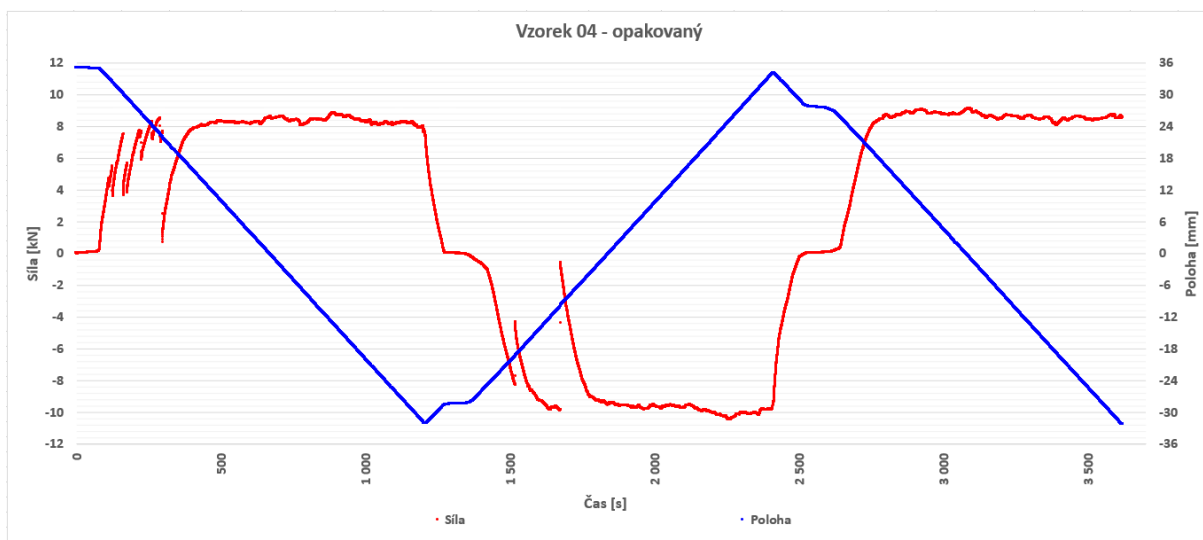
V04

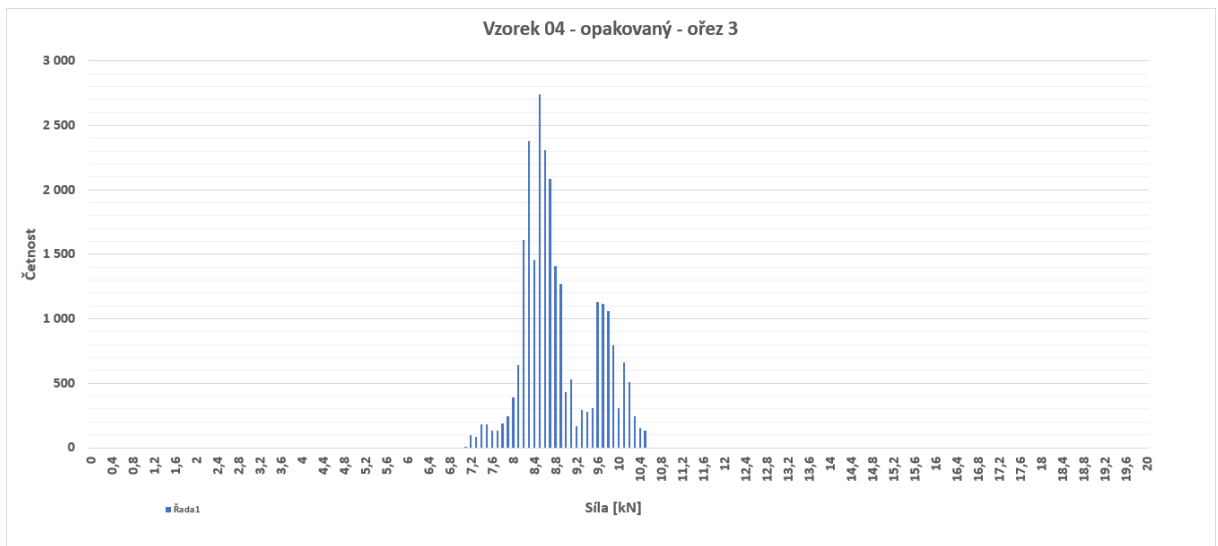
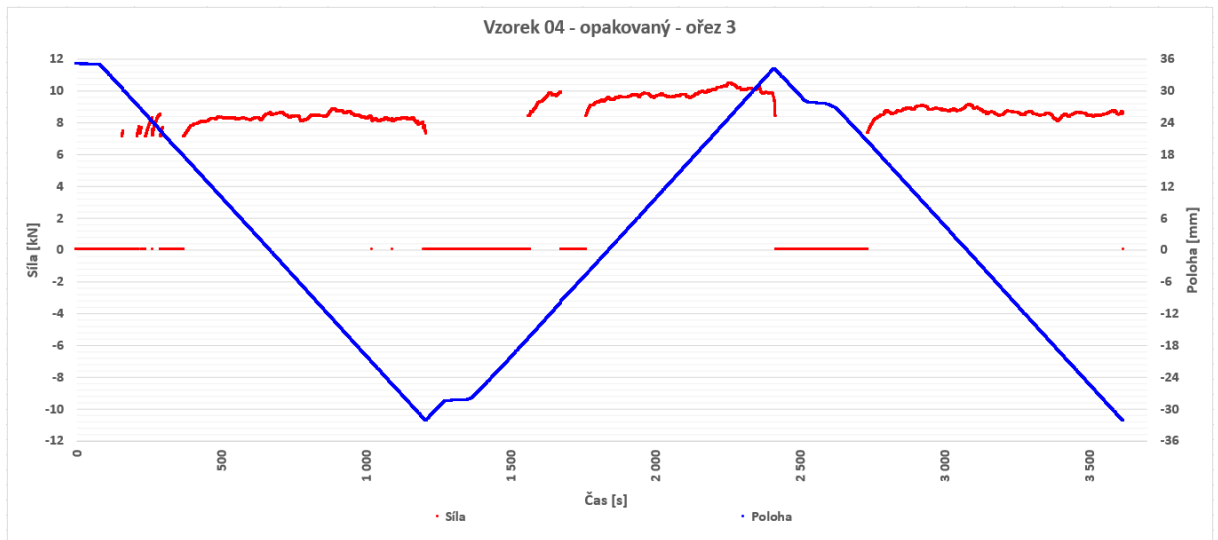




střední hodnota 9,989 kN
směrodatná odchylka 0,826

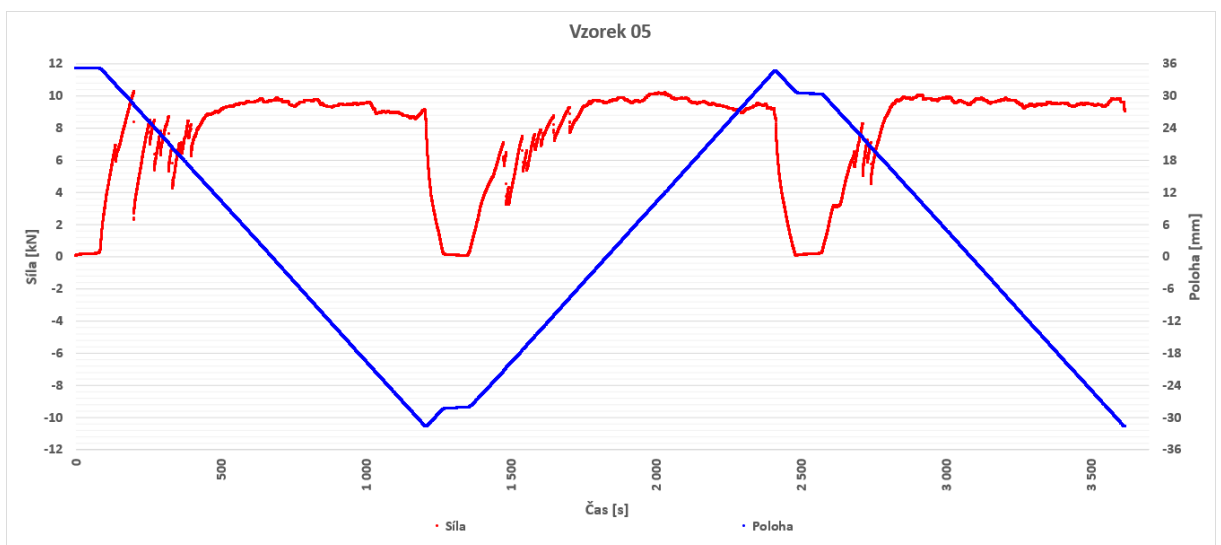
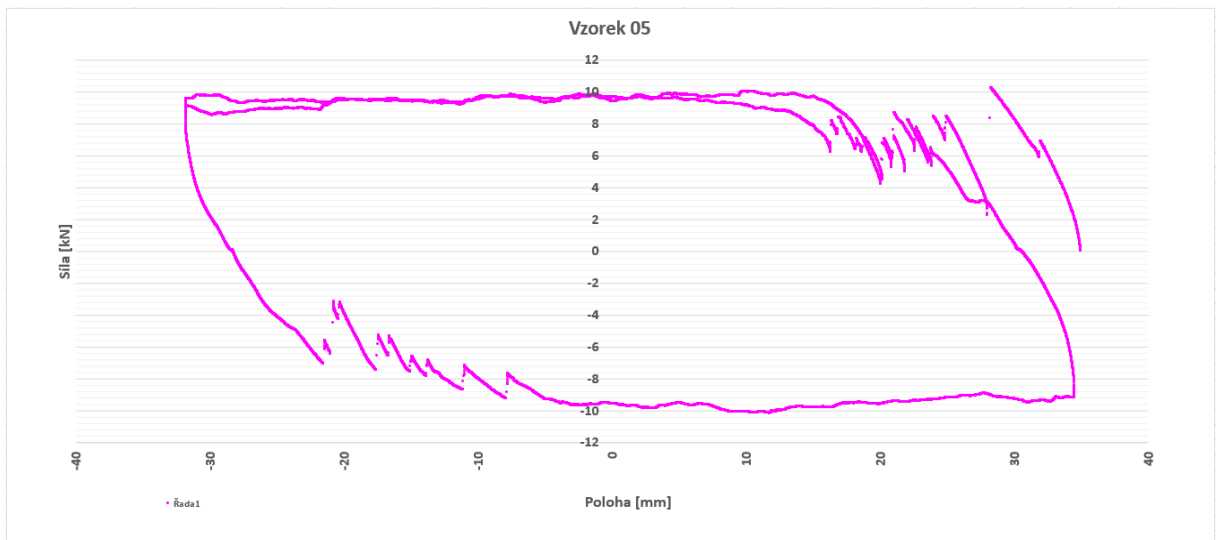
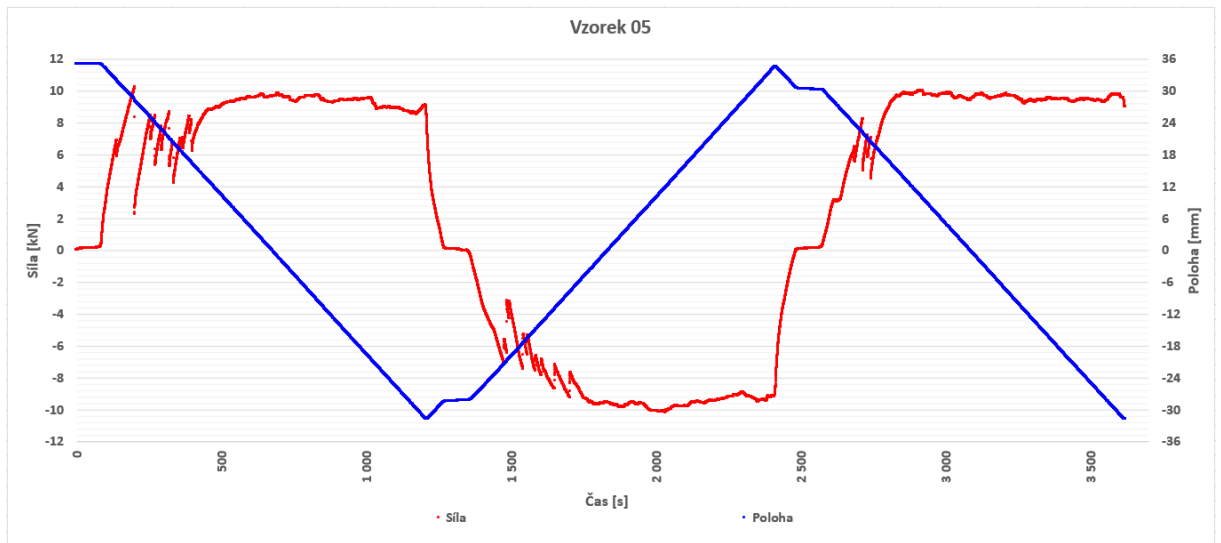
V04ot

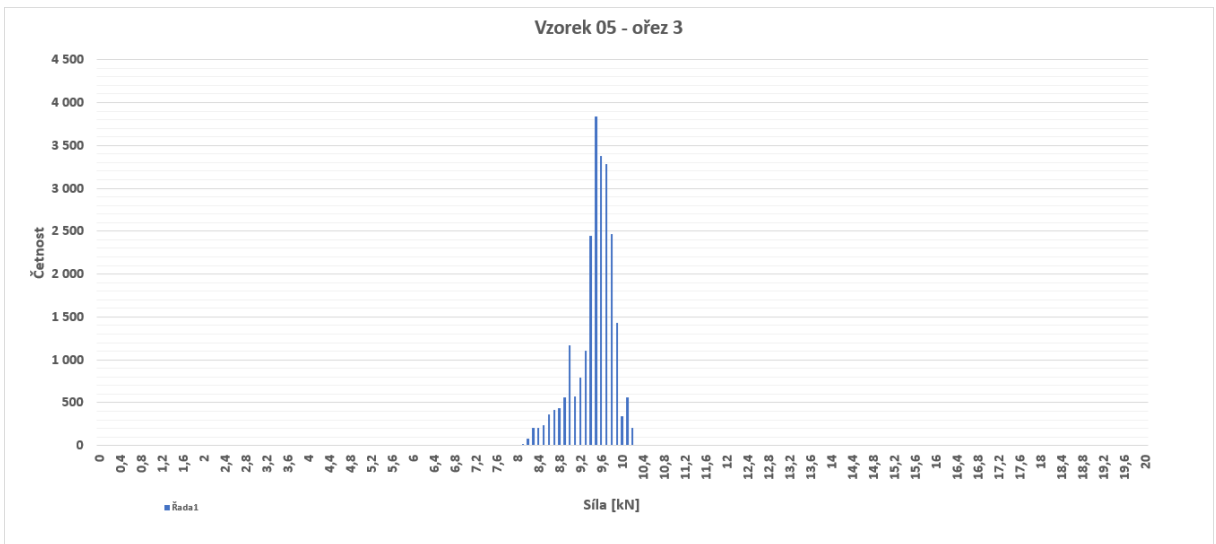
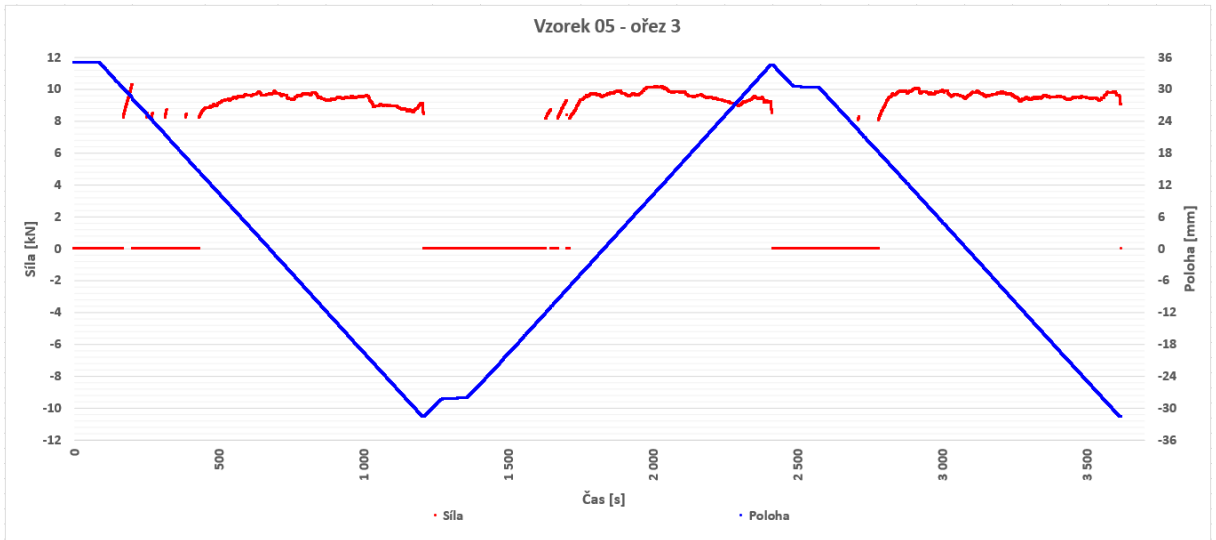




střední hodnota 8,602 kN
 směrodatná odchylka 0,687

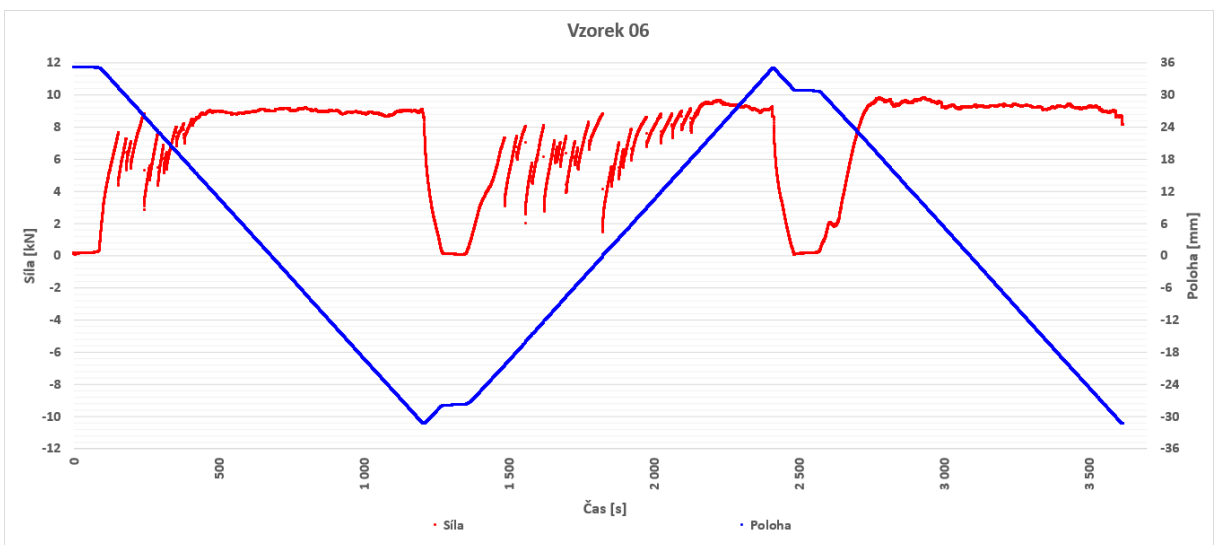
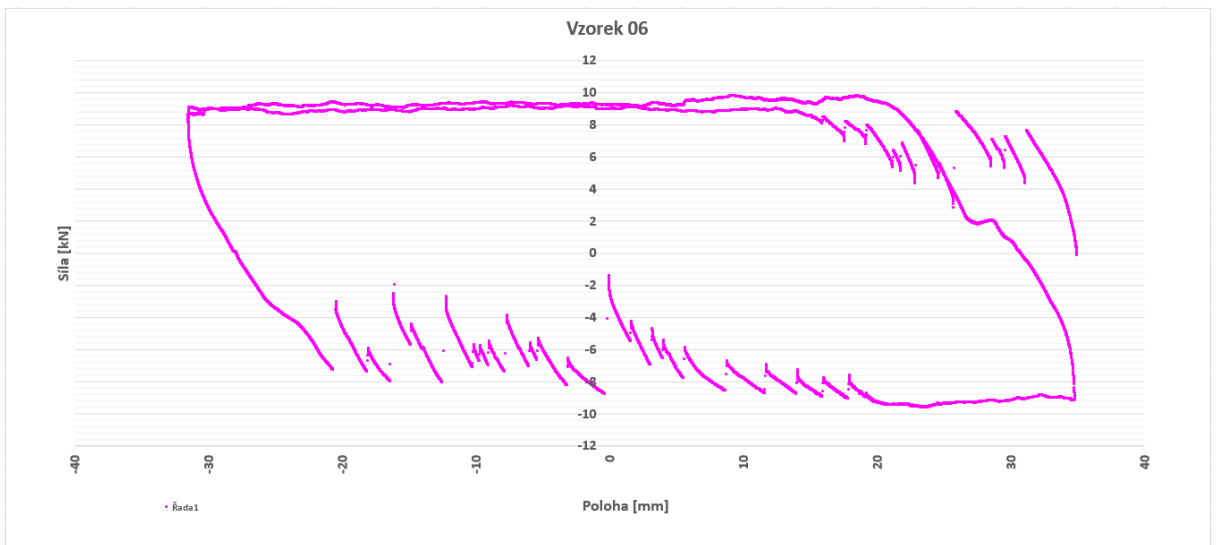
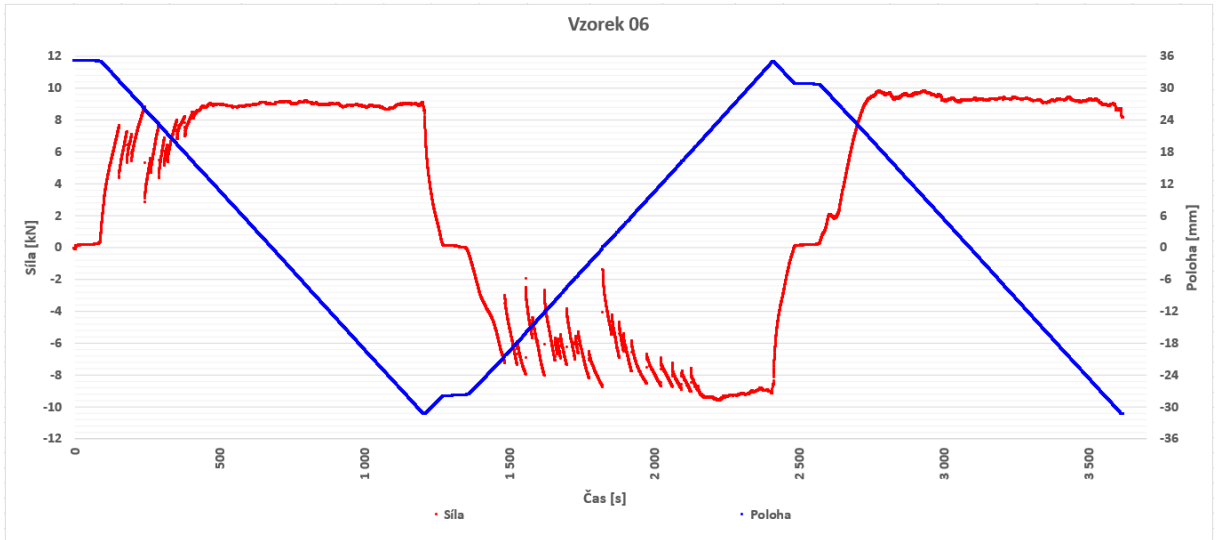
V05

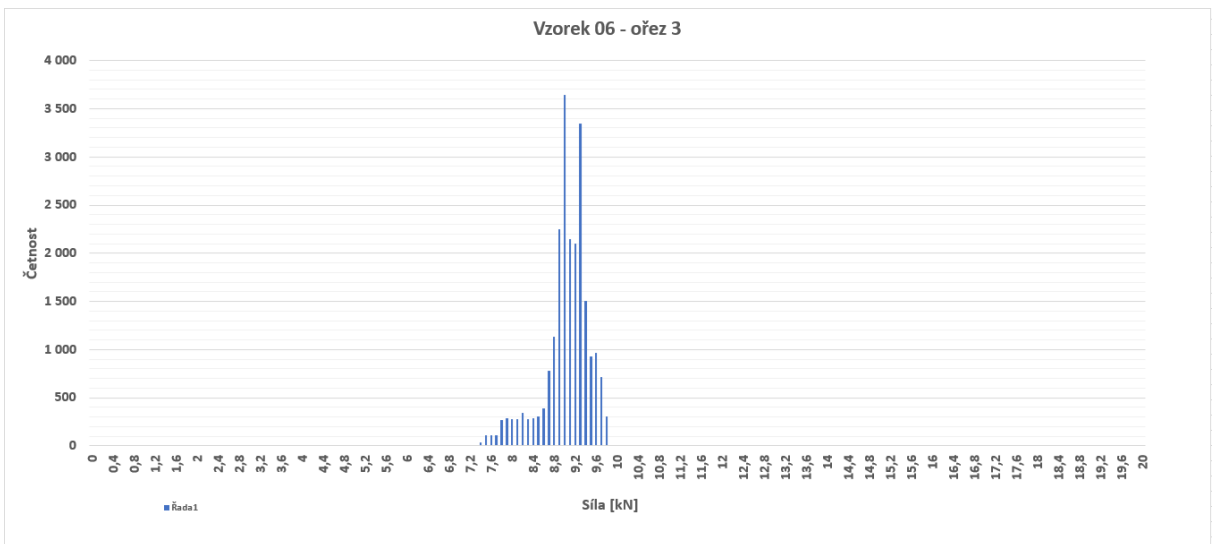
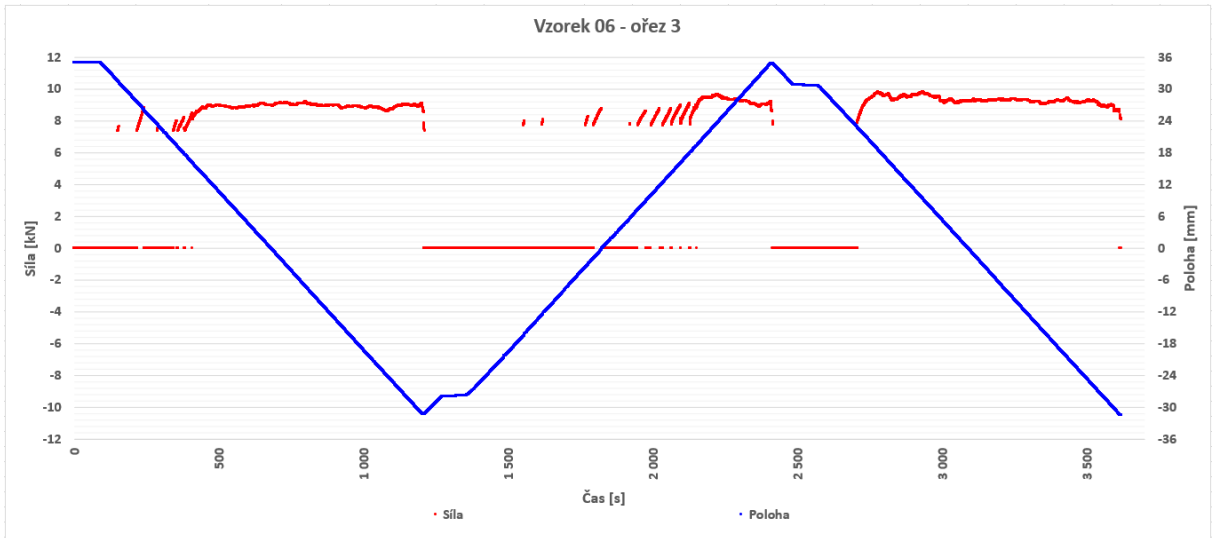




střední hodnota 9,443 kN
směrodatná odchylka 0,411

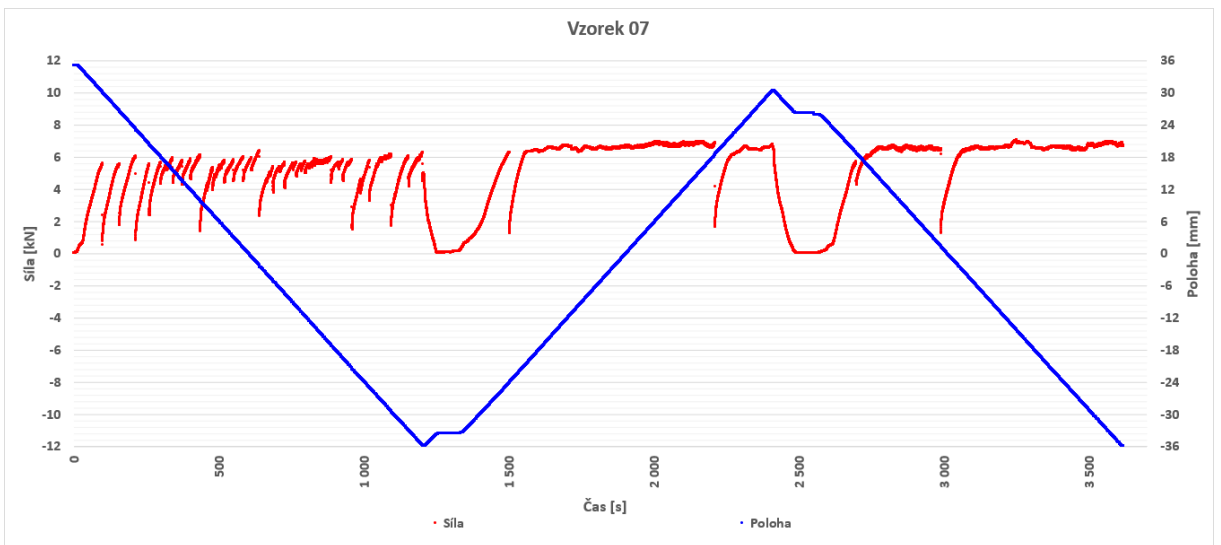
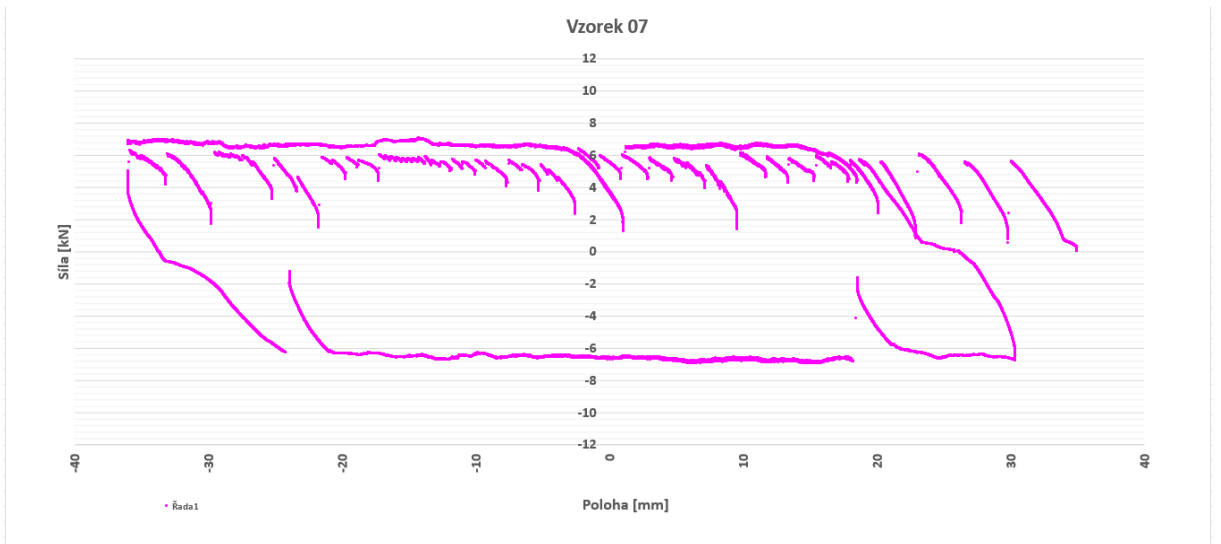
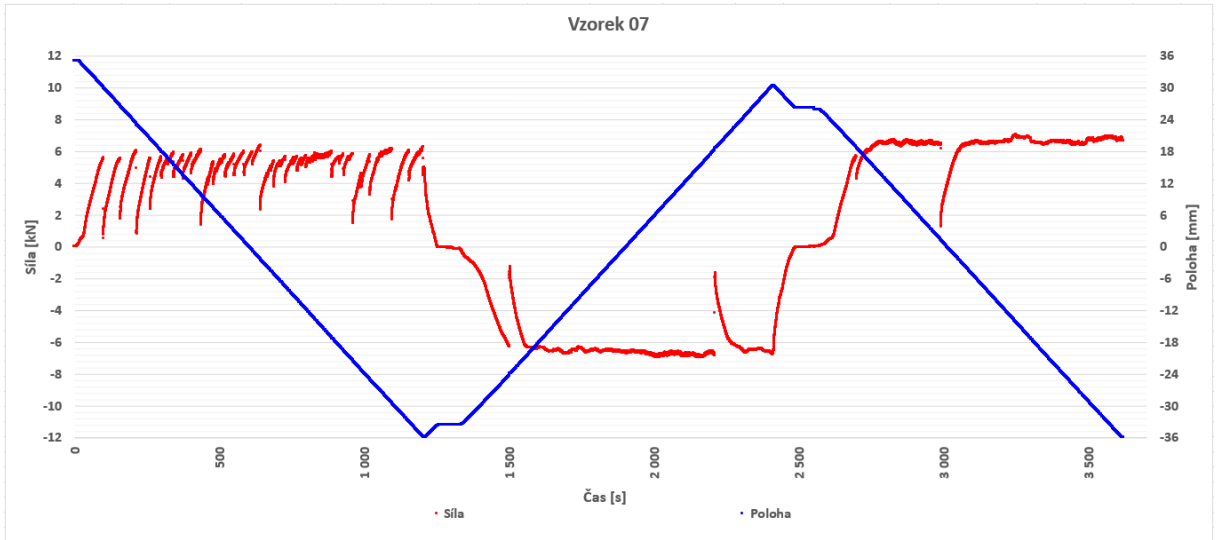
V06

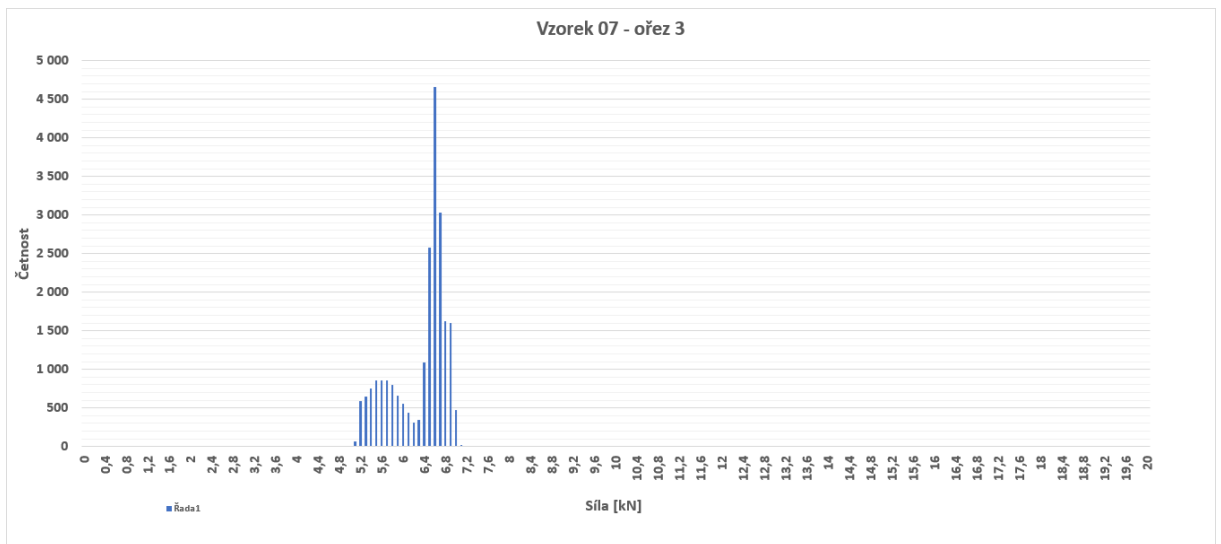
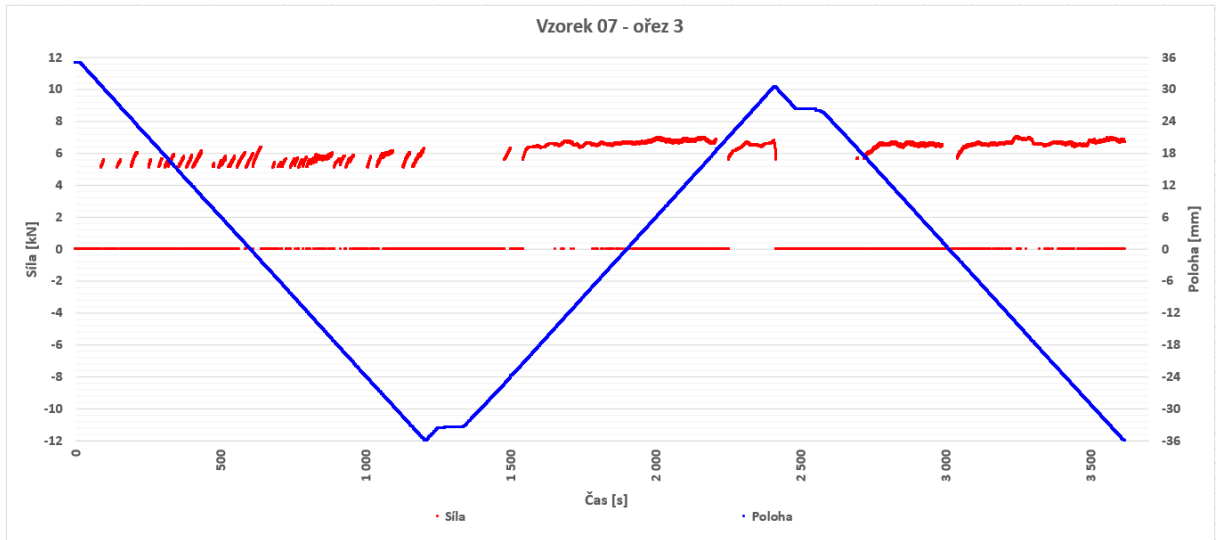




střední hodnota 8,908 kN
směrodatná odchylka 0,438

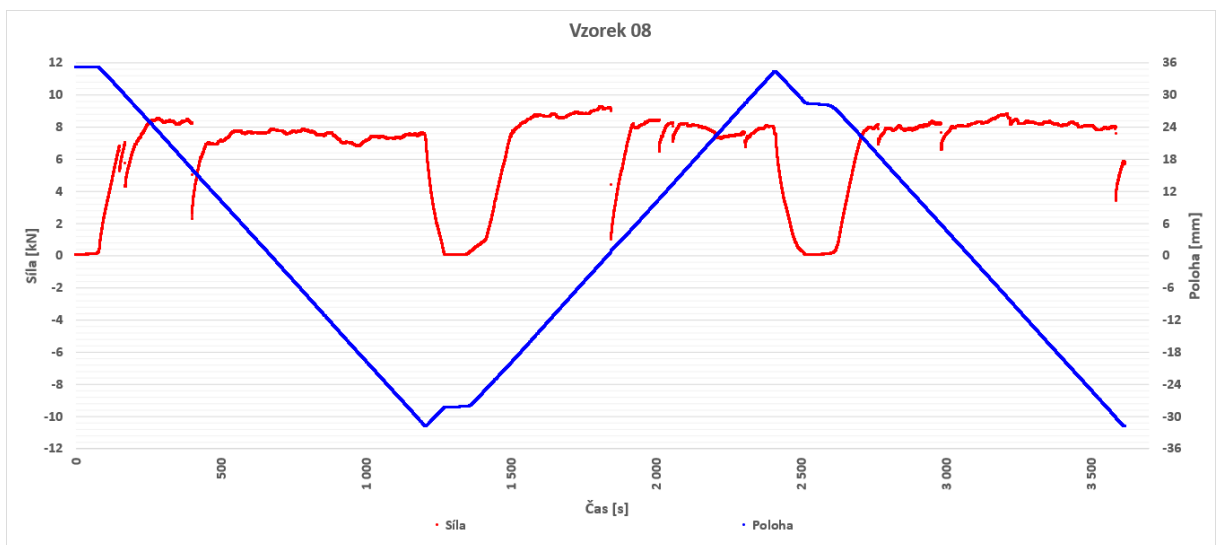
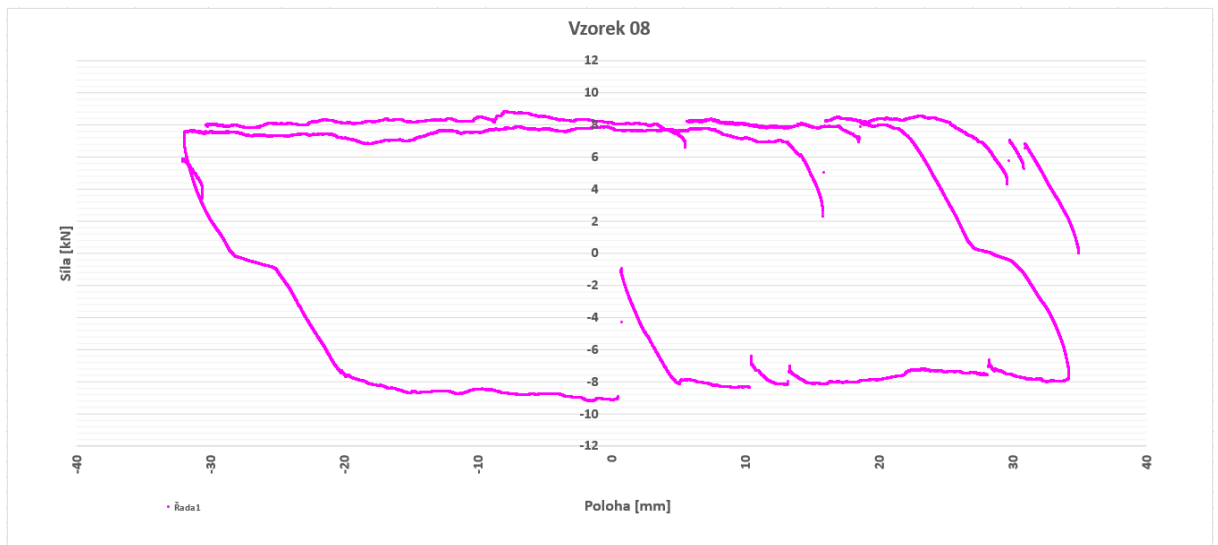
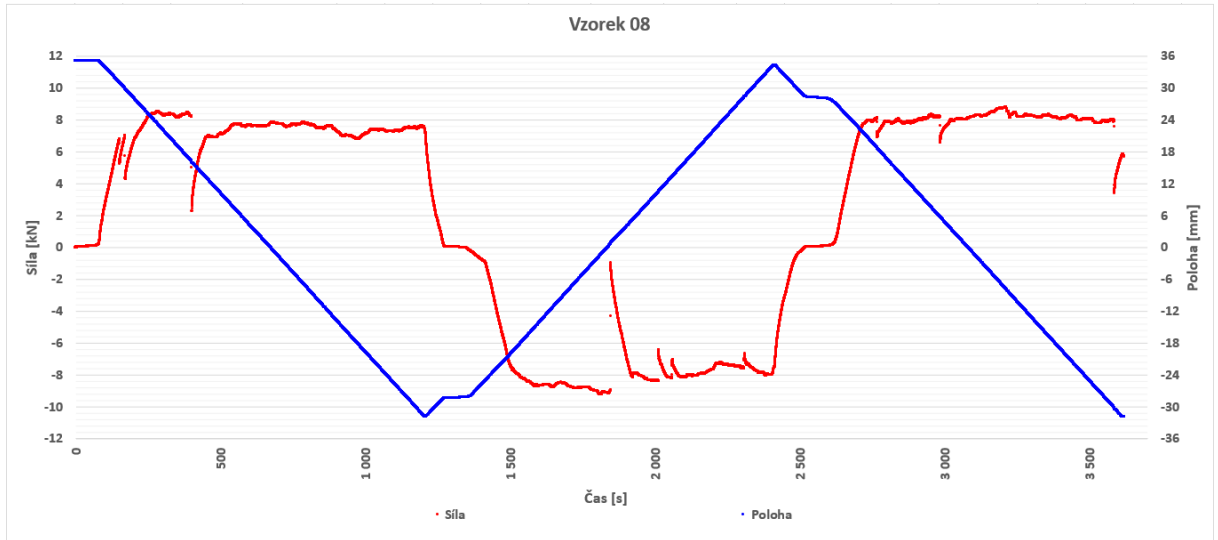
V07

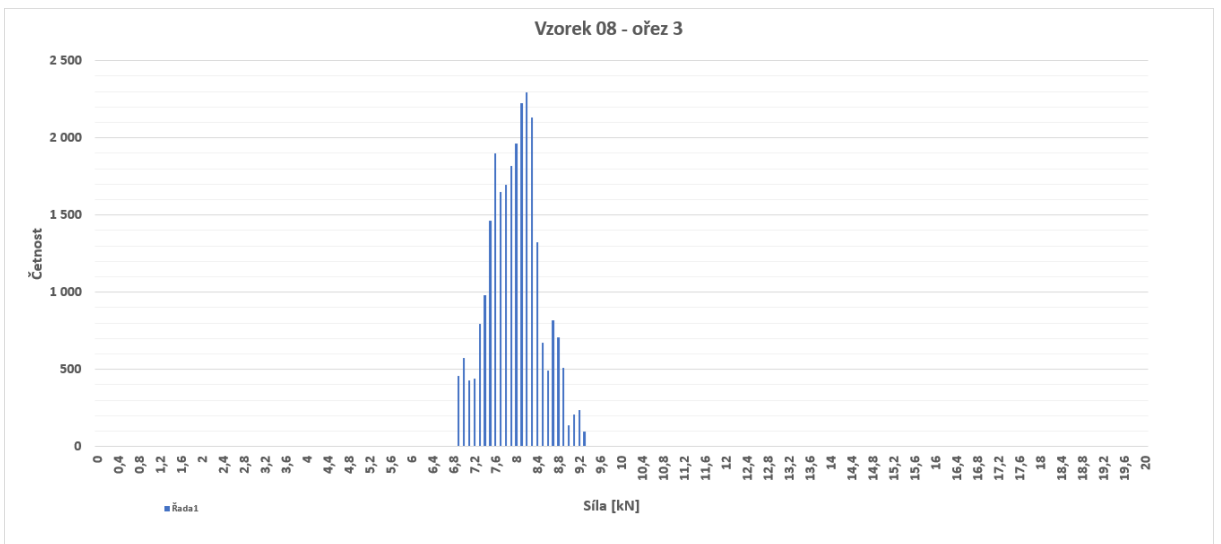
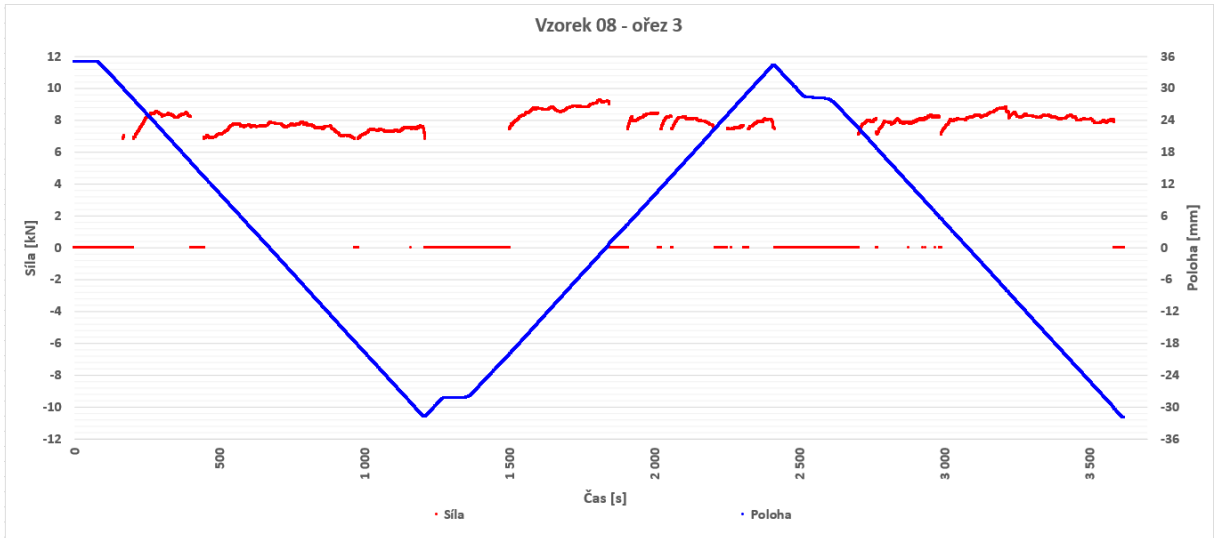




střední hodnota 6,335 kN
 směrodatná odchylka 0,556

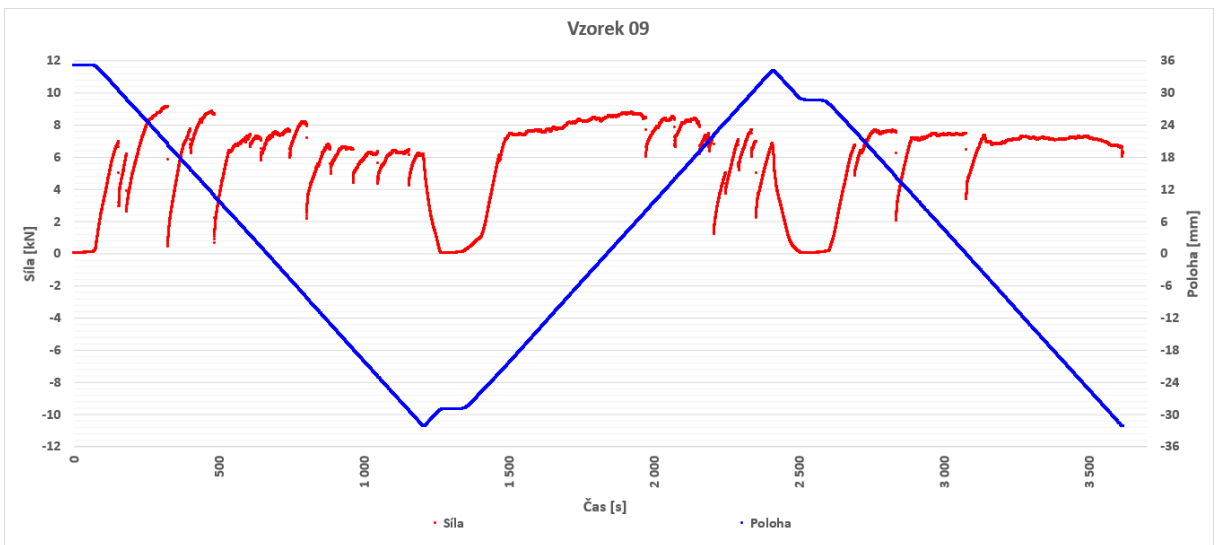
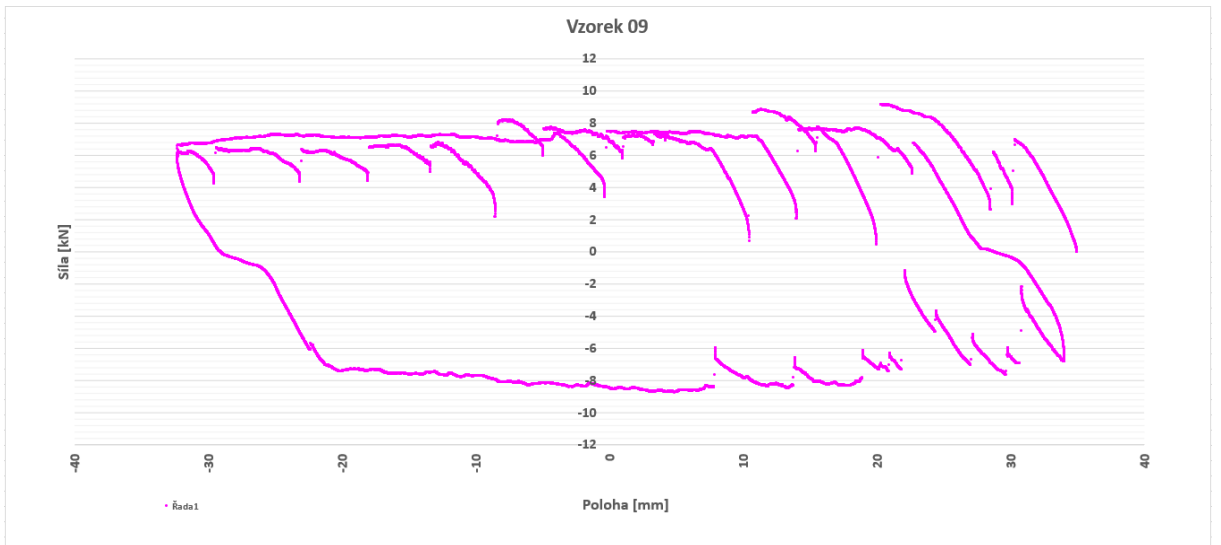
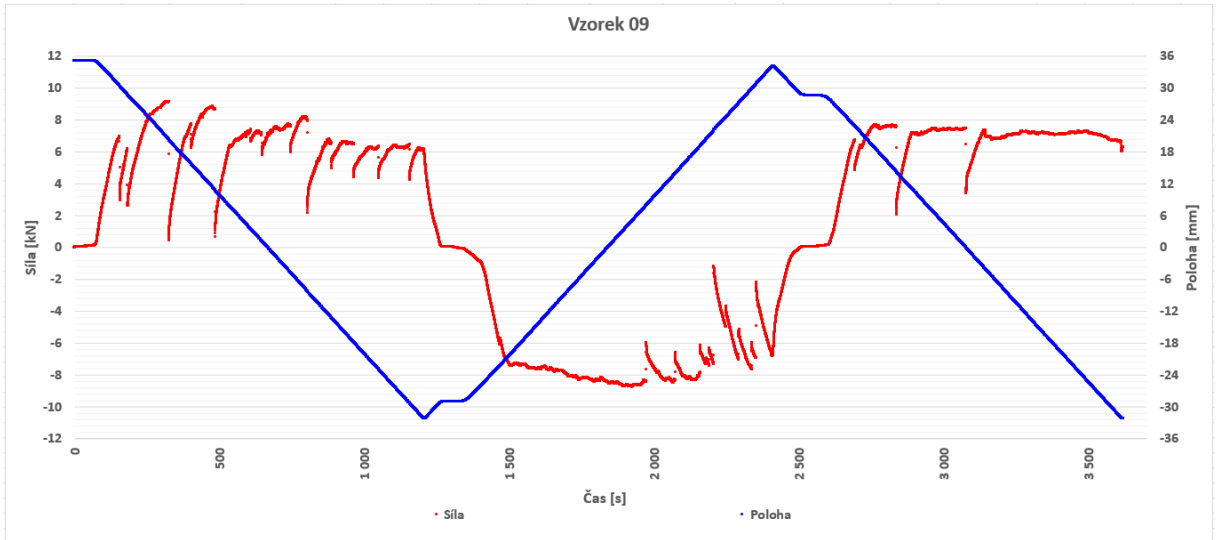
V08

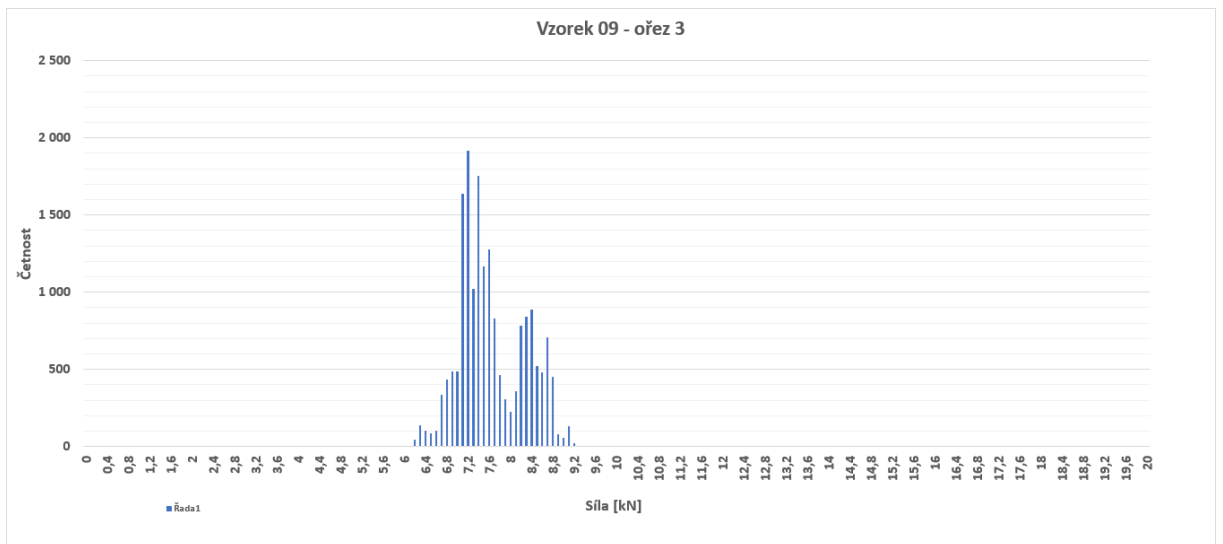
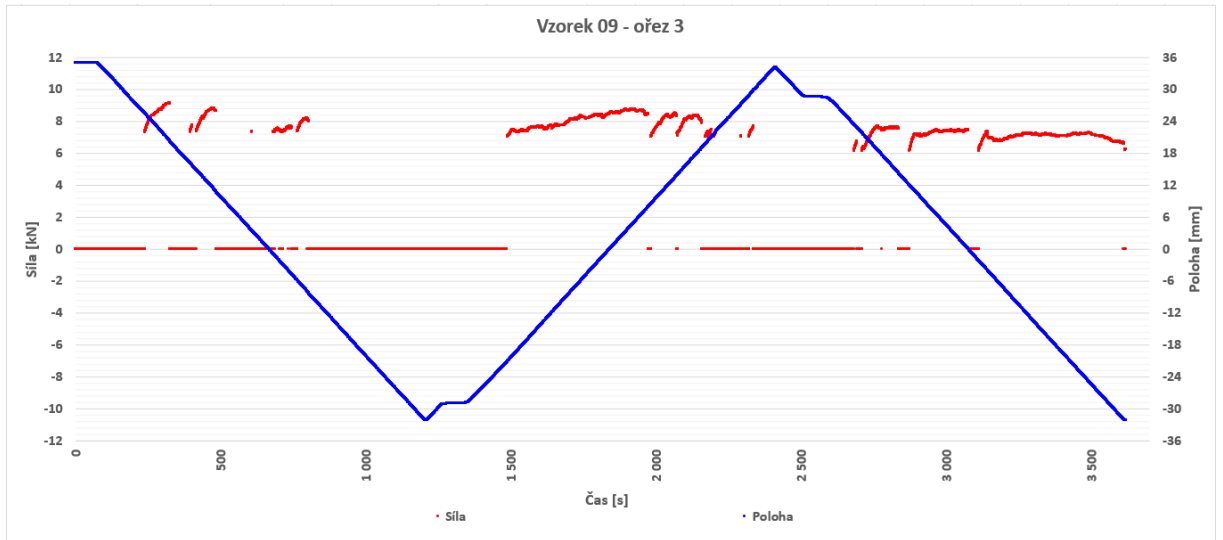




střední hodnota 7,735 kN
směrodatná odchylka 0,562

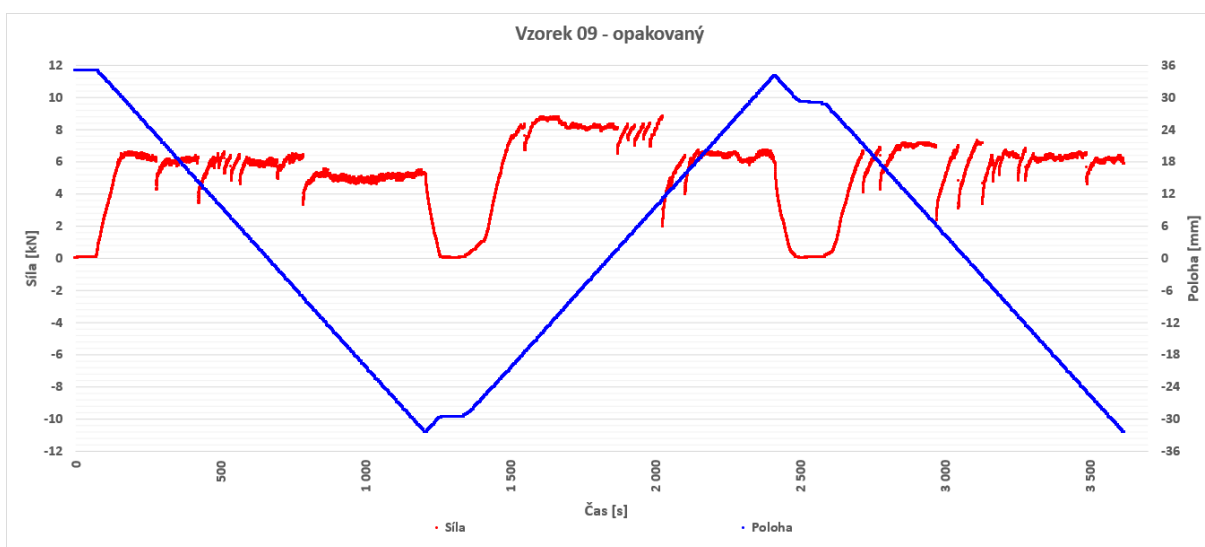
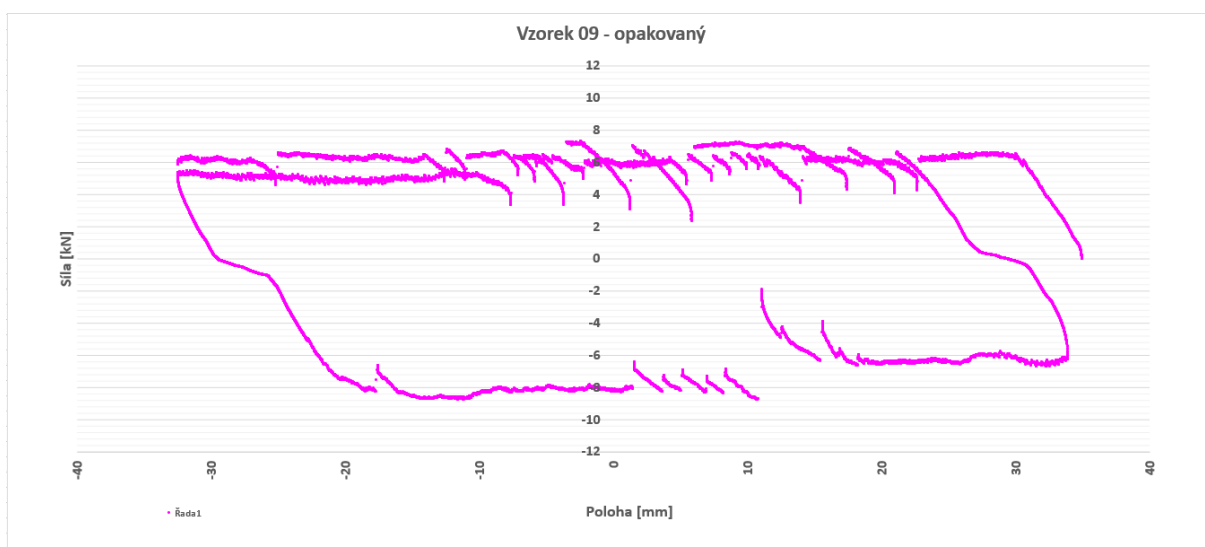
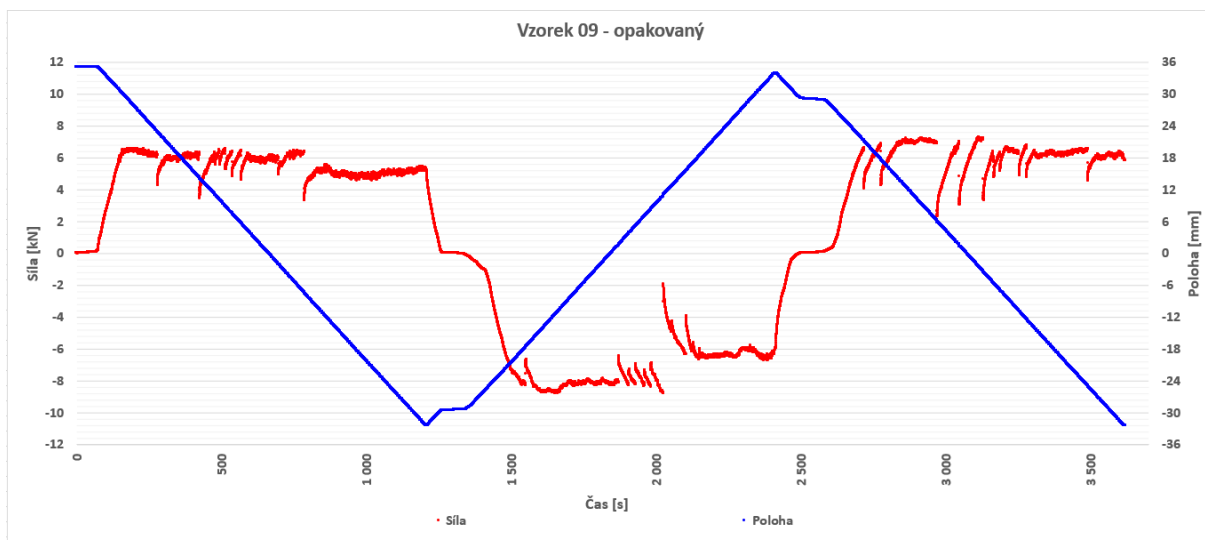
V09

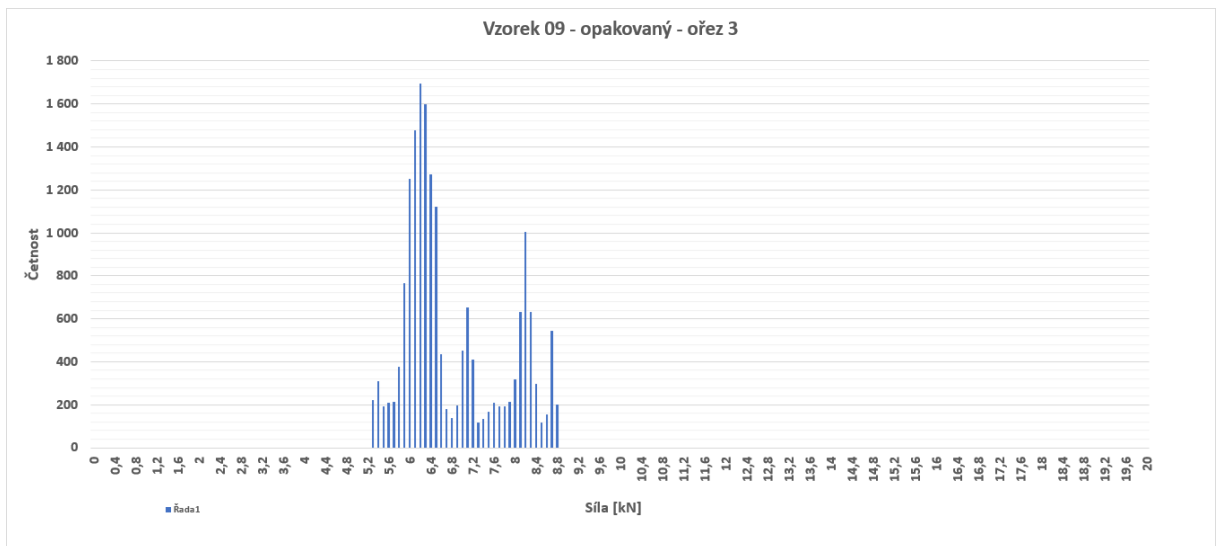
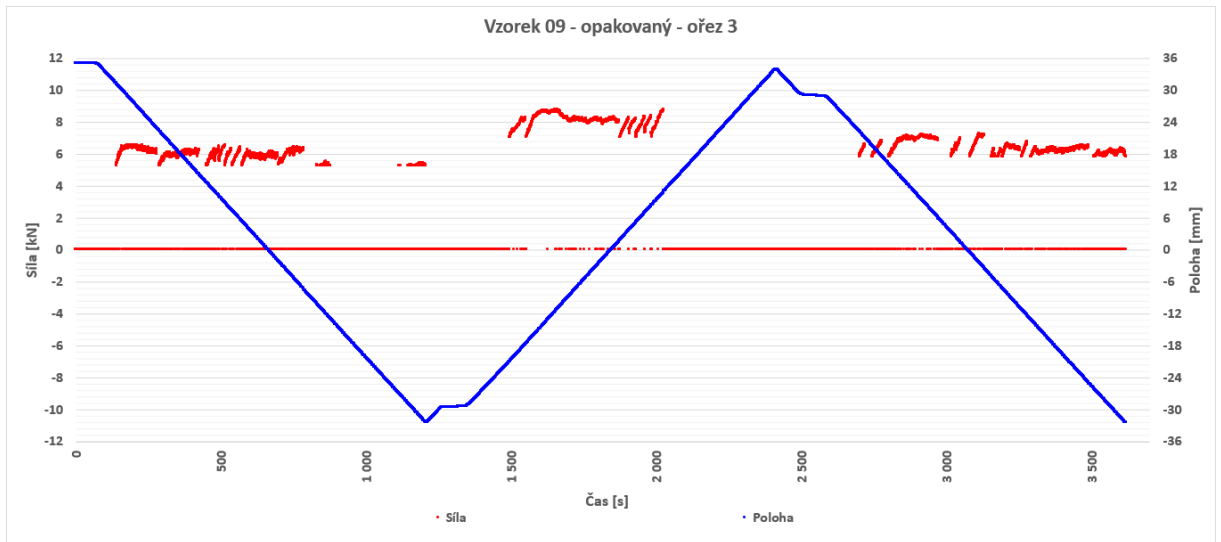




střední hodnota 8,116 kN
směrodatná odchylka 0,499

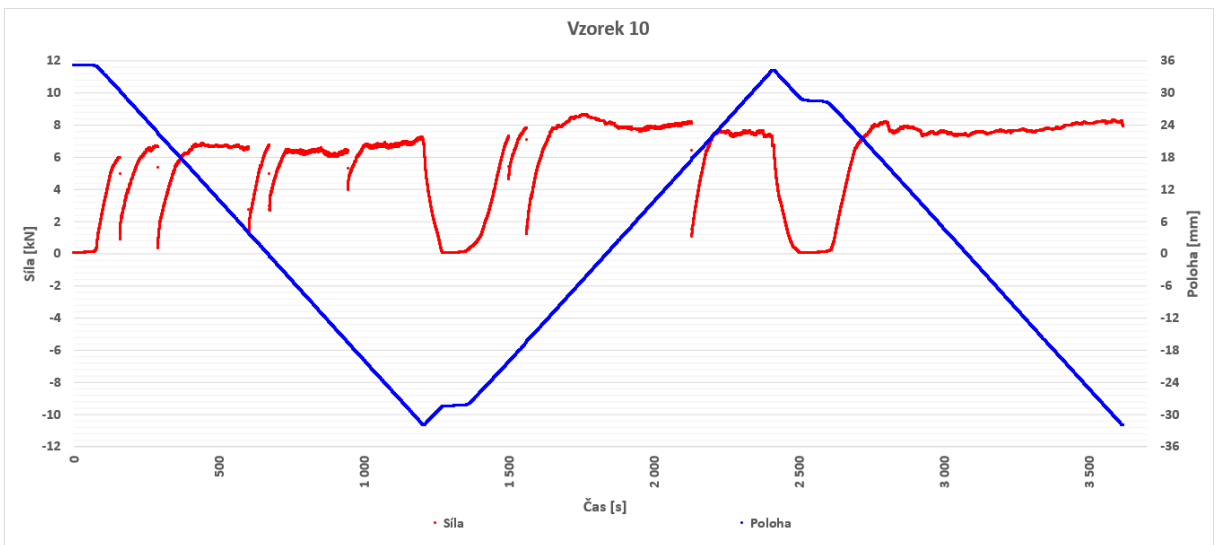
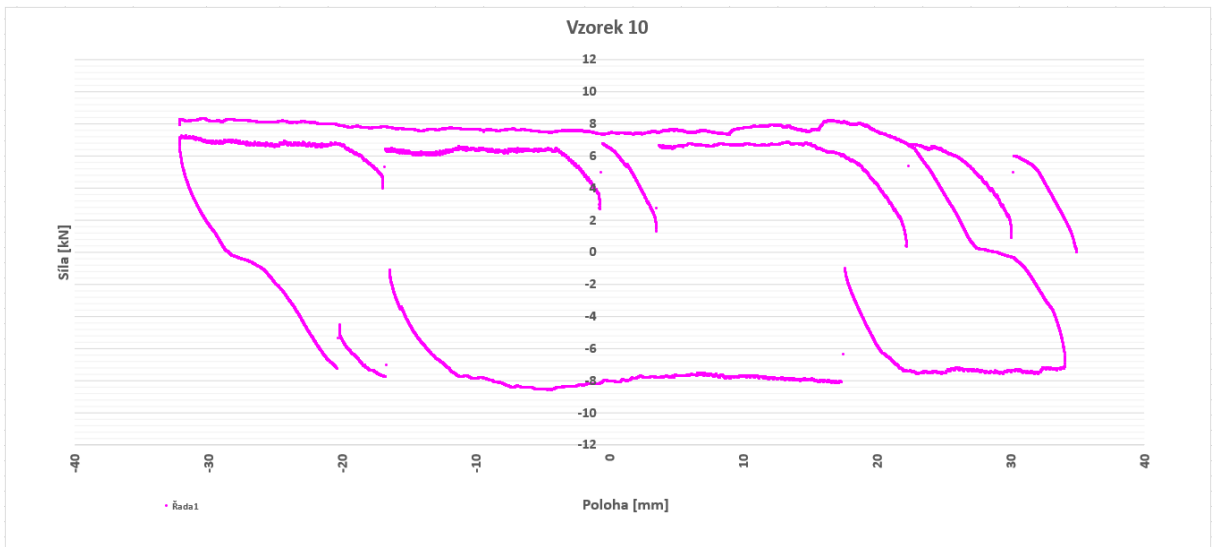
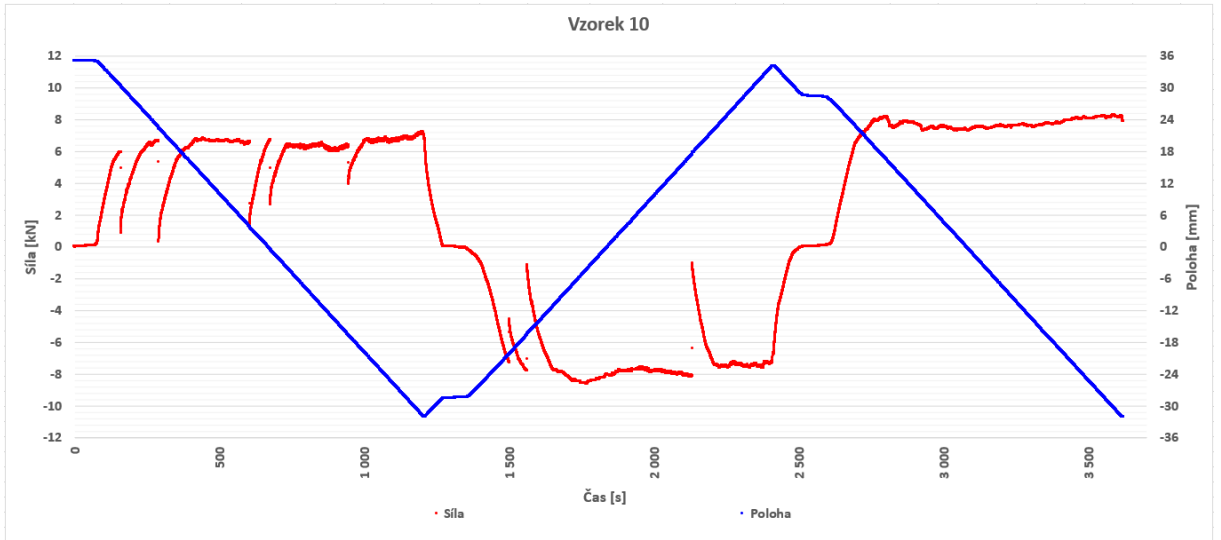
V09ot

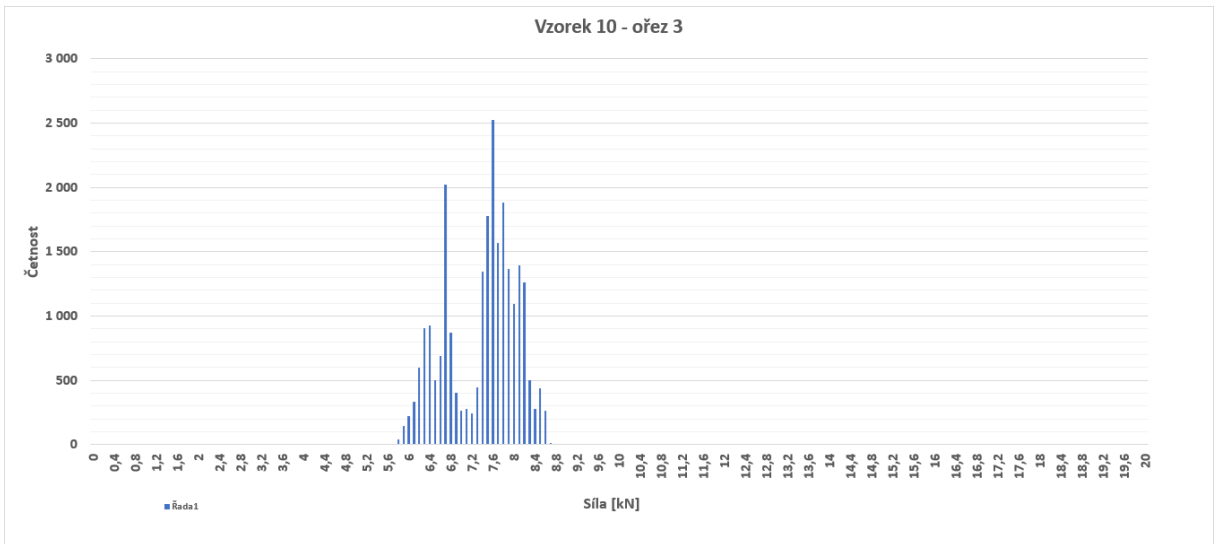
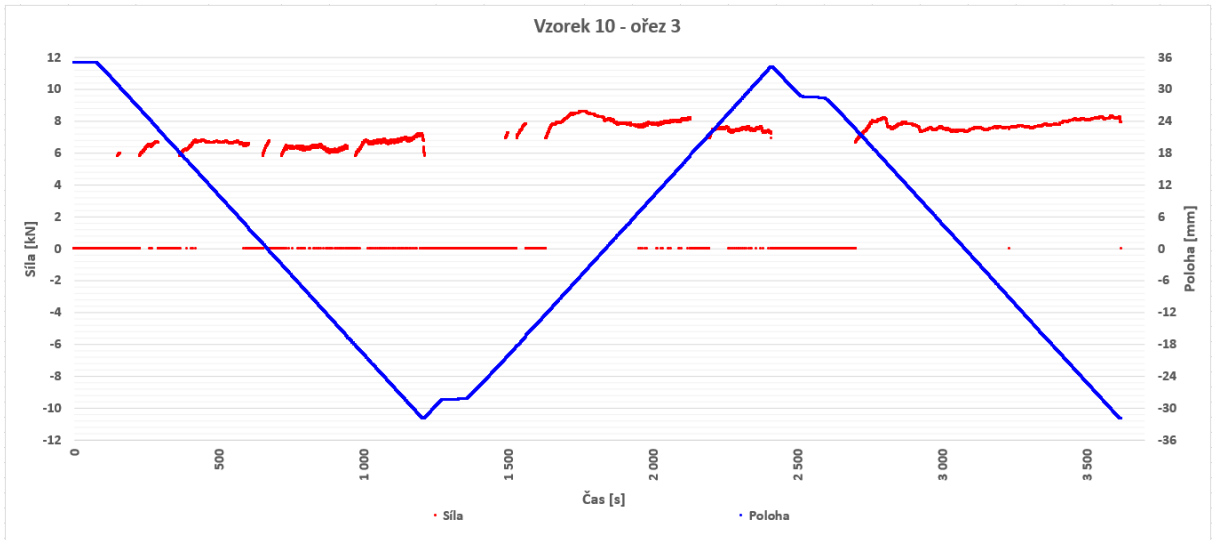




střední hodnota 6,365 kN
 směrodatná odchylka 0,939

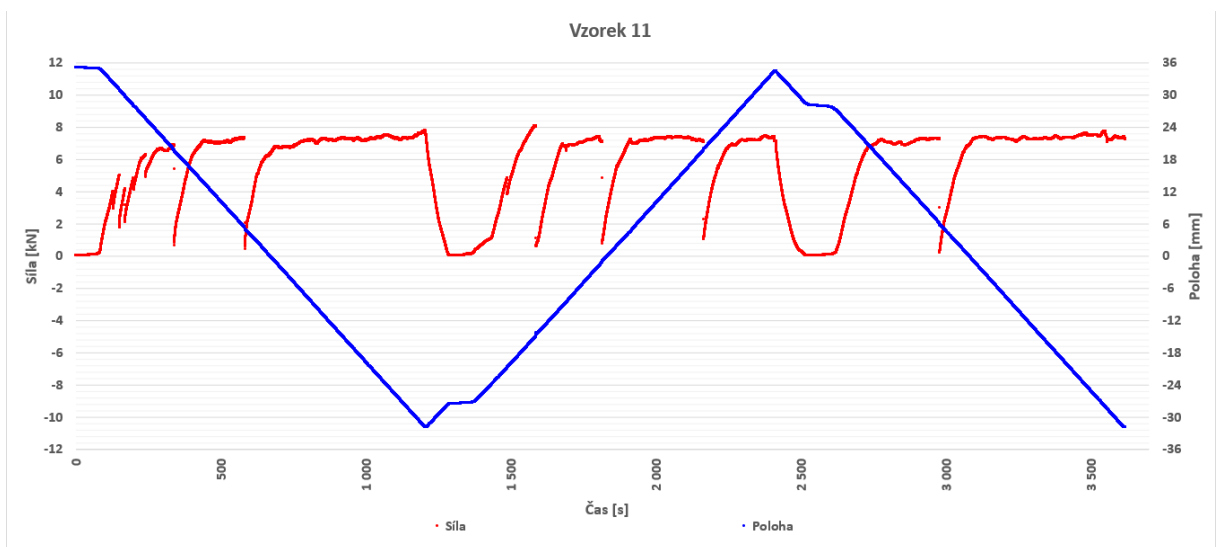
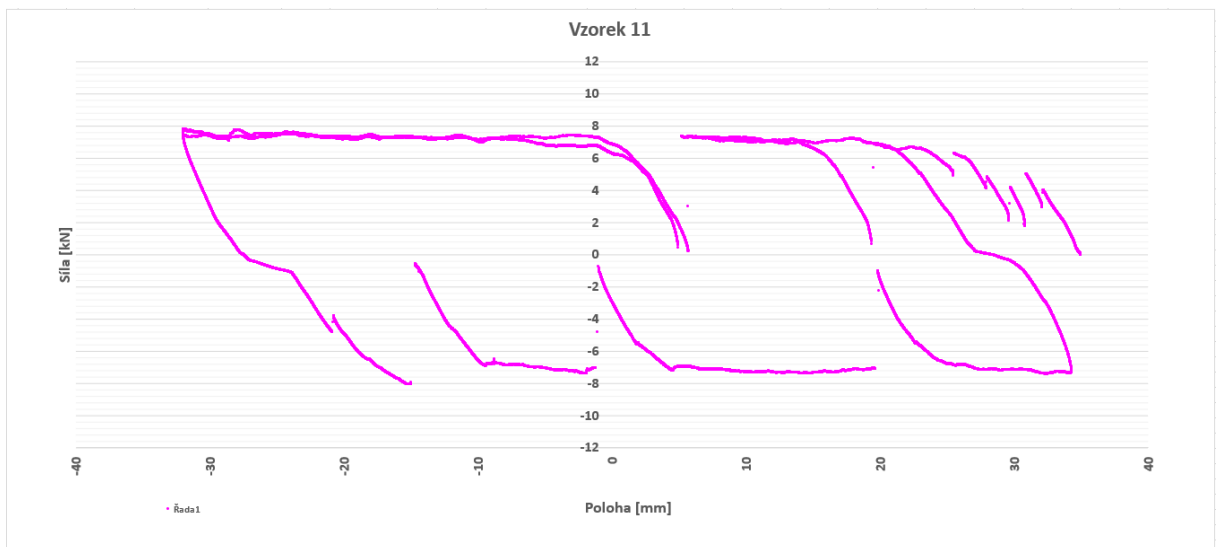
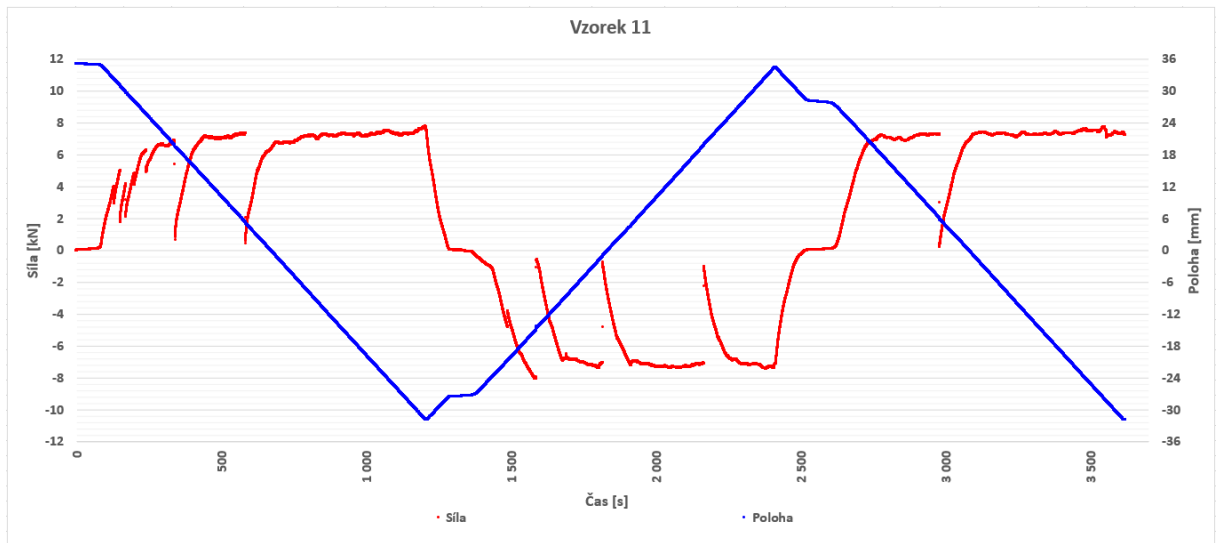
V10

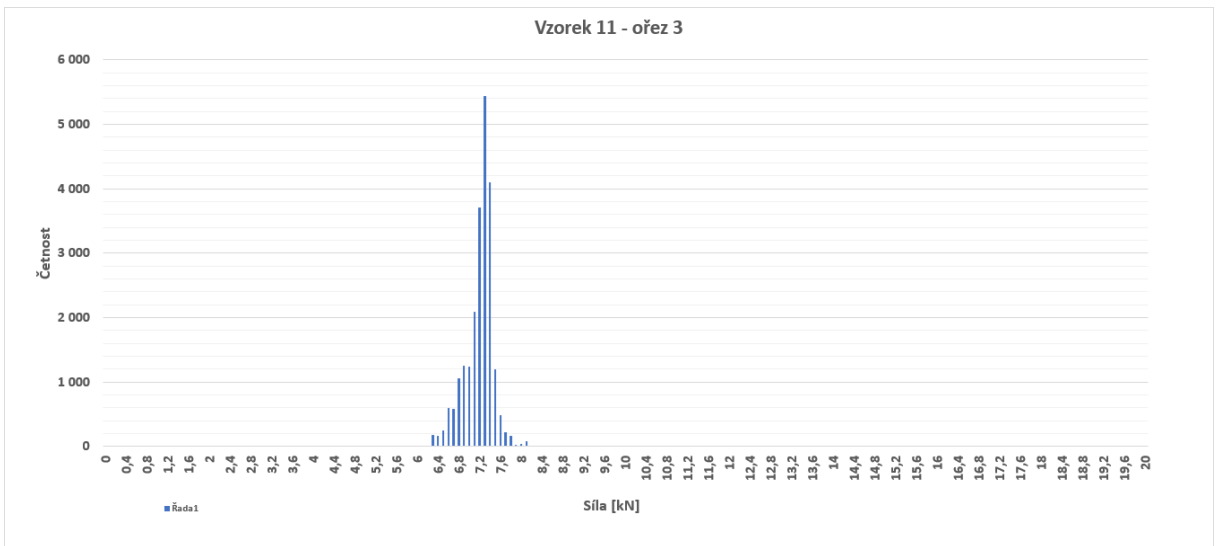
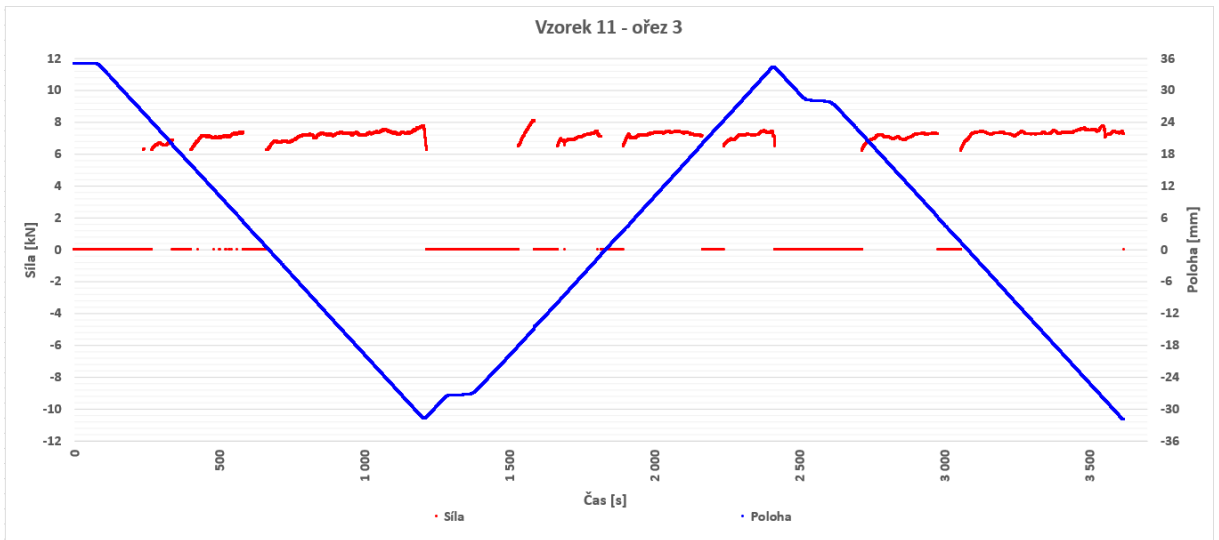




střední hodnota 6,962 kN
směrodatná odchylka 0,736

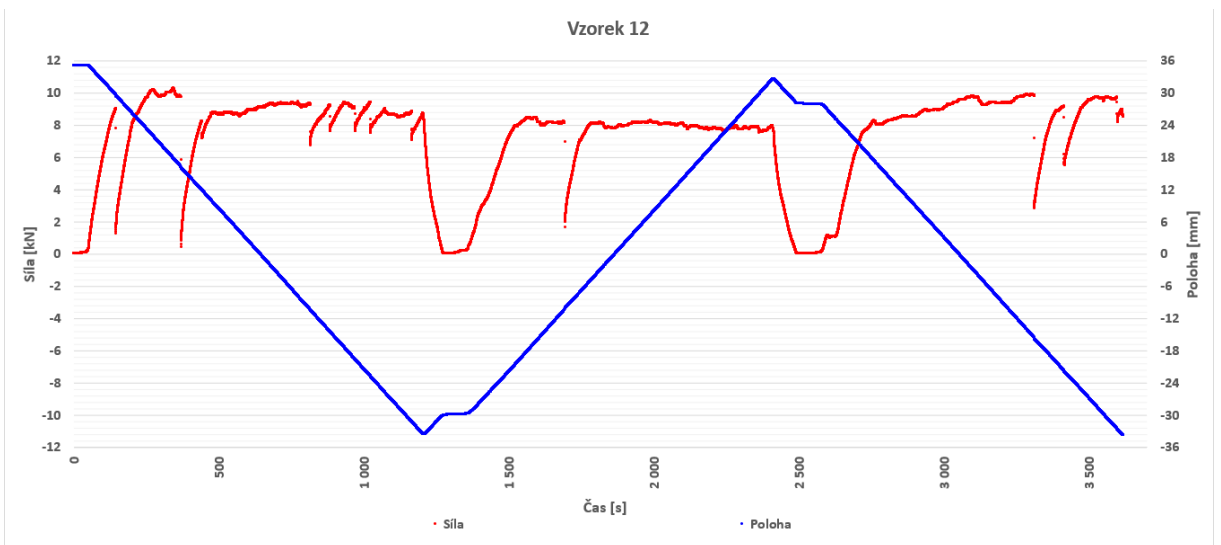
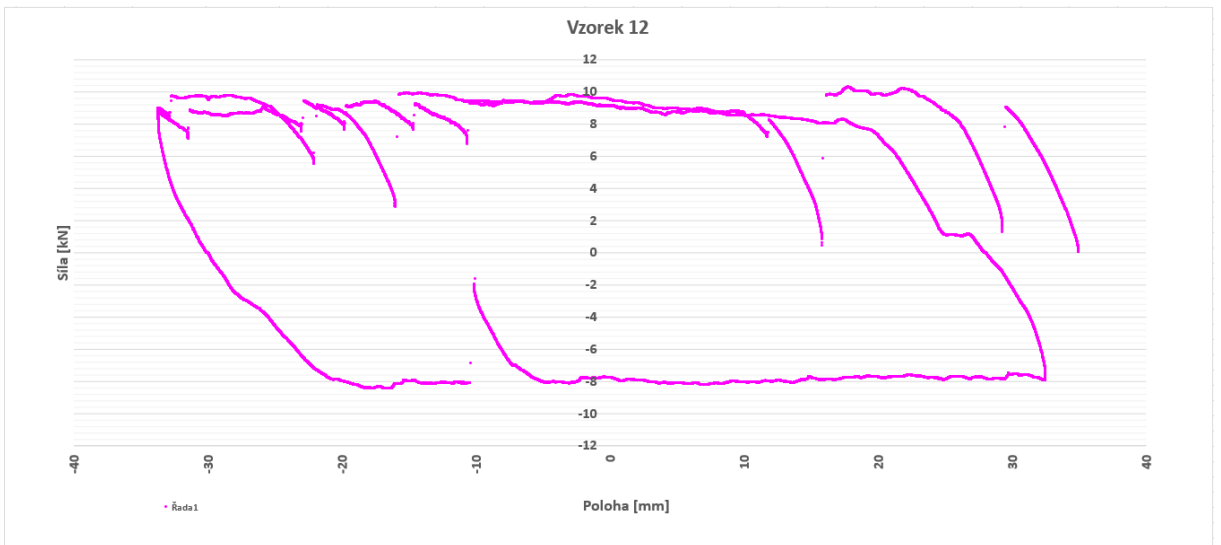
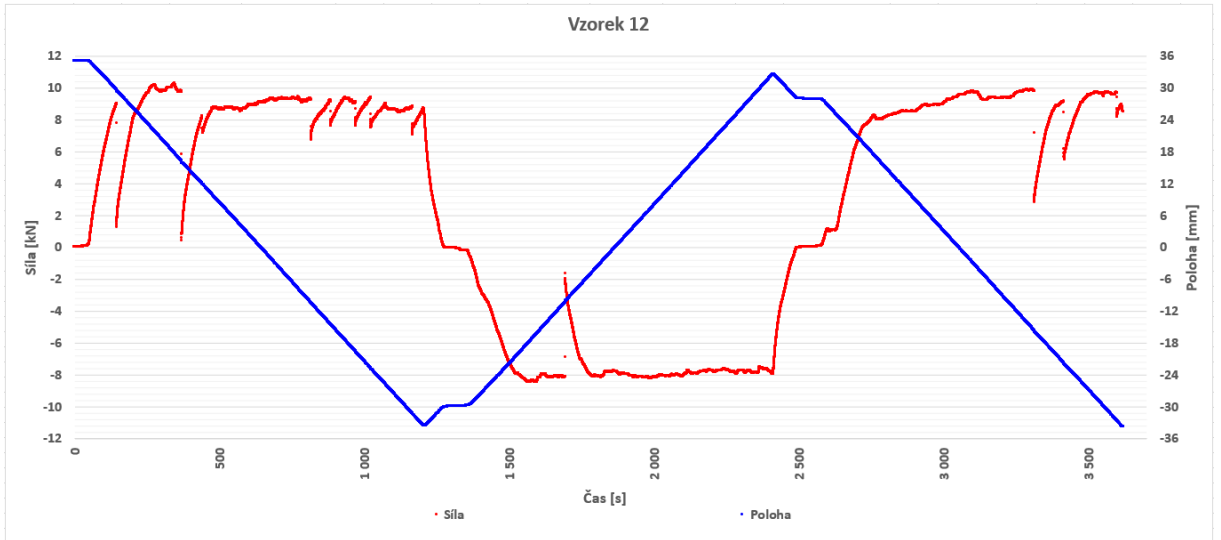
V11

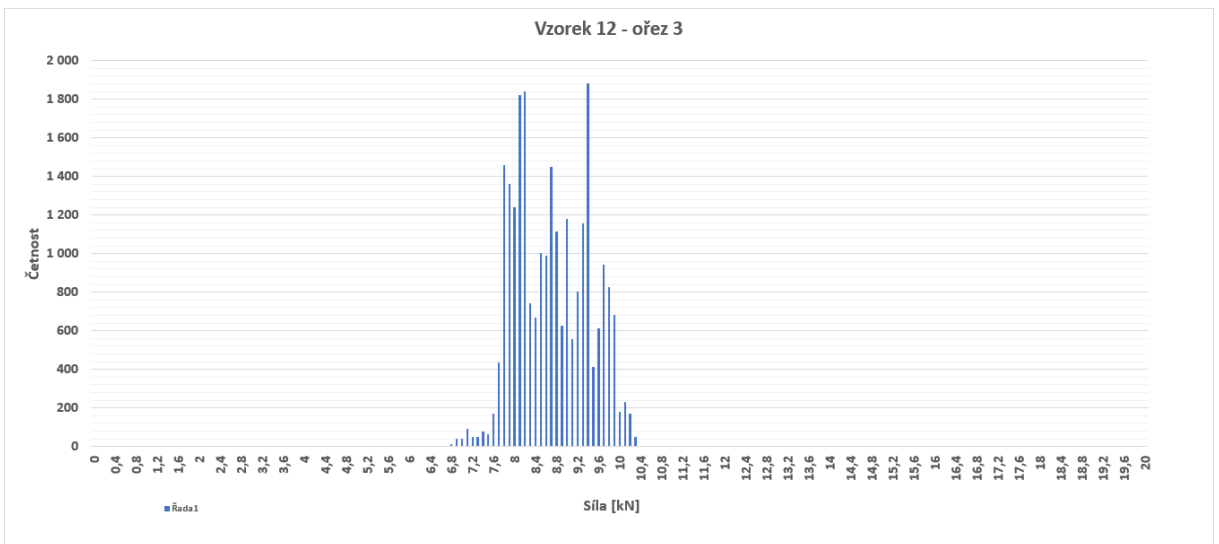
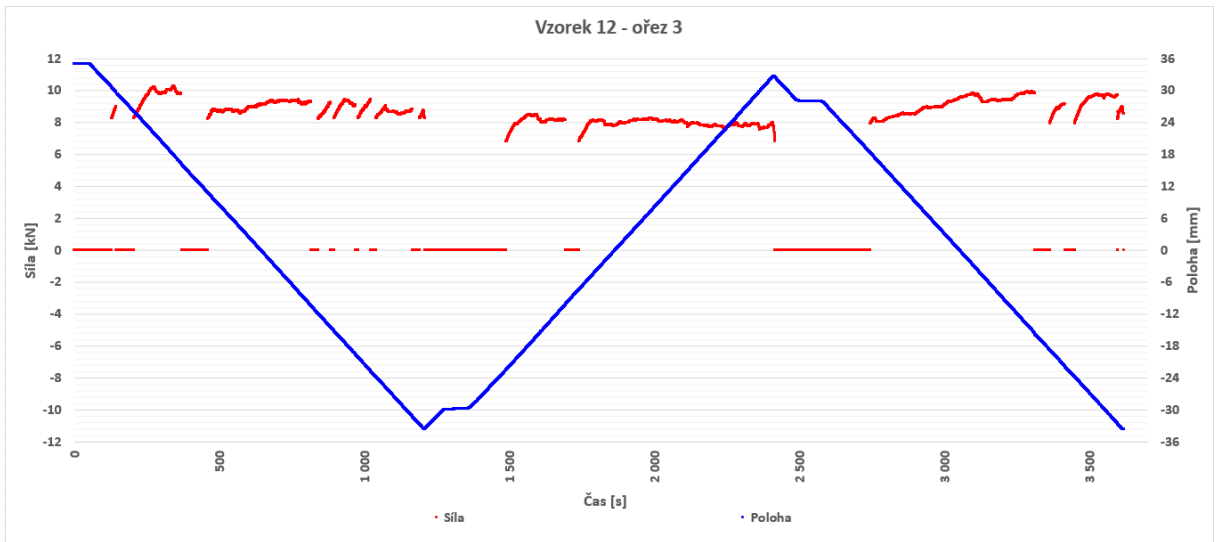




střední hodnota 7,167 kN
 směrodatná odchylka 0,286

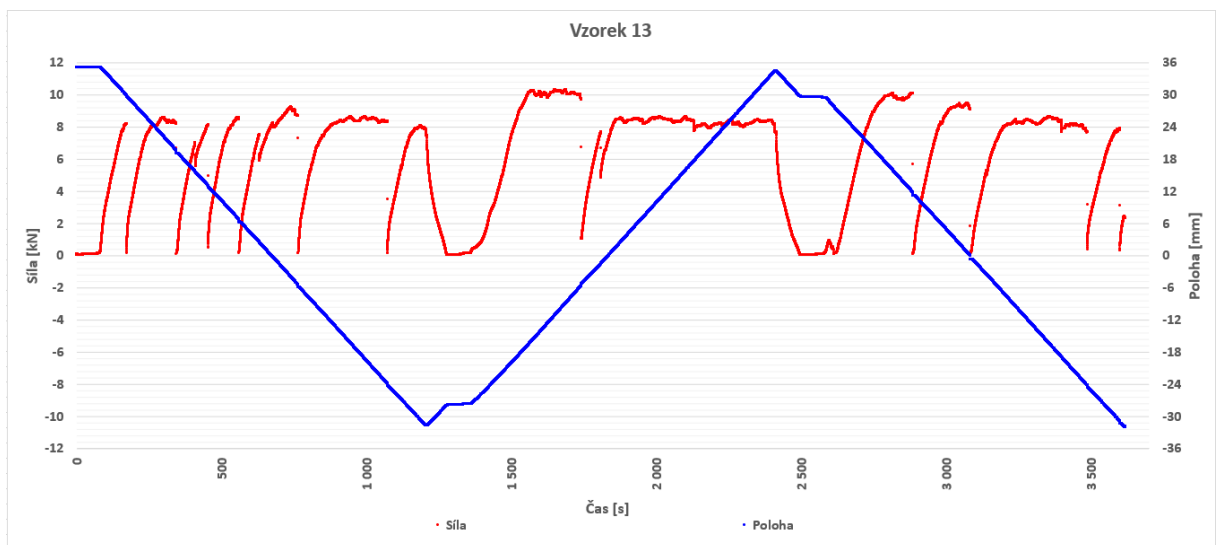
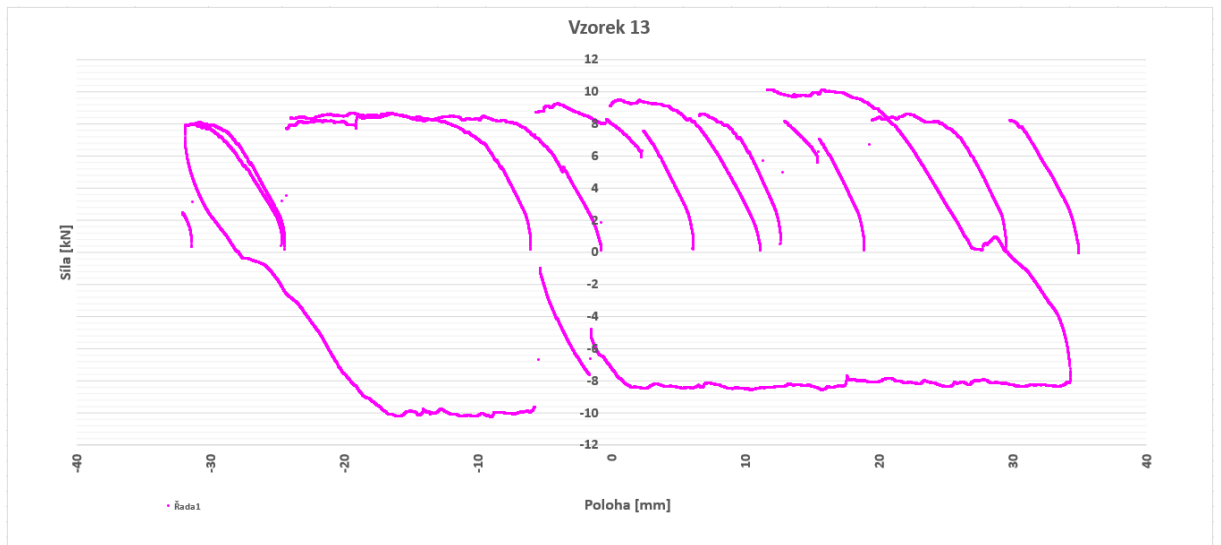
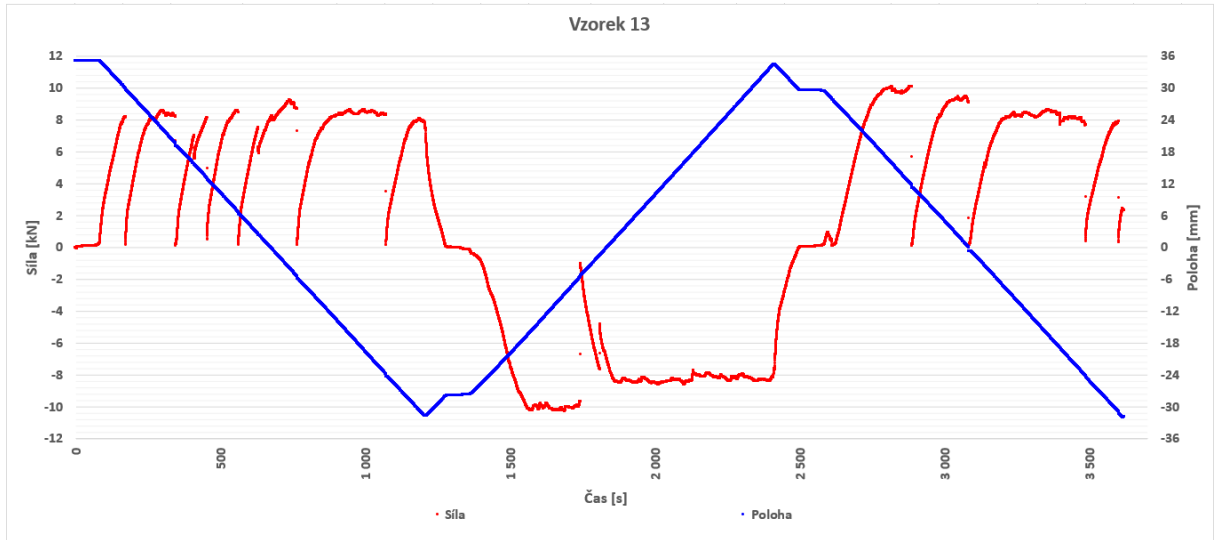
V12

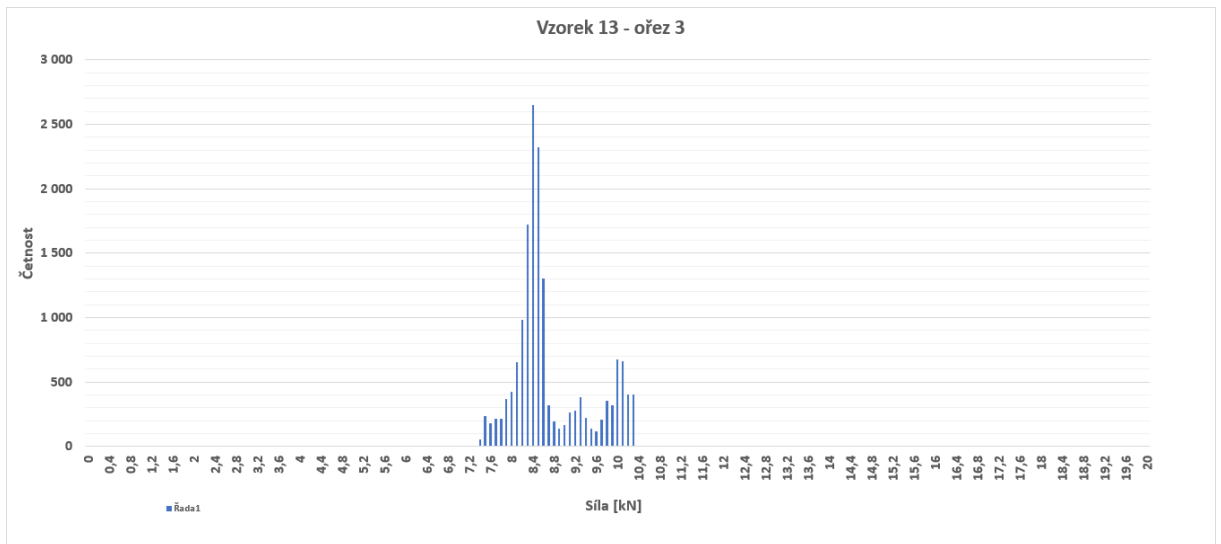
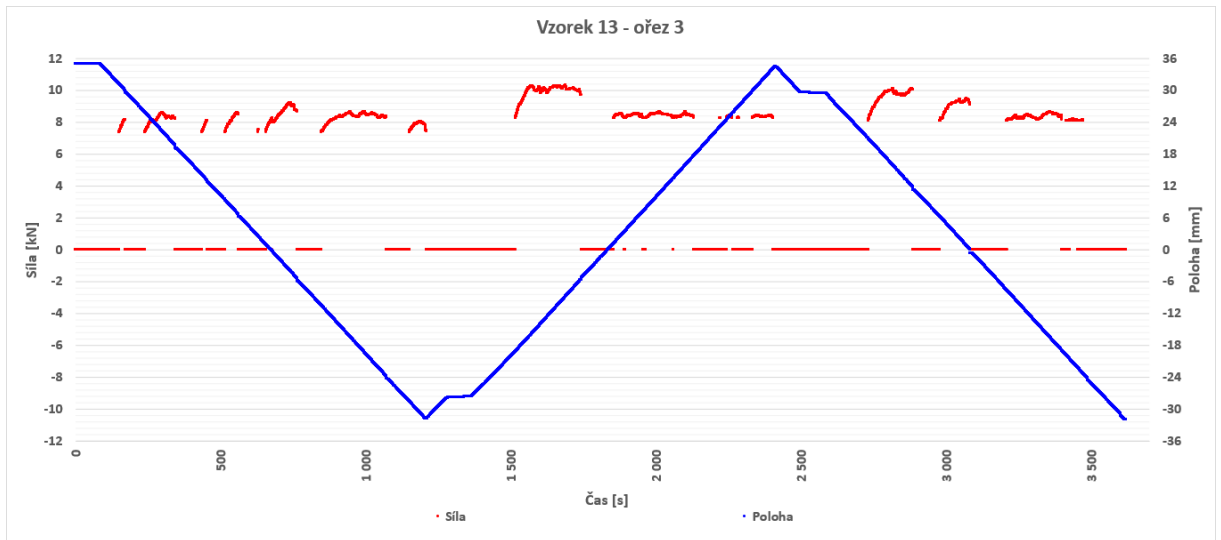




střední hodnota 8,301 kN
 směrodatná odchylka 0,674

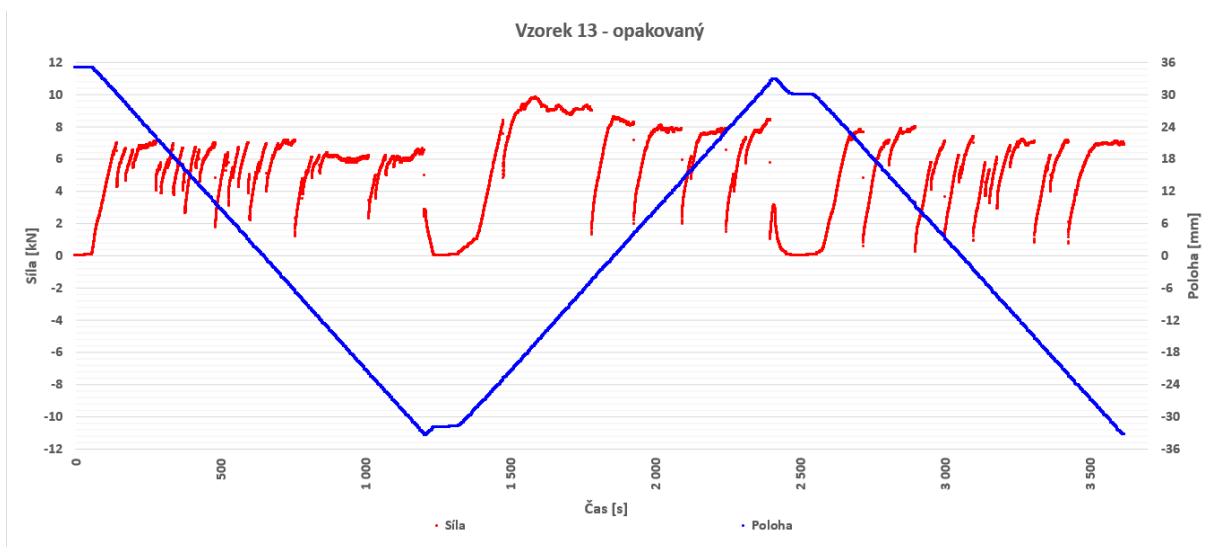
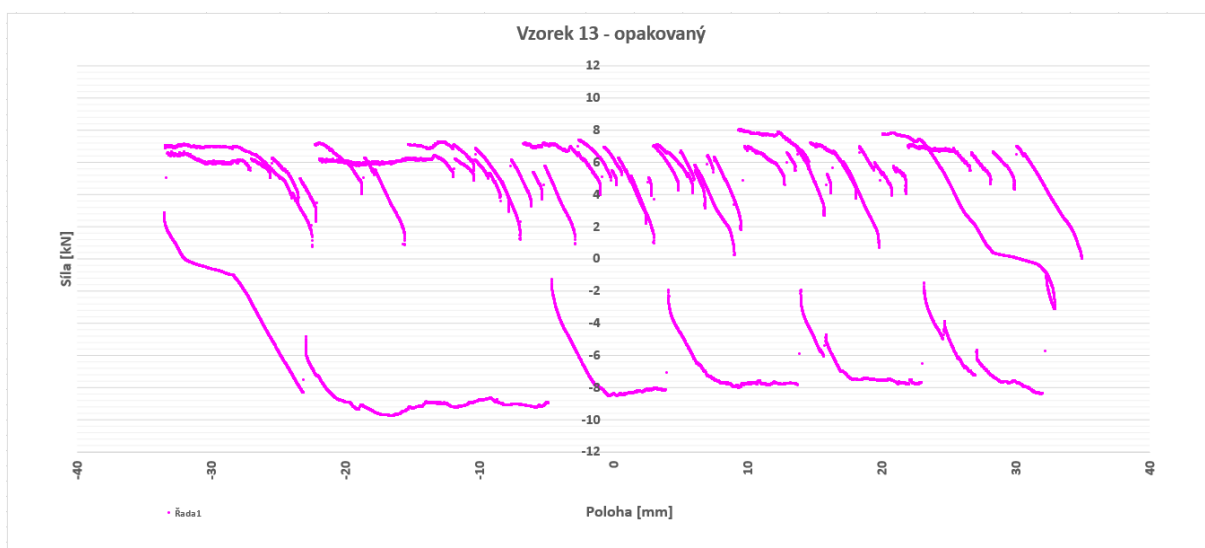
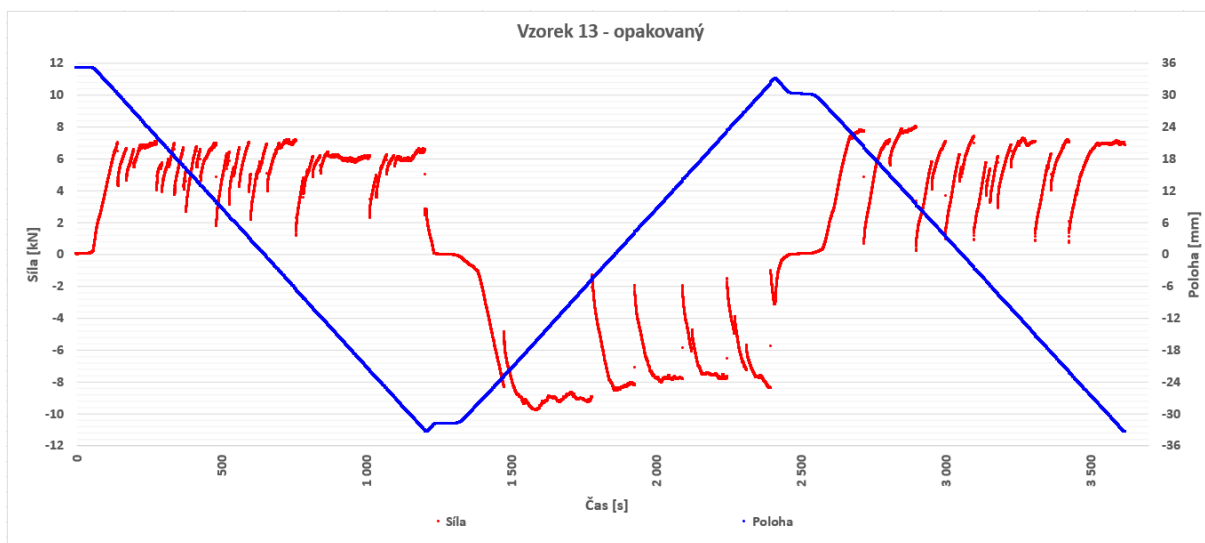
V13

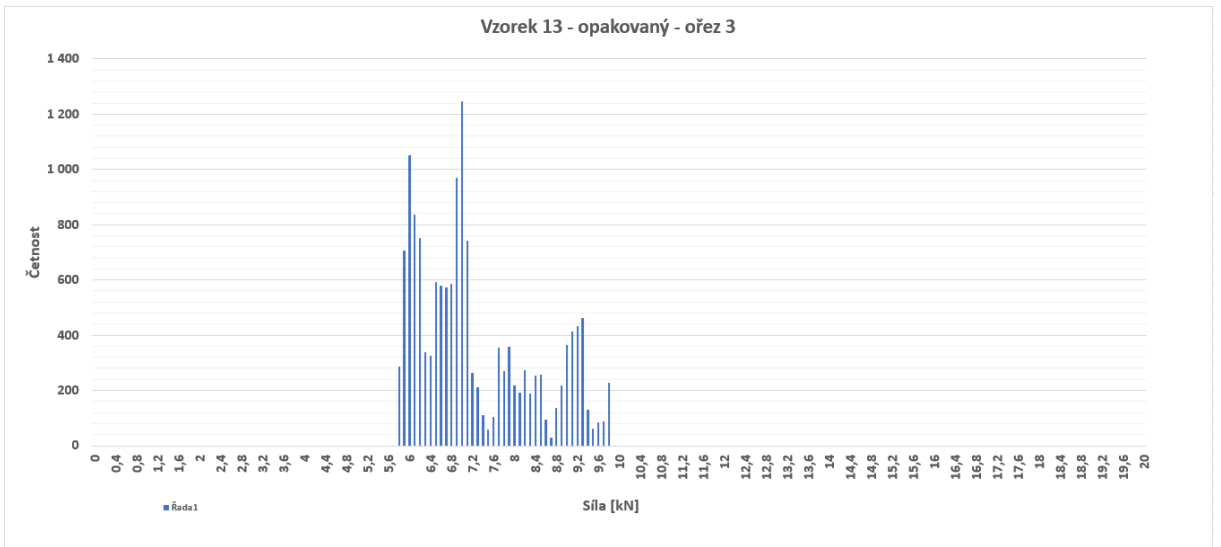
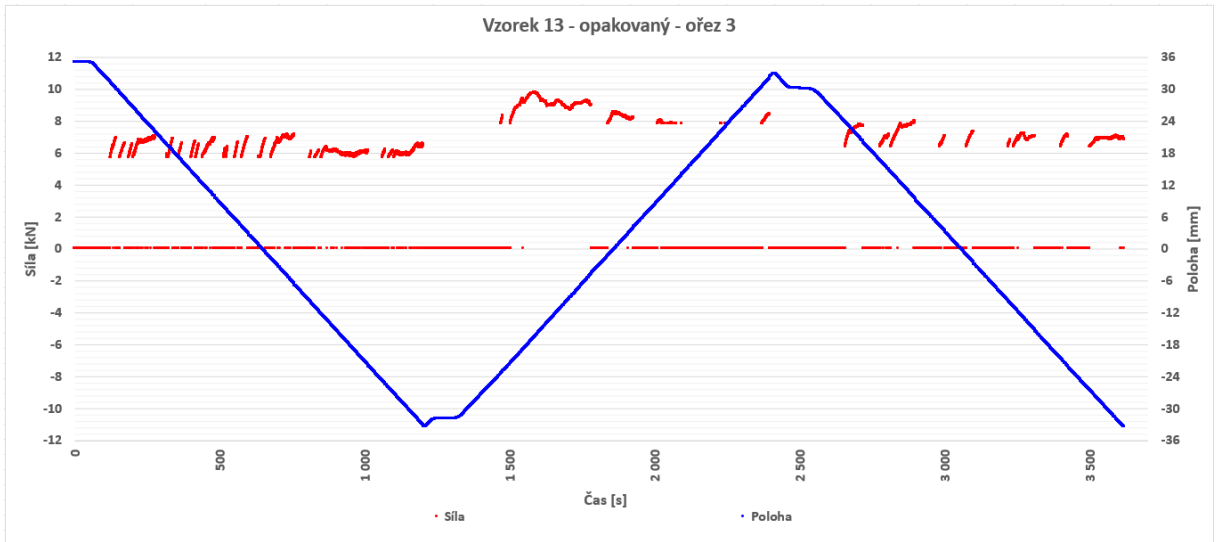




střední hodnota 8,398 kN
 směrodatná odchylka 0,730

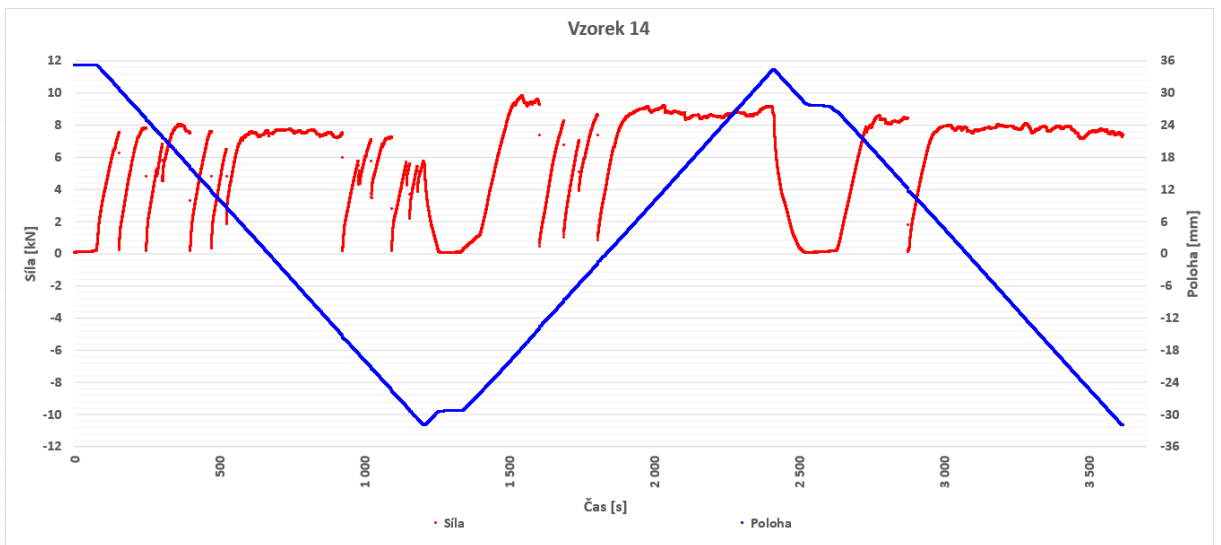
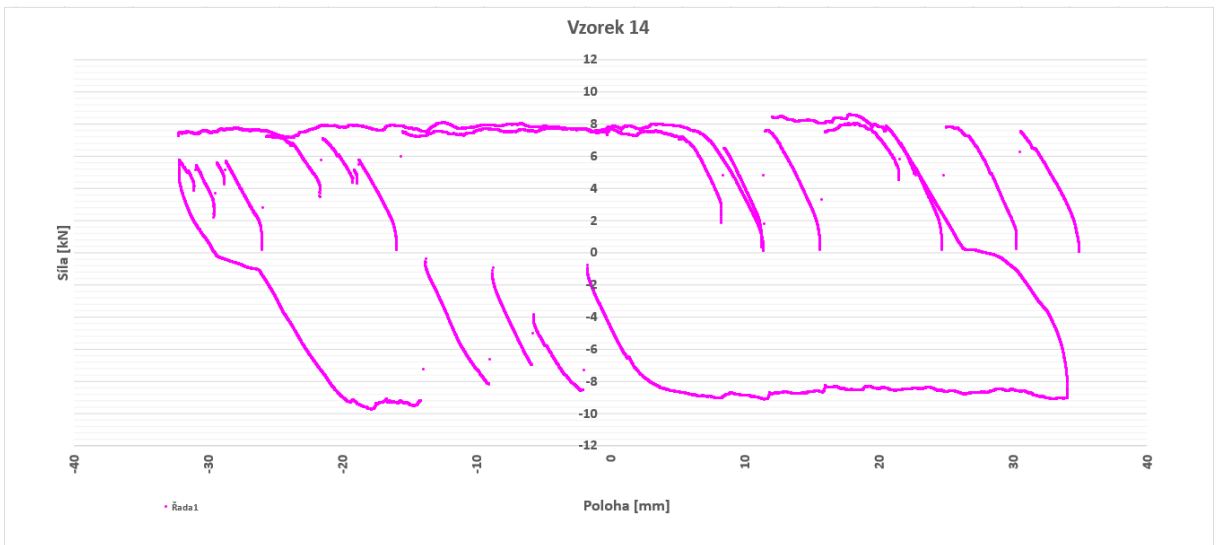
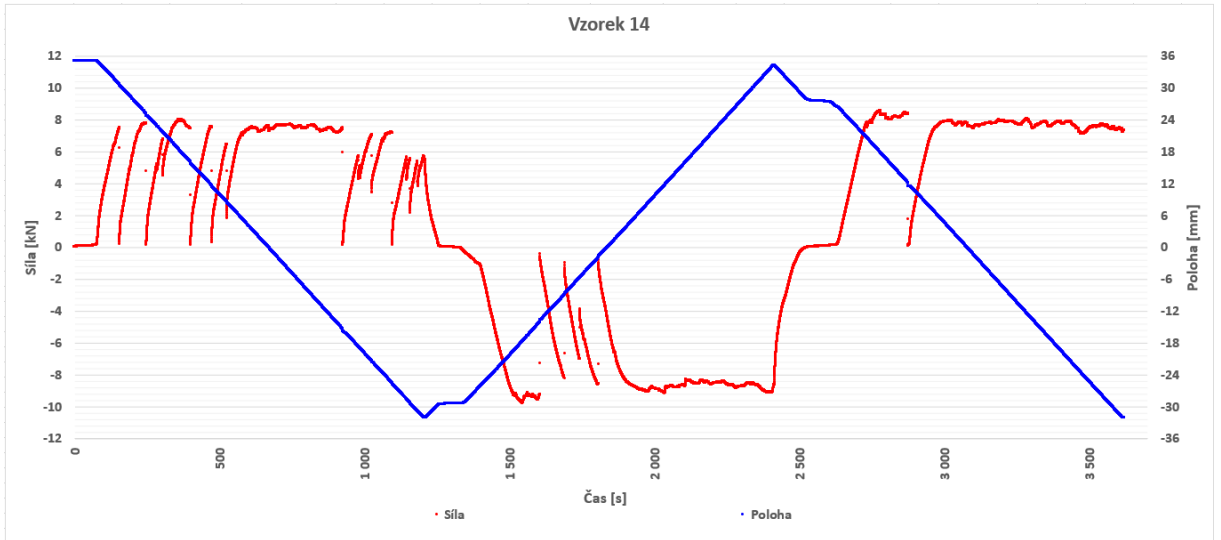
V13ot

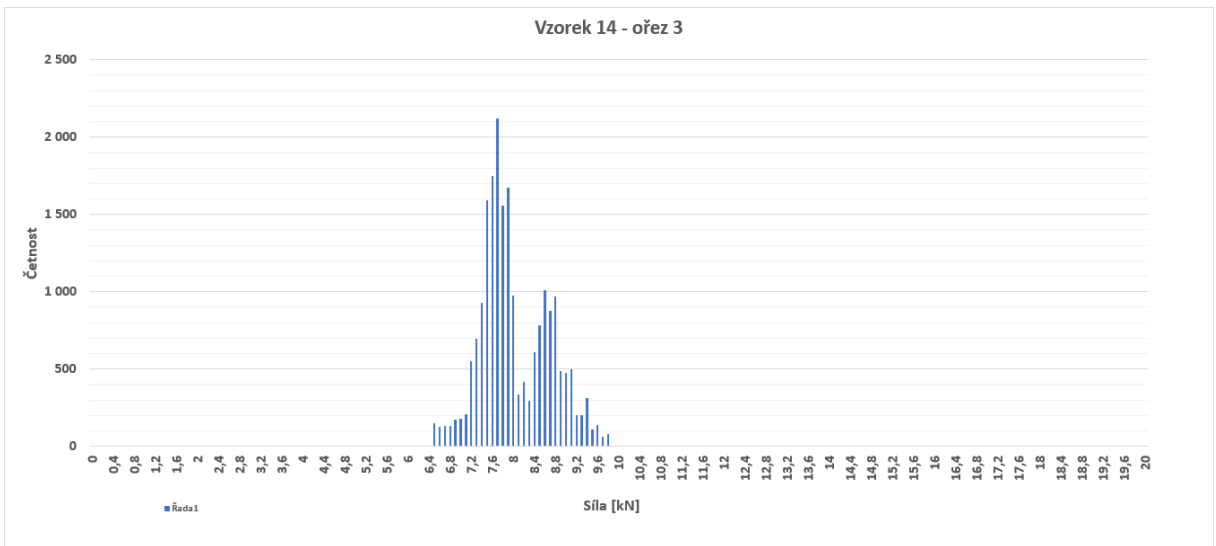
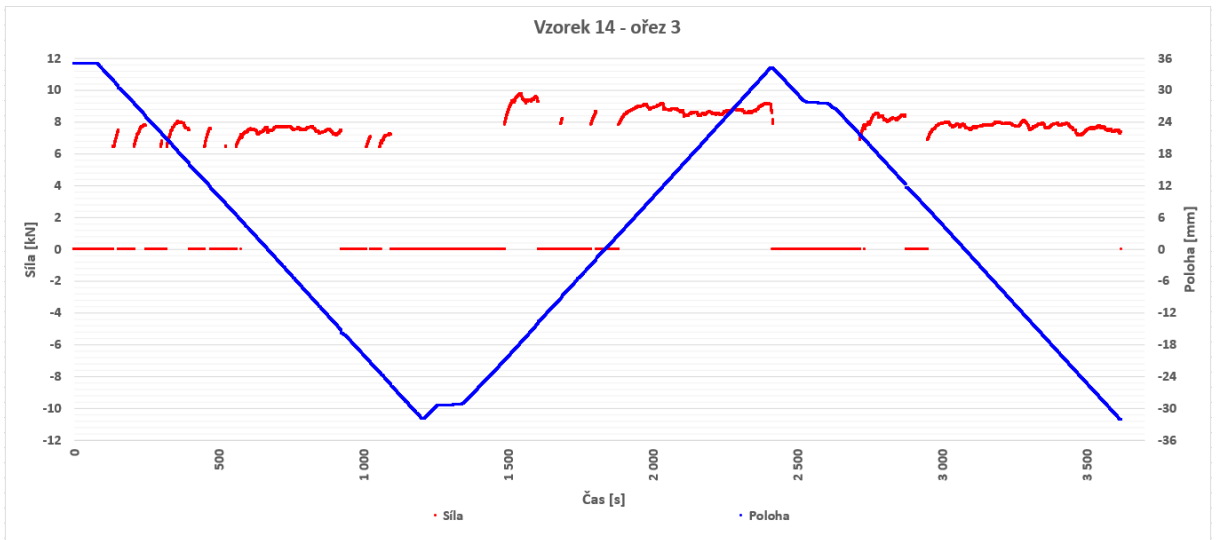




střední hodnota 6,908 kN
 směrodatná odchylka 1,125

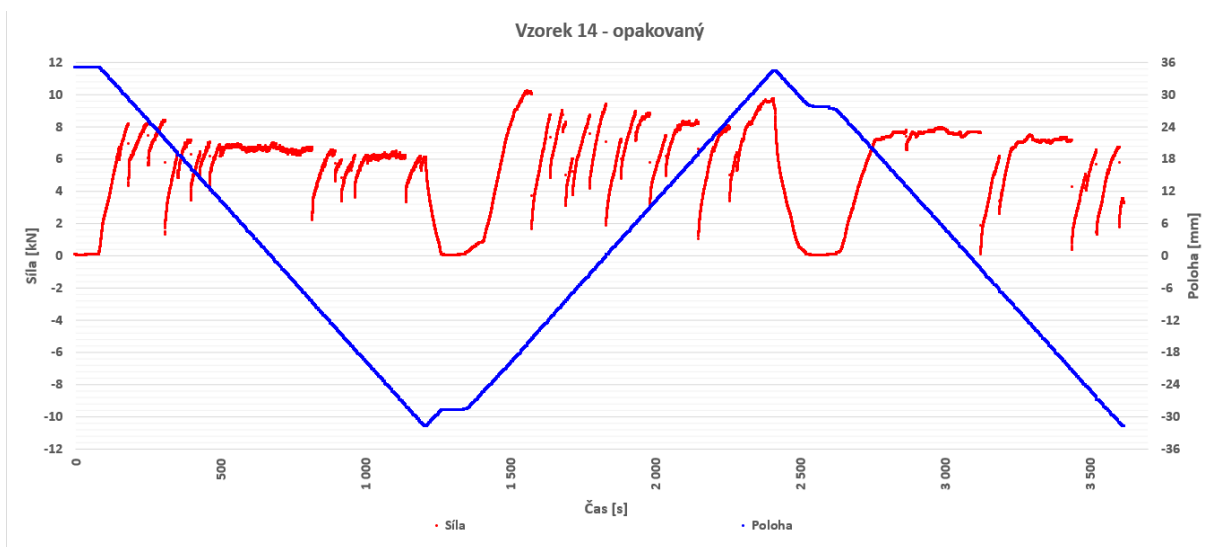
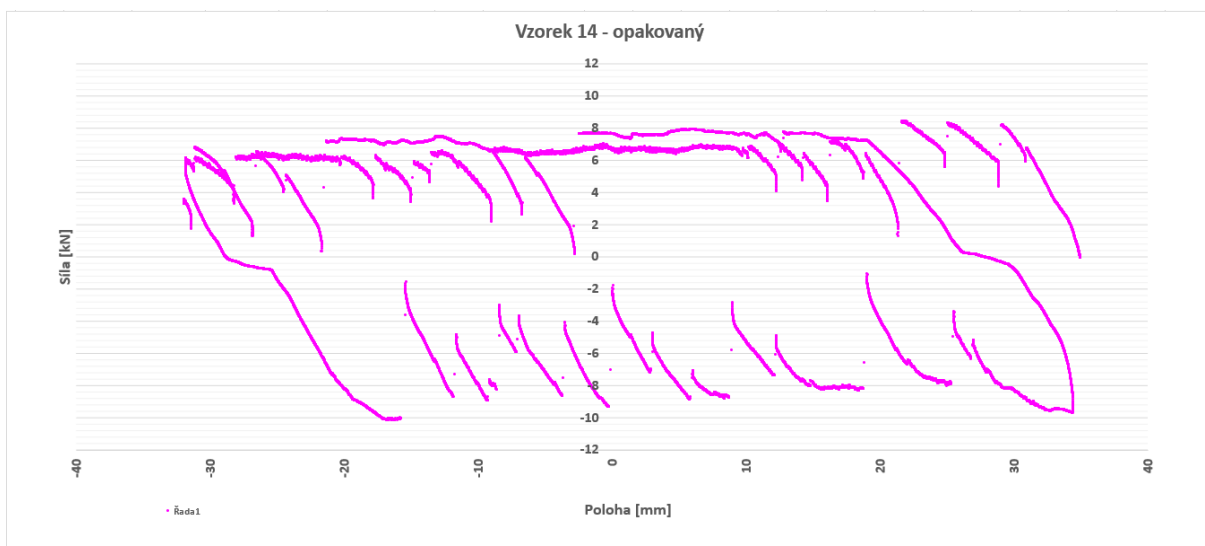
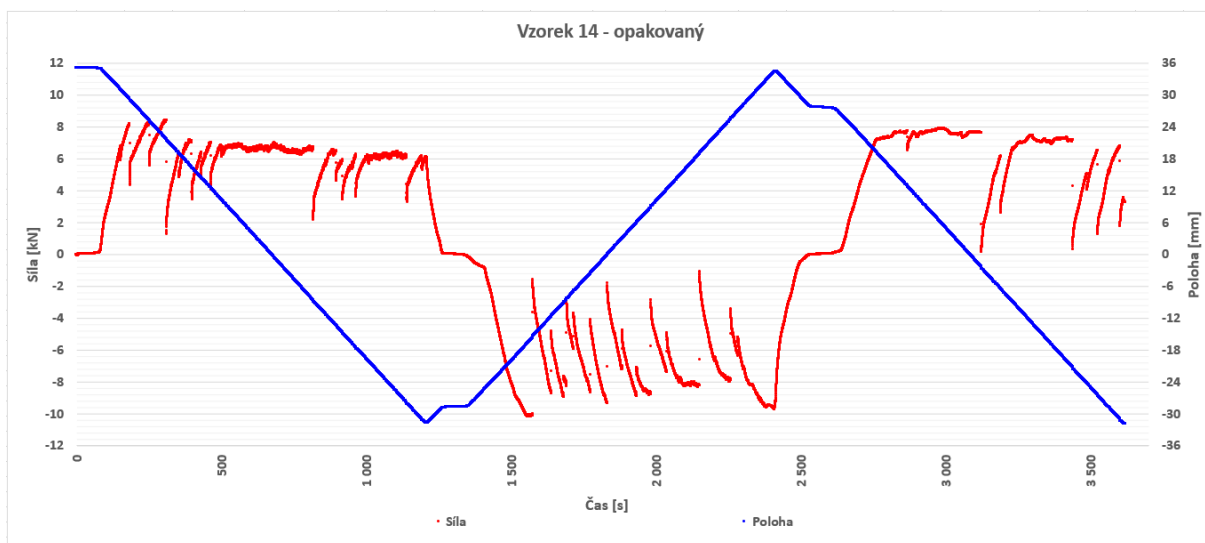
V14

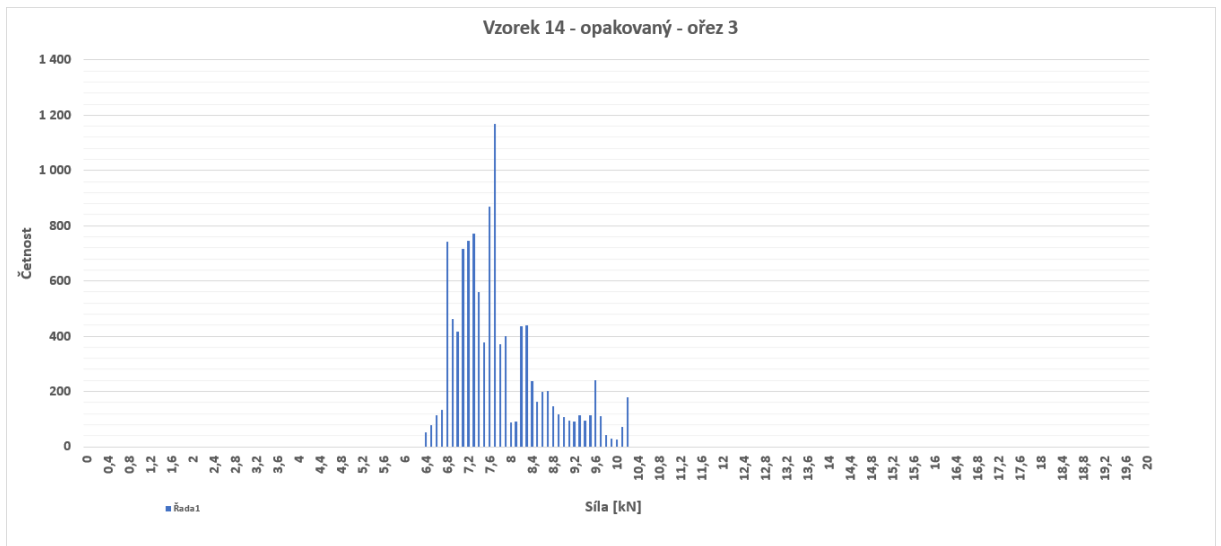
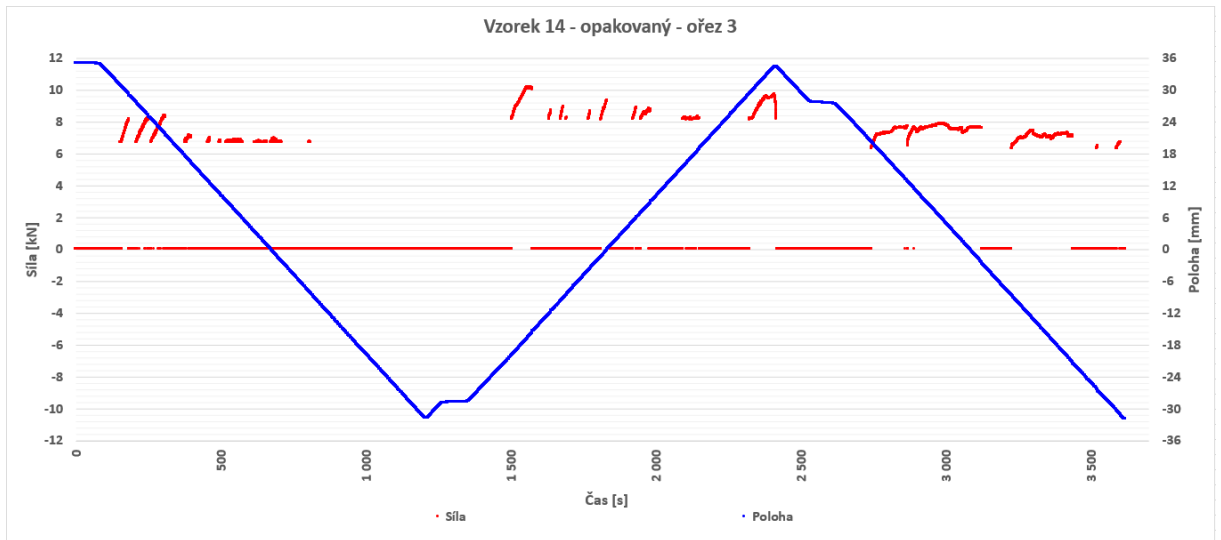




střední hodnota 8,354 kN
 směrodatná odchylka 0,782

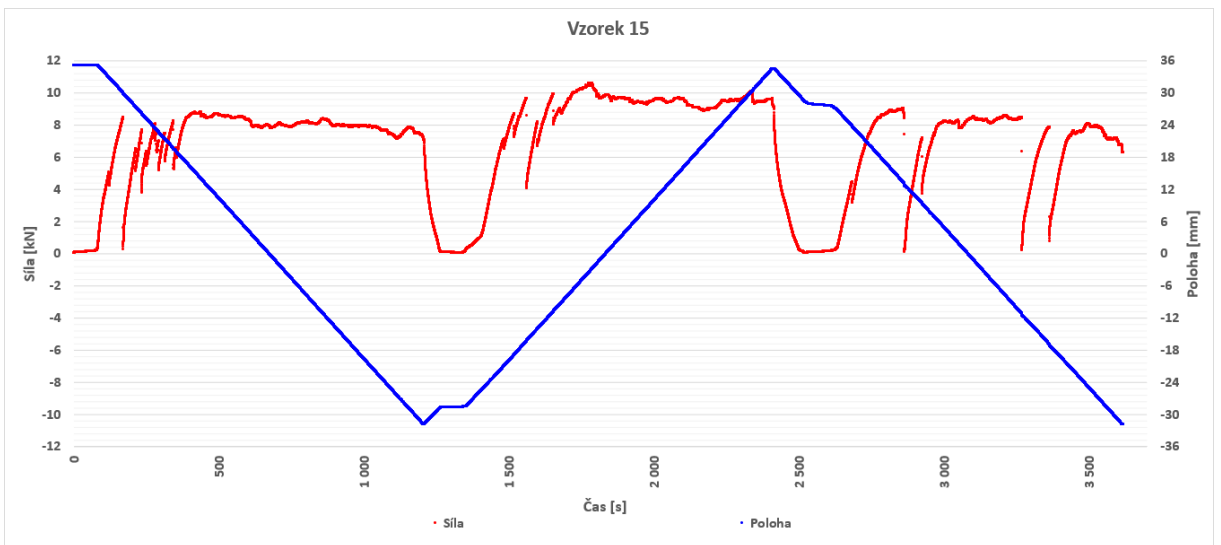
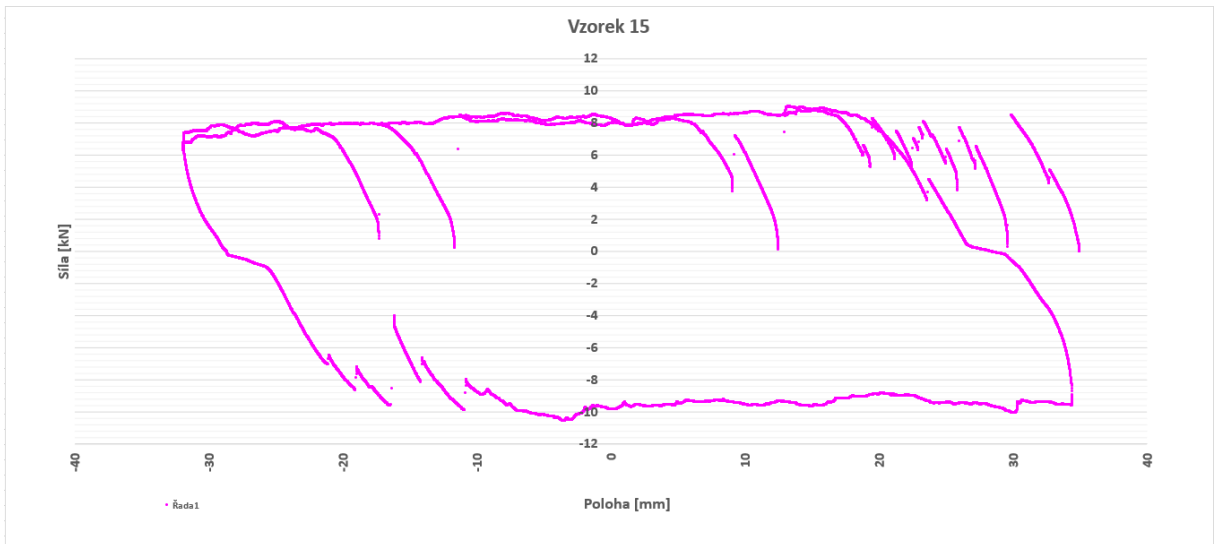
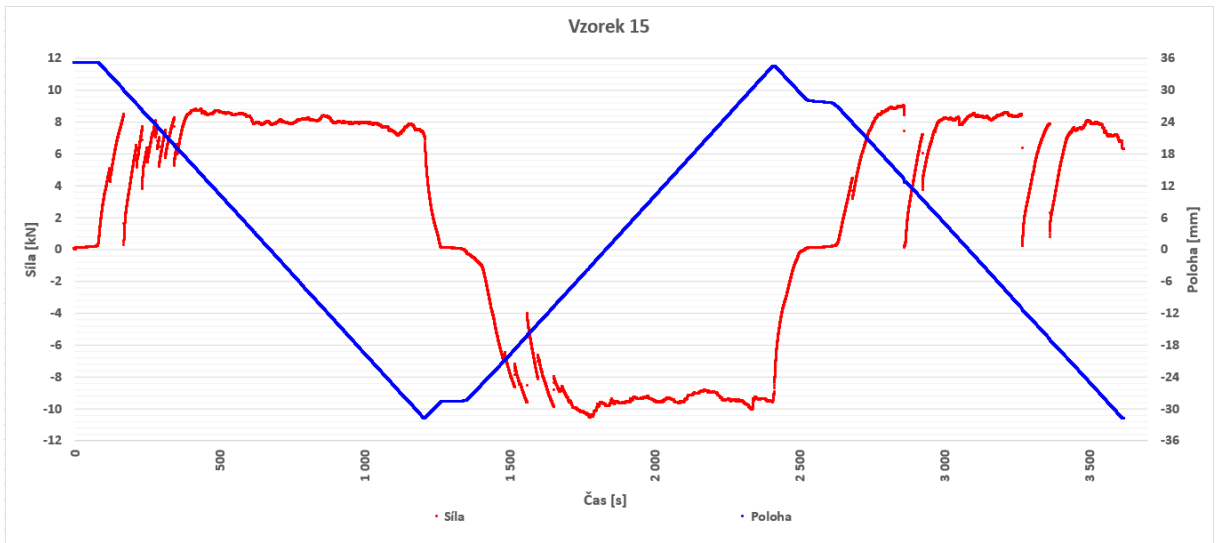
V14ot

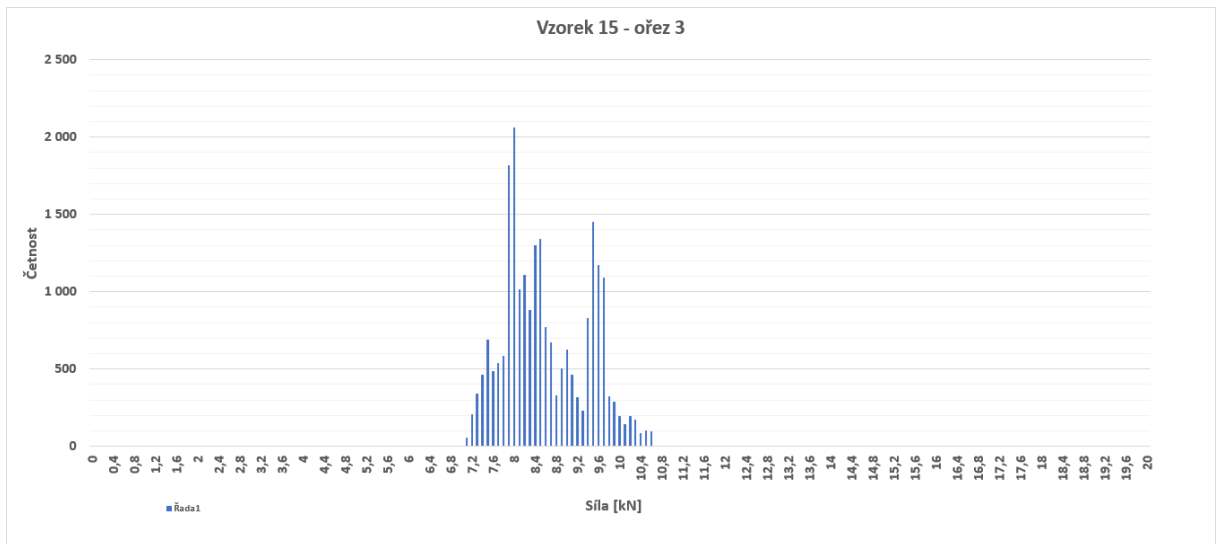
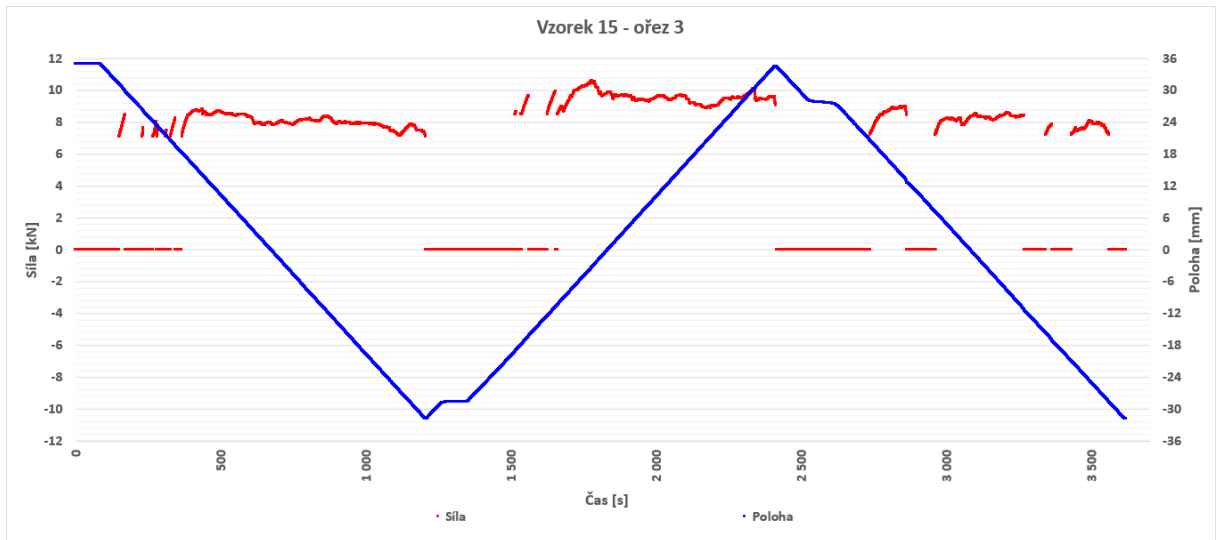




střední hodnota 7,560 kN
směrodatná odchylka 0,847

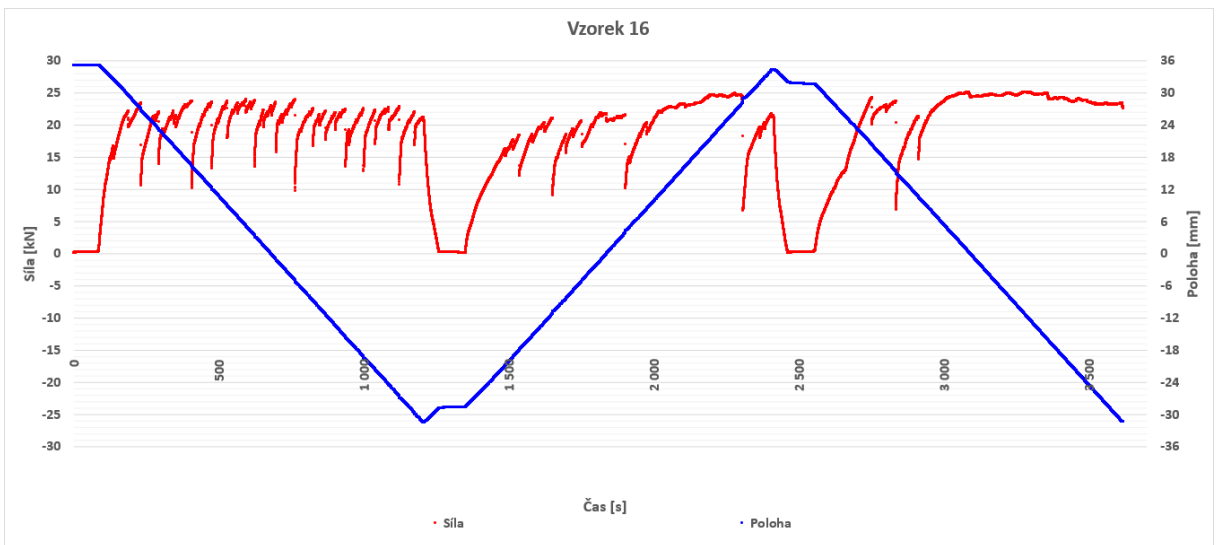
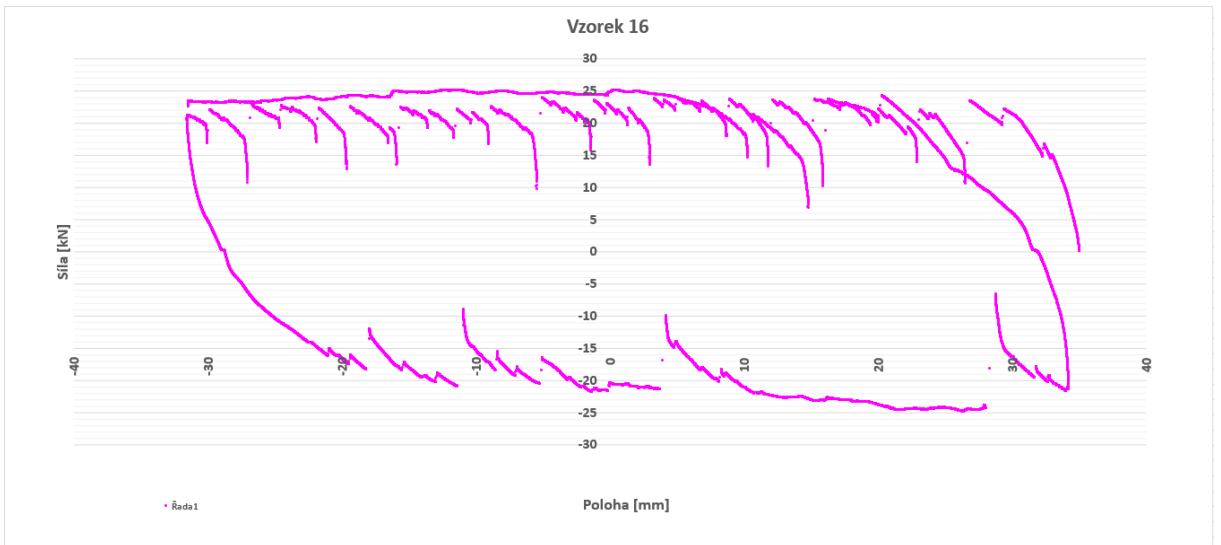
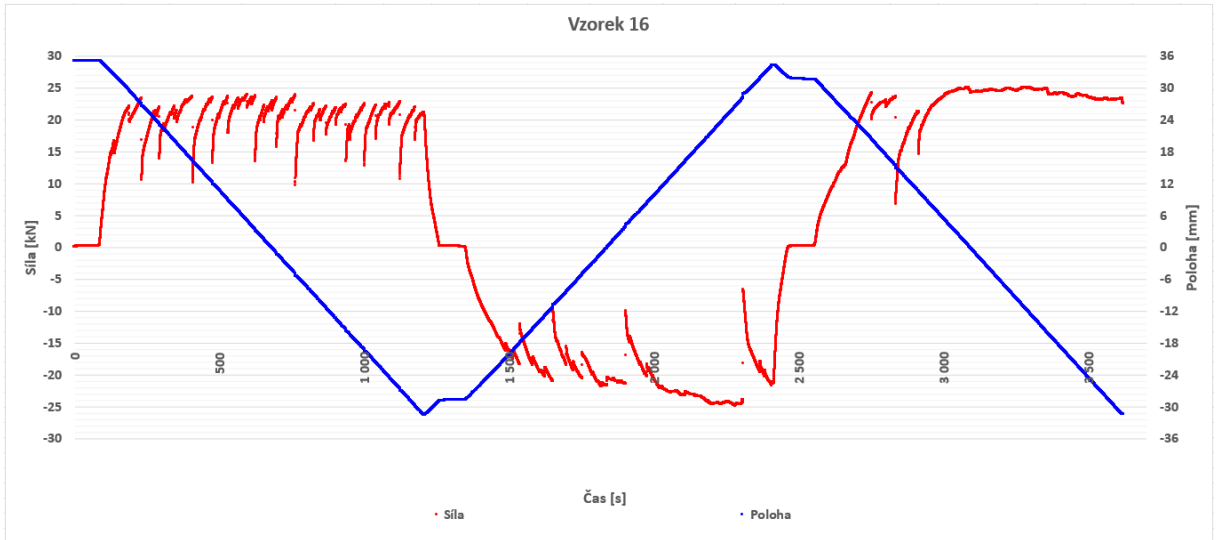
V15

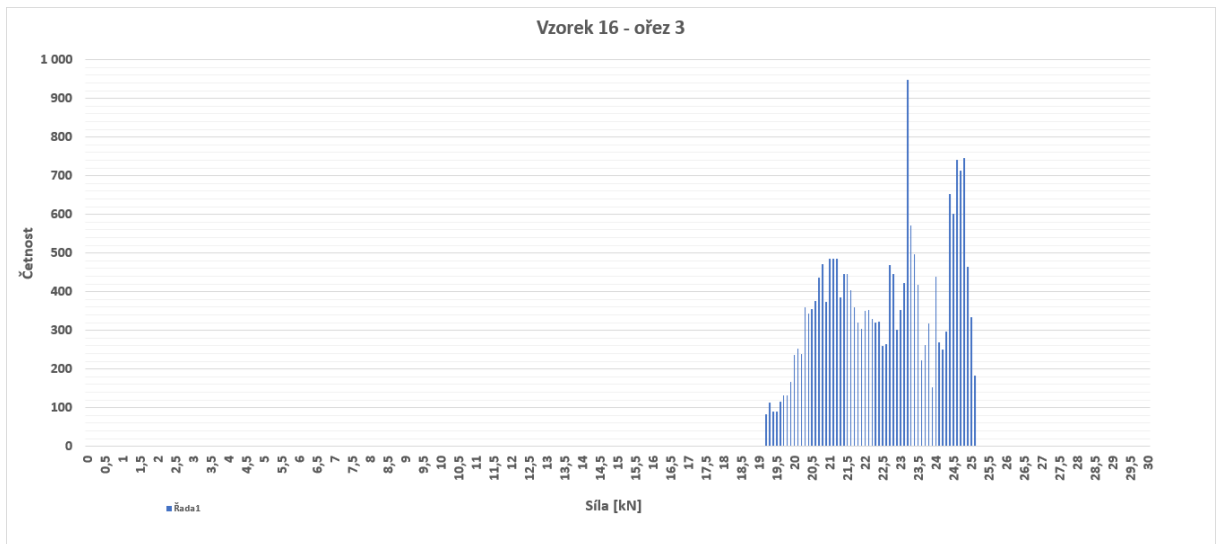
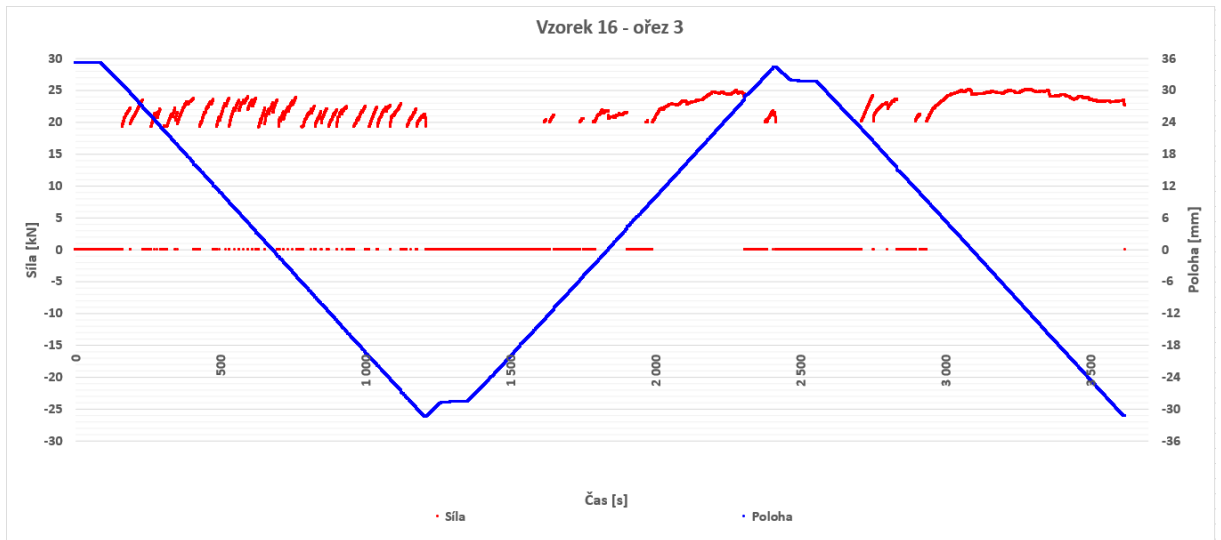




střední hodnota 8,598 kN
směrodatná odchylka 0,840

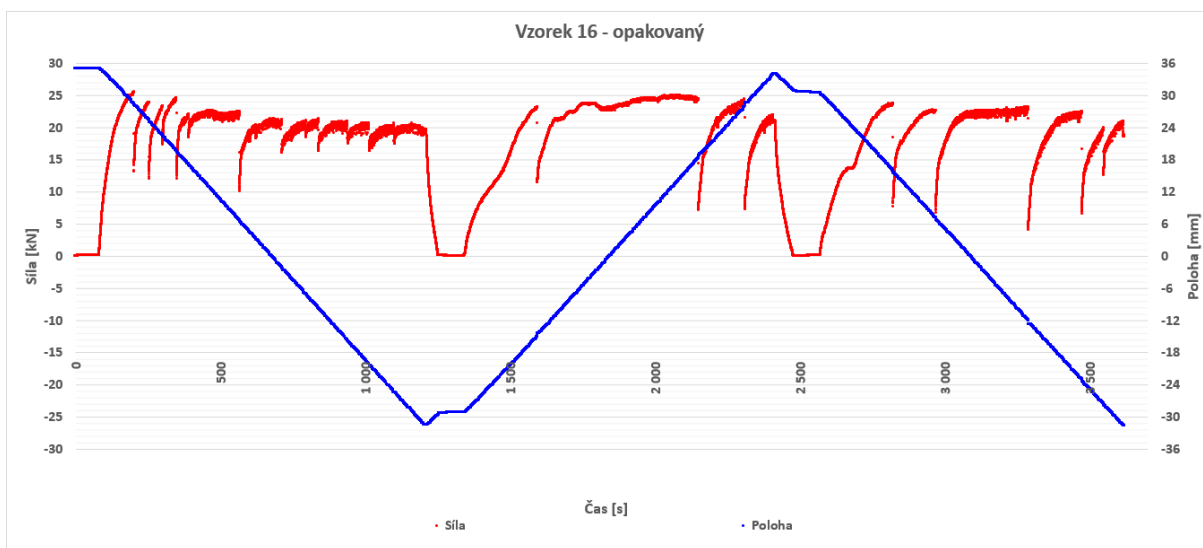
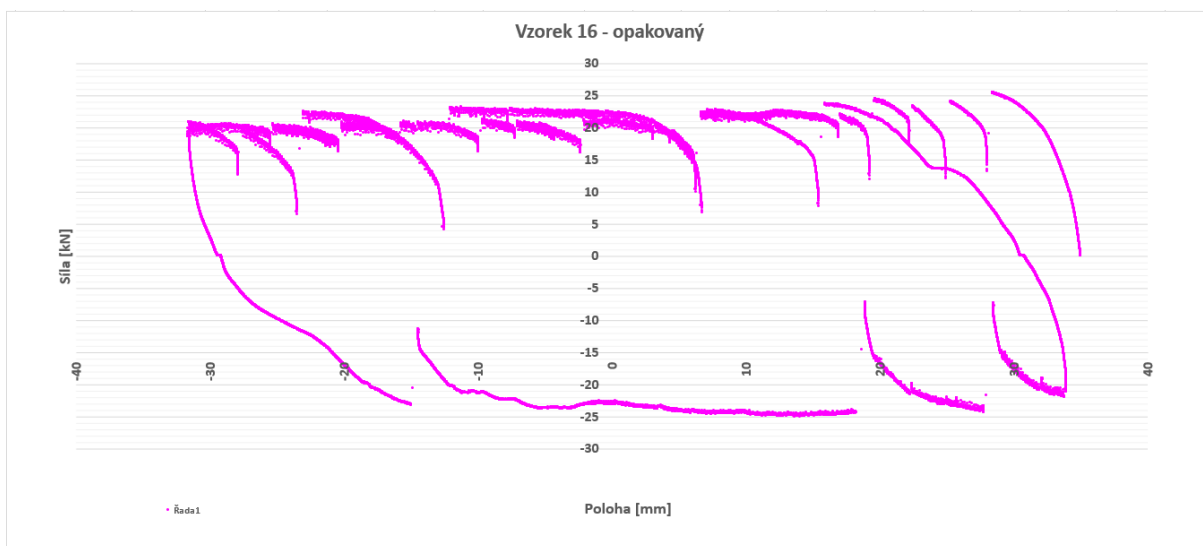
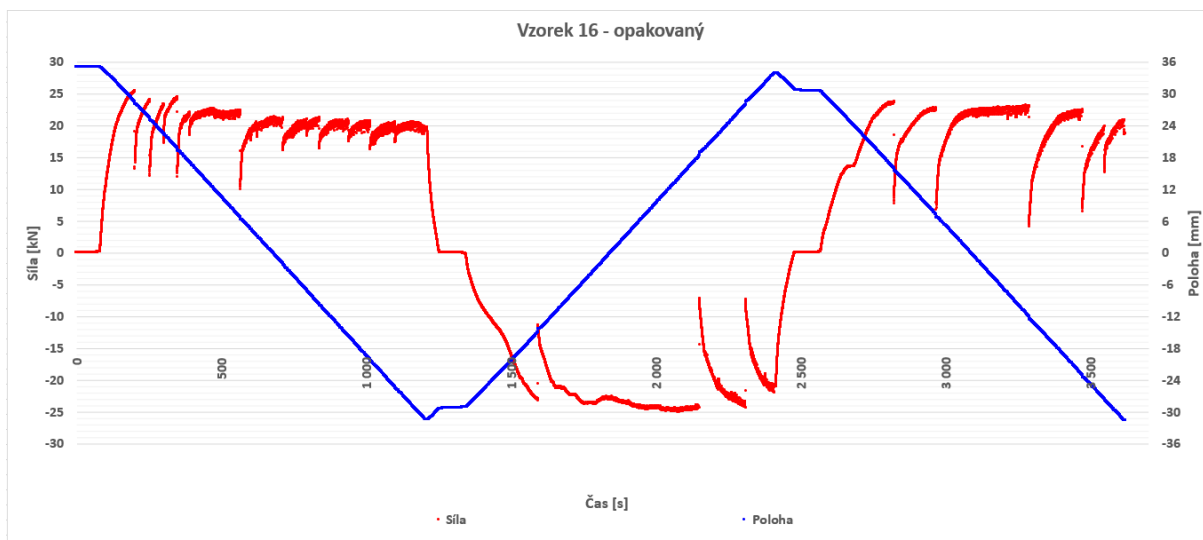
V16

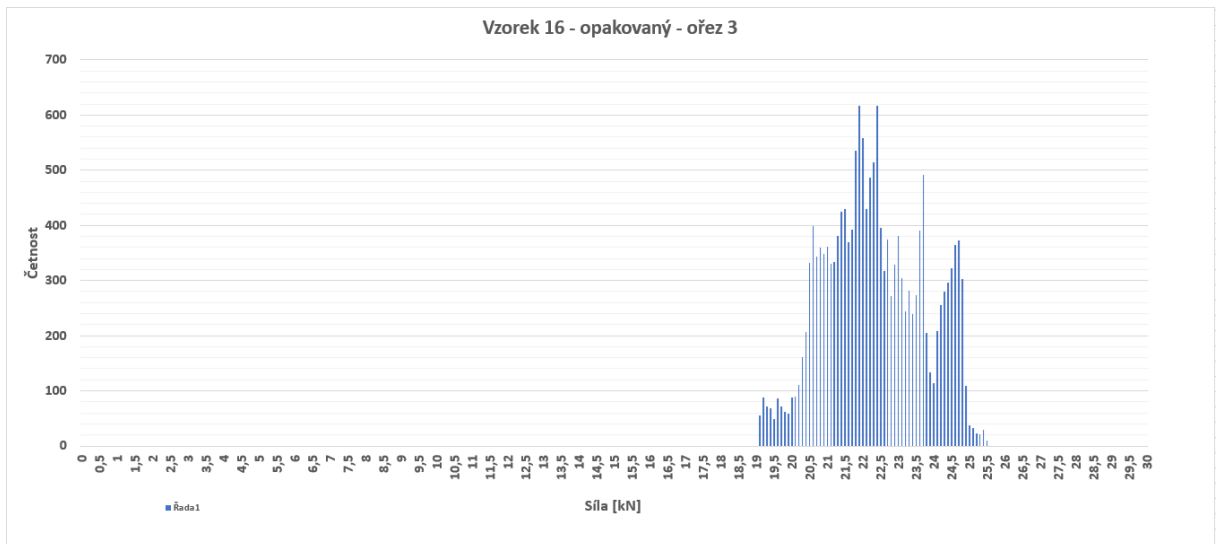
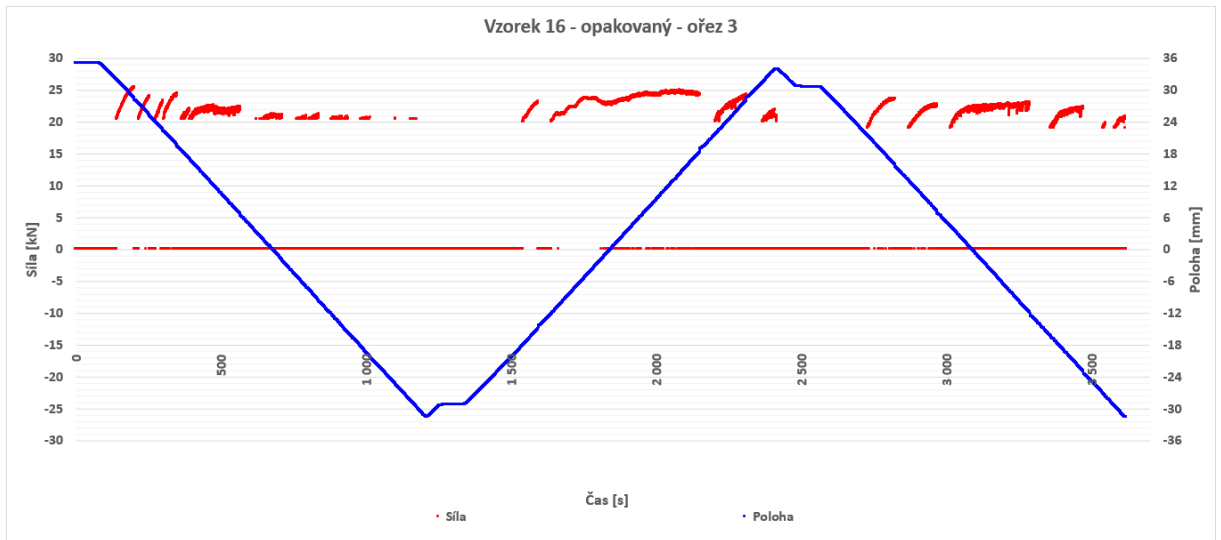




střední hodnota 21,562 kN
 směrodatná odchylka 1,389

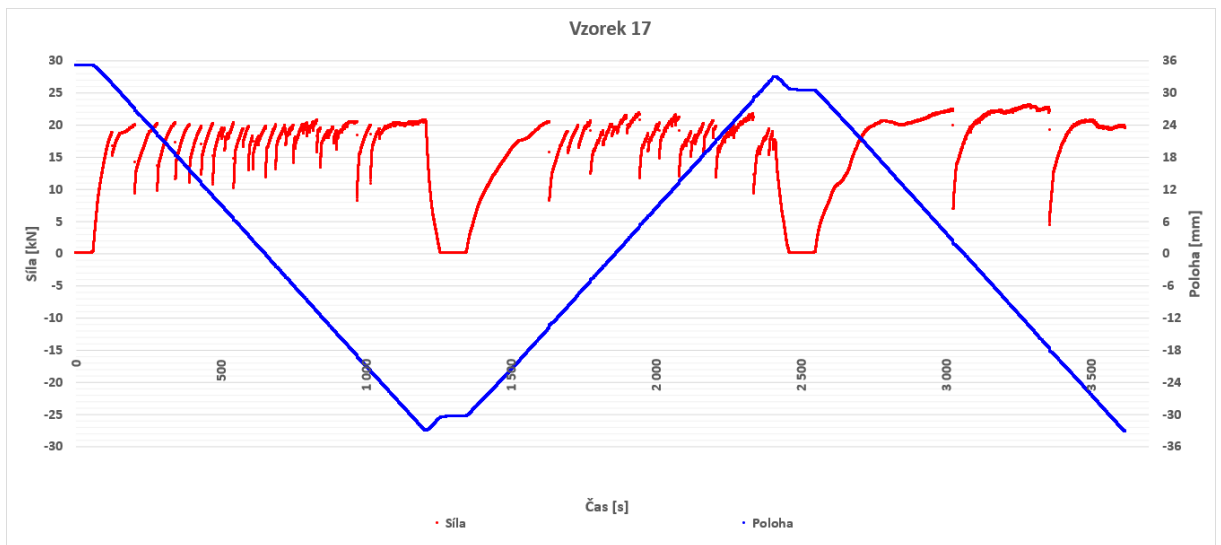
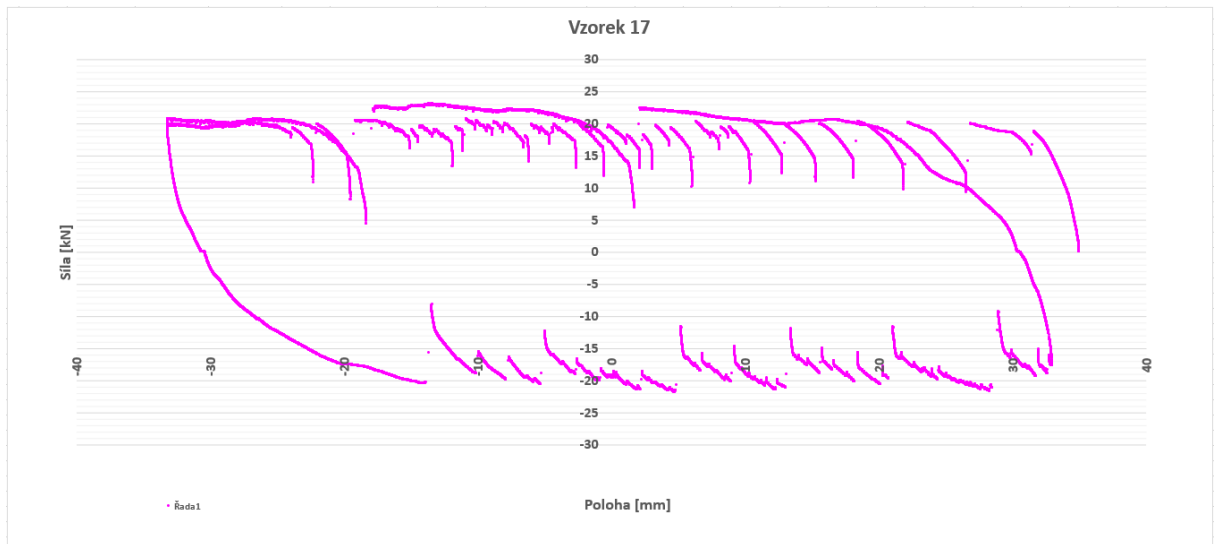
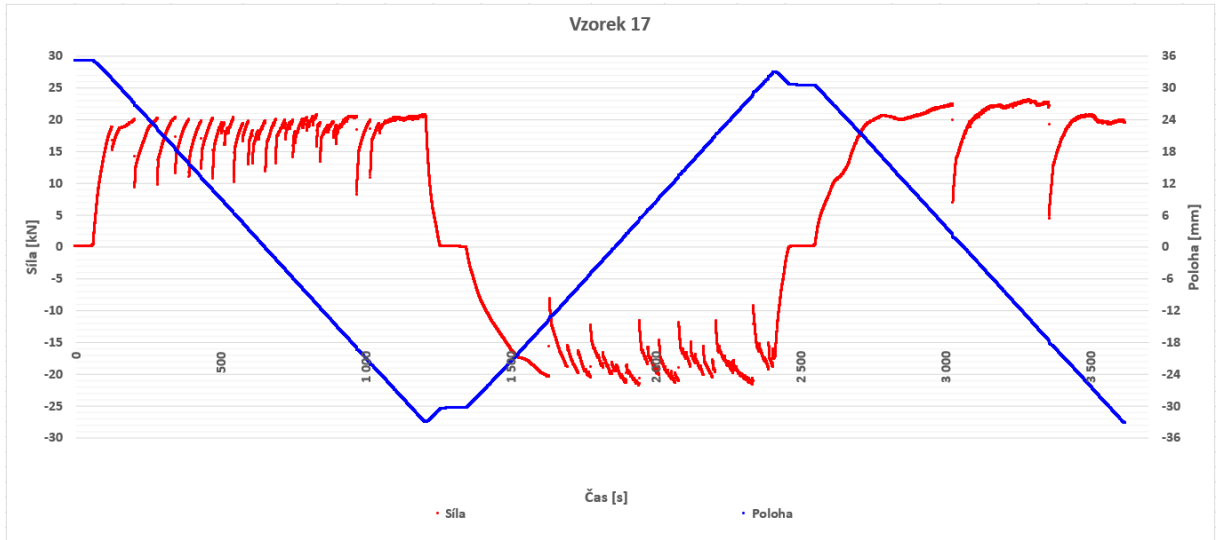
V16ot

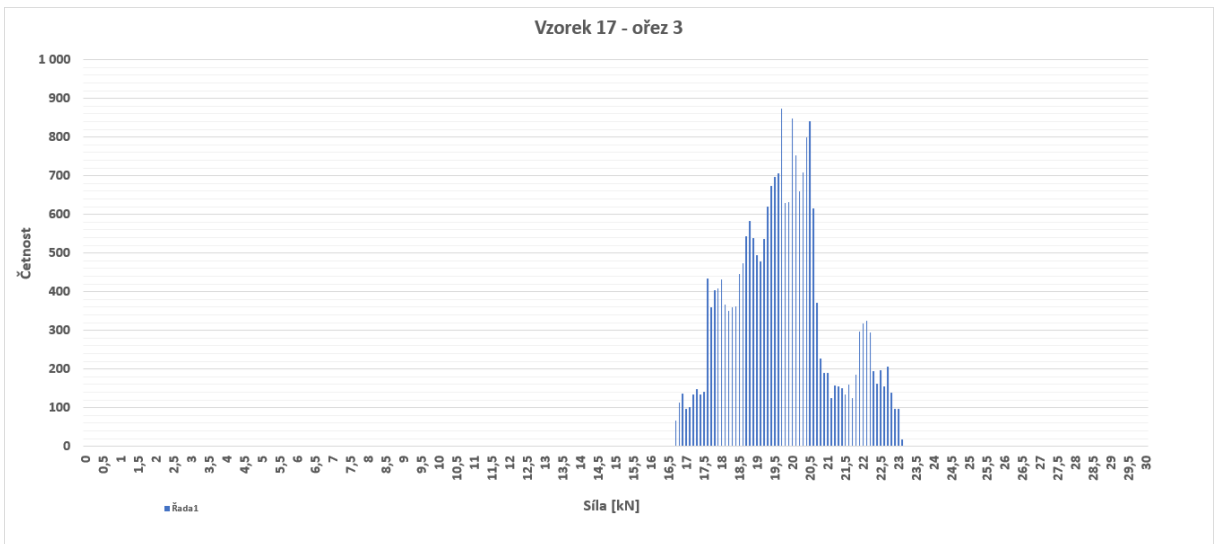
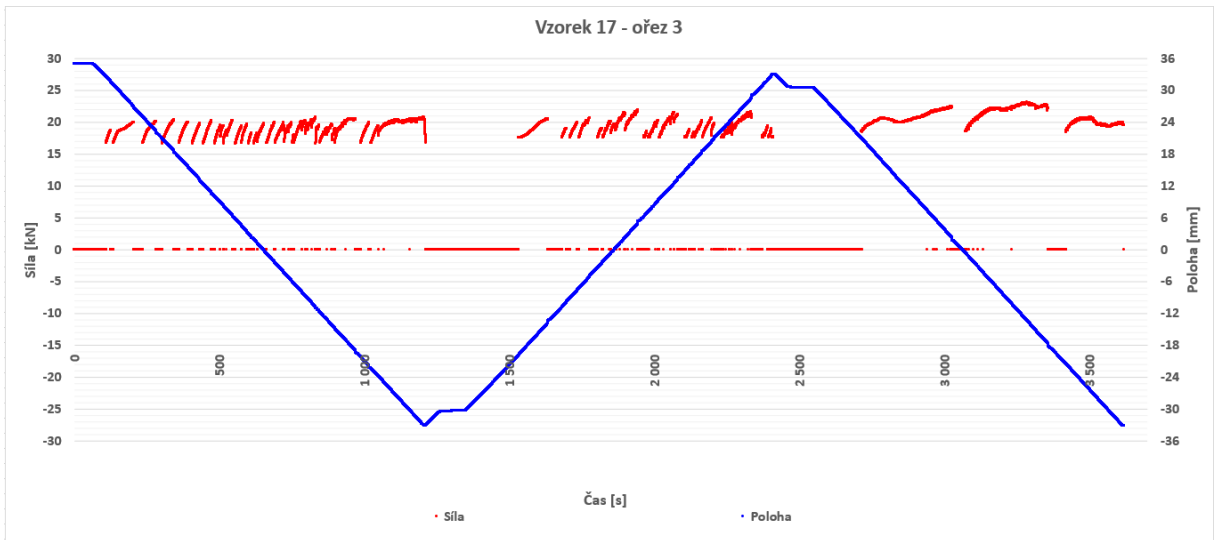




střední hodnota 22,182 kN
 směrodatná odchylka 1,393

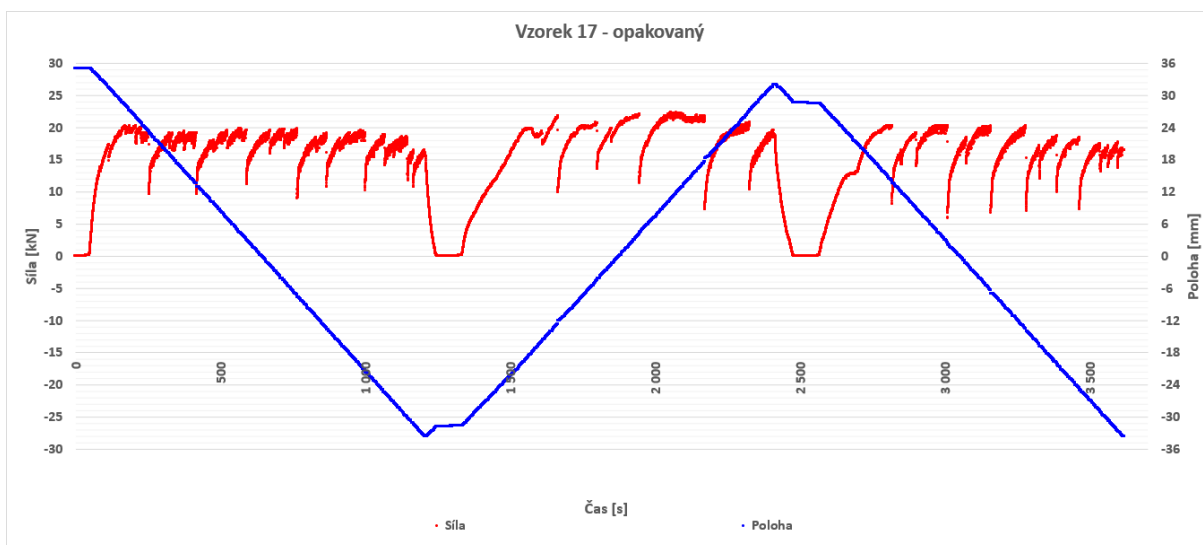
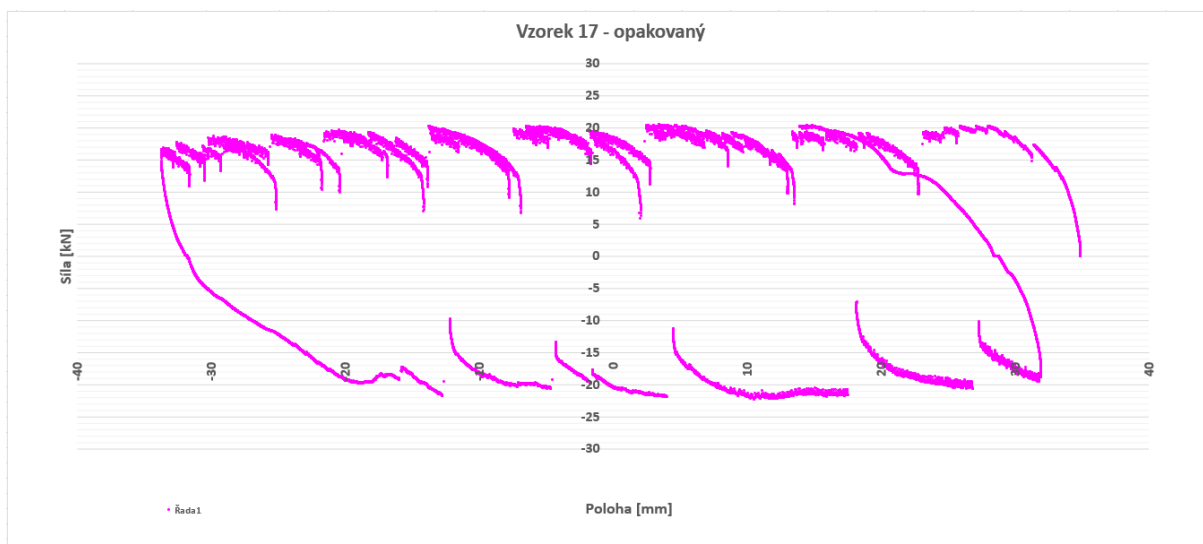
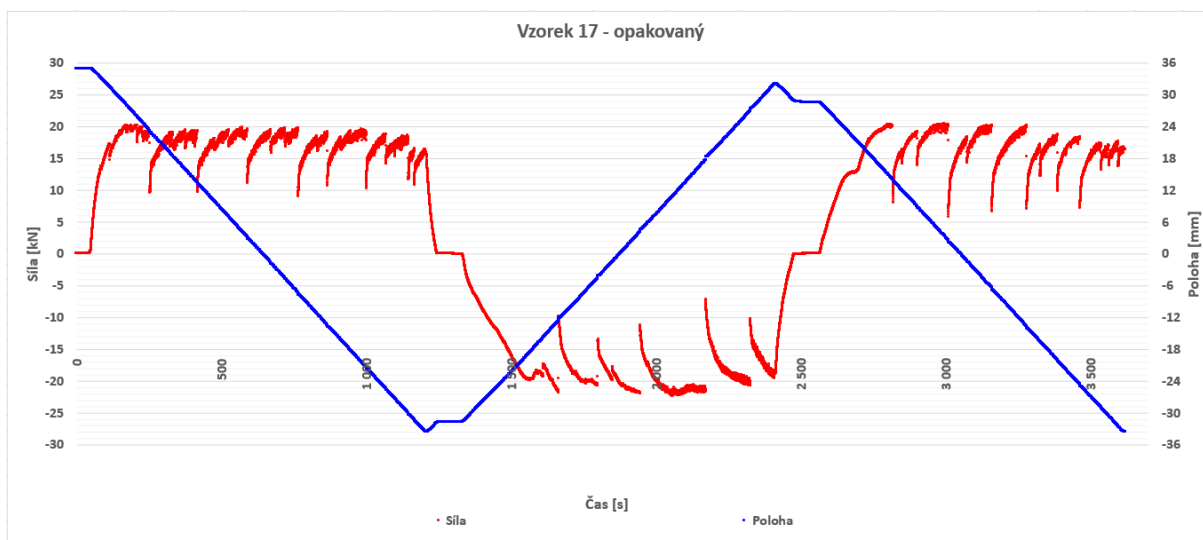
V17

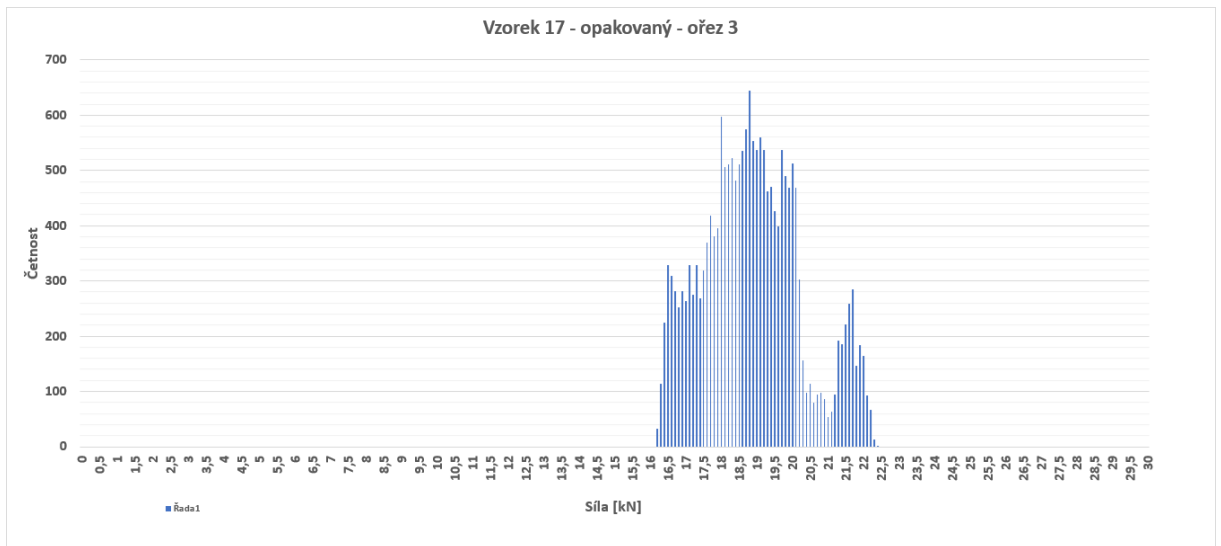
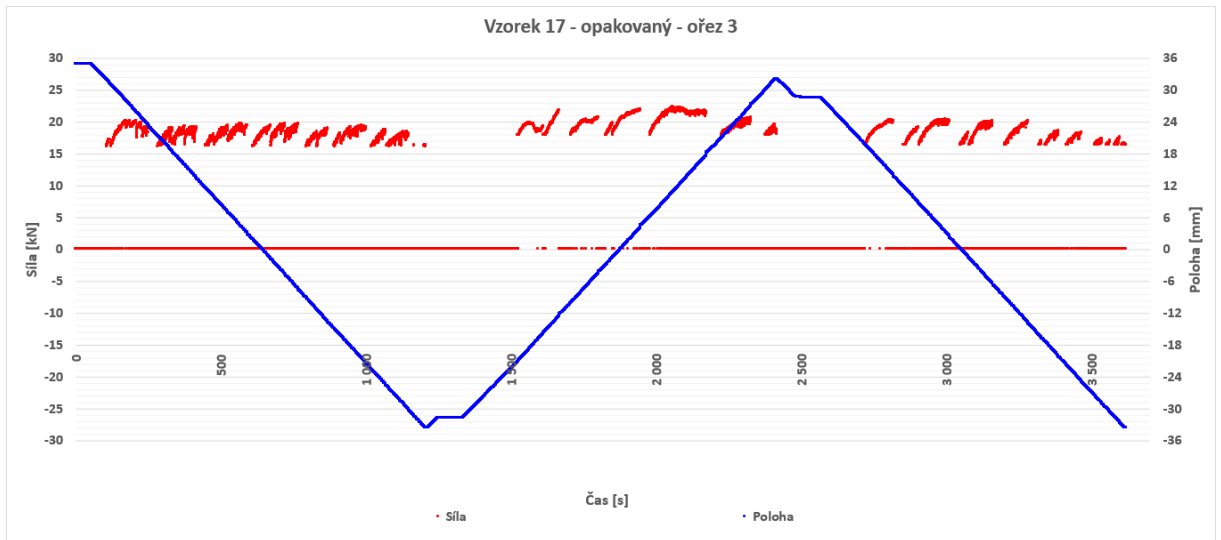




střední hodnota 19,079 kN
 směrodatná odchylka 1,076

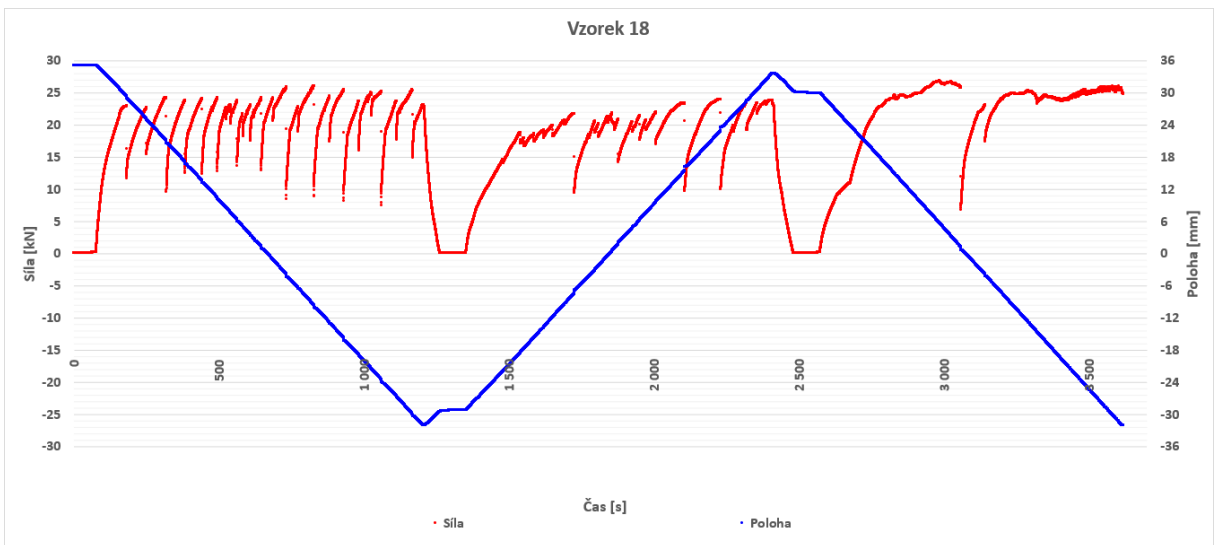
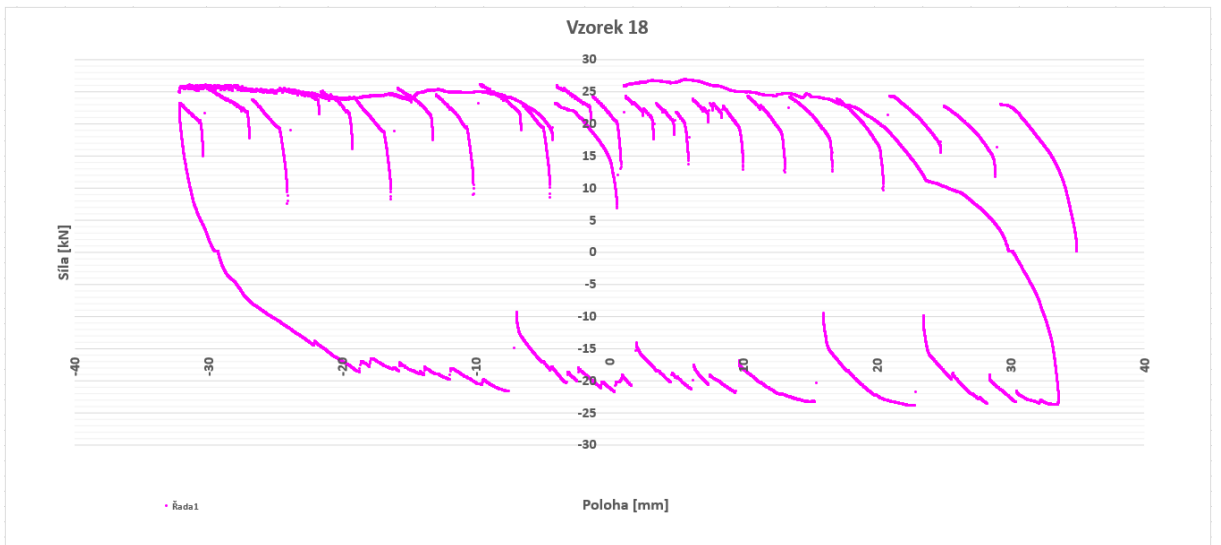
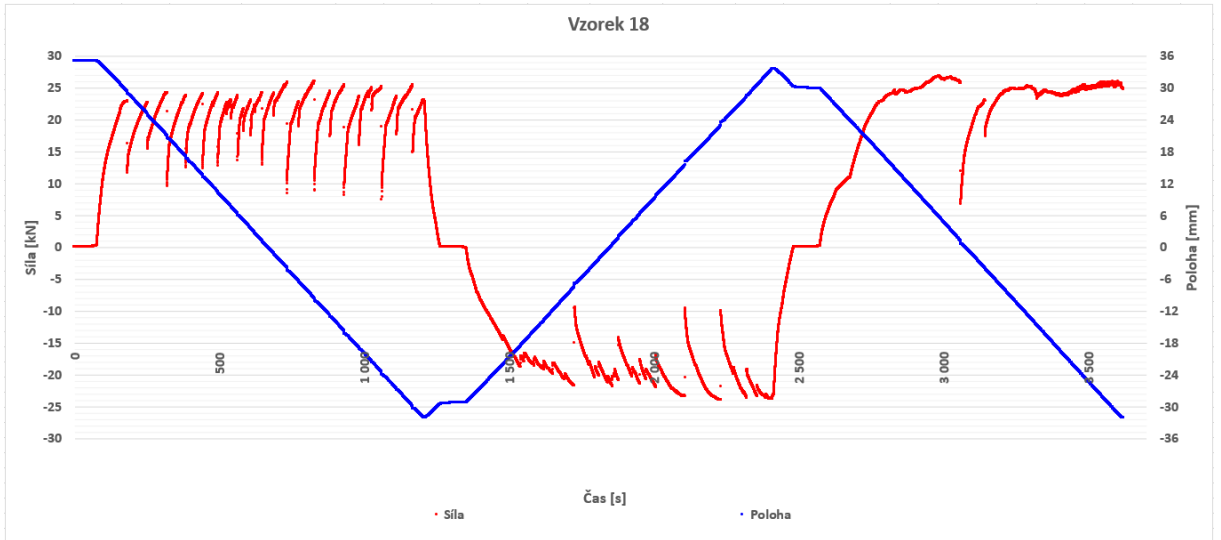
V17ot

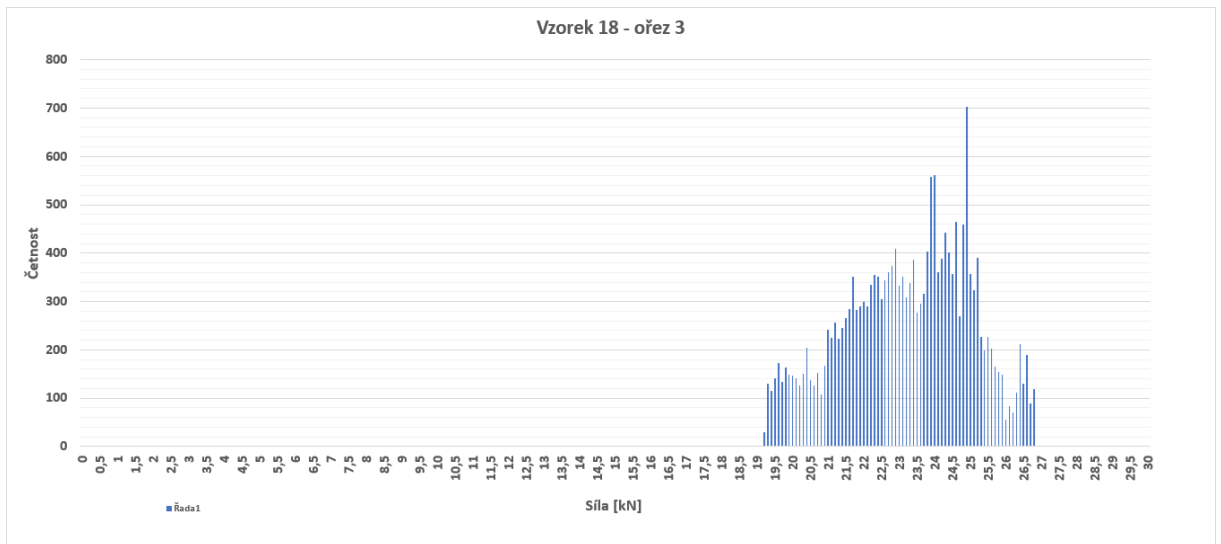
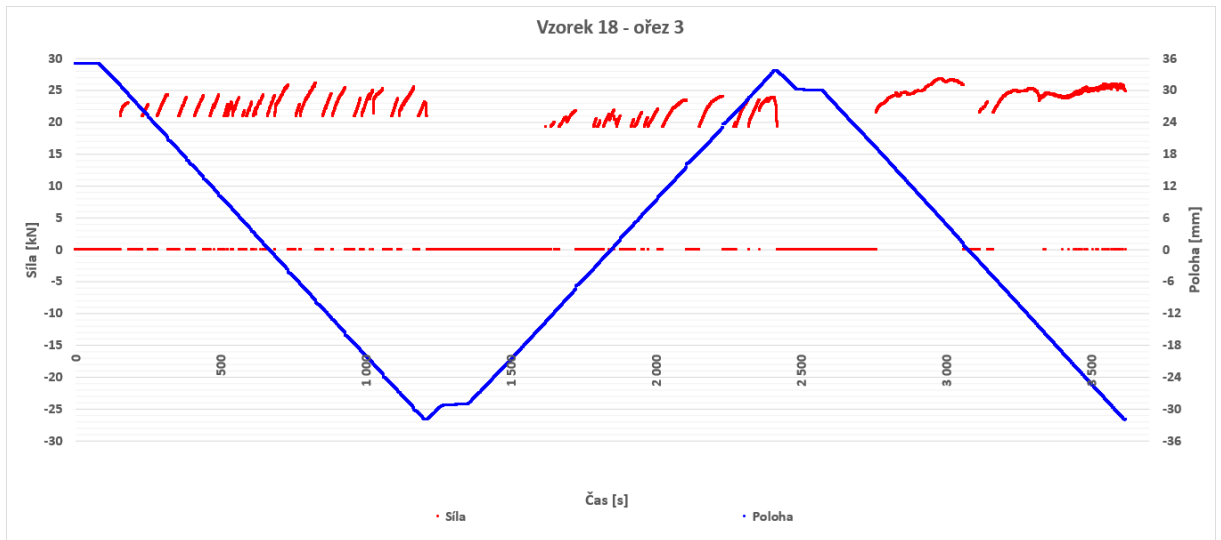




střední hodnota 18,752 kN
směrodatná odchylka 1,412

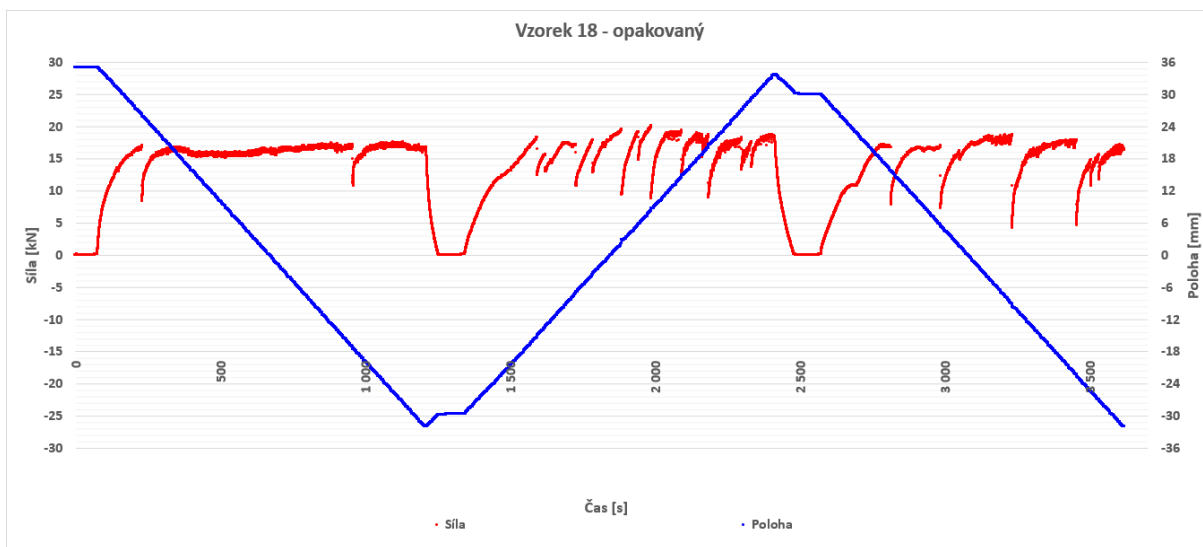
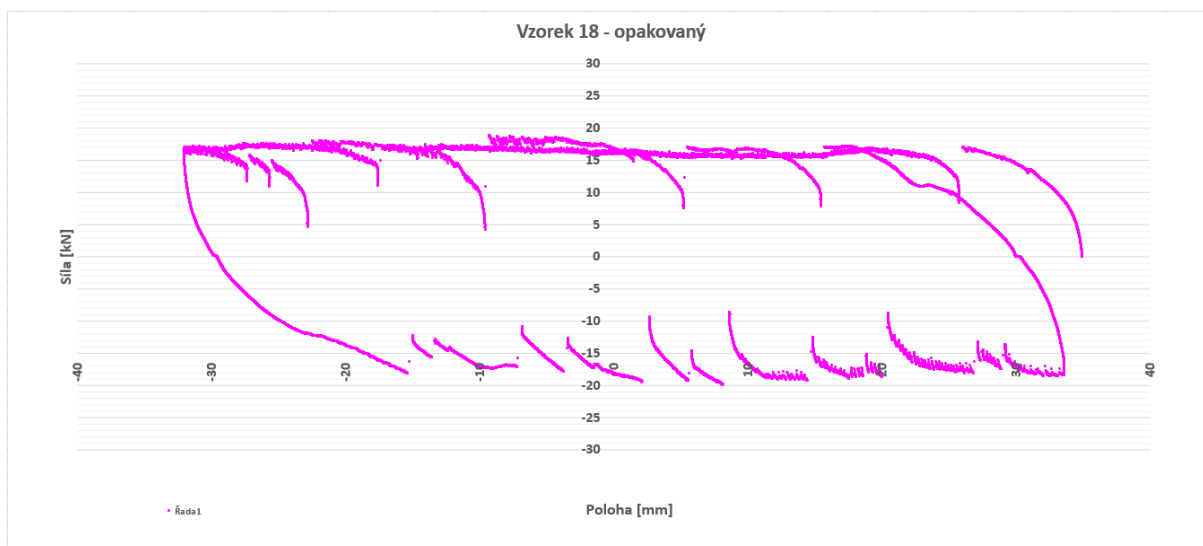
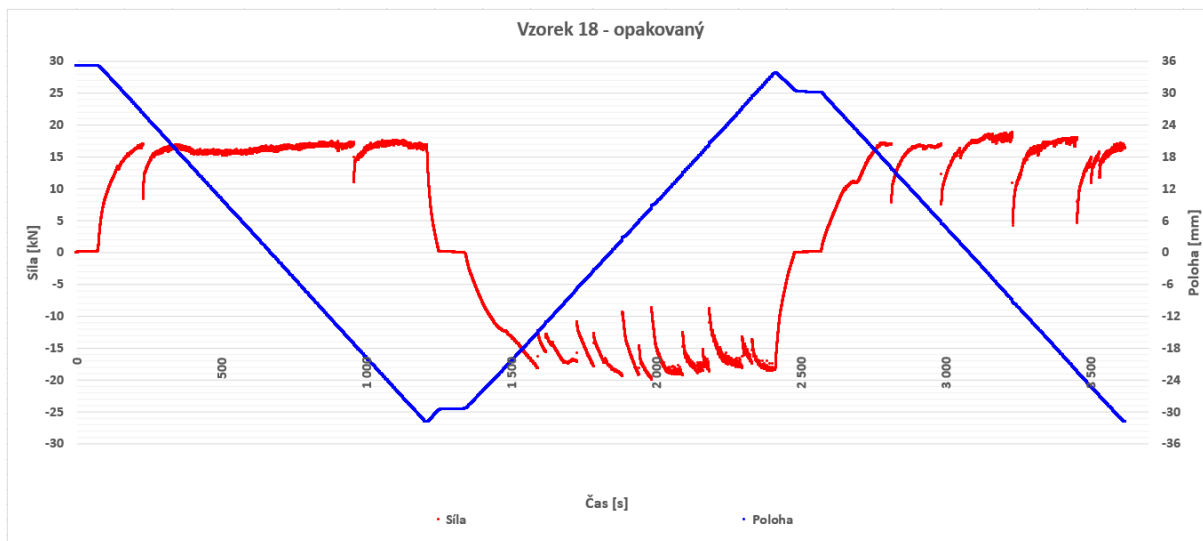
V18

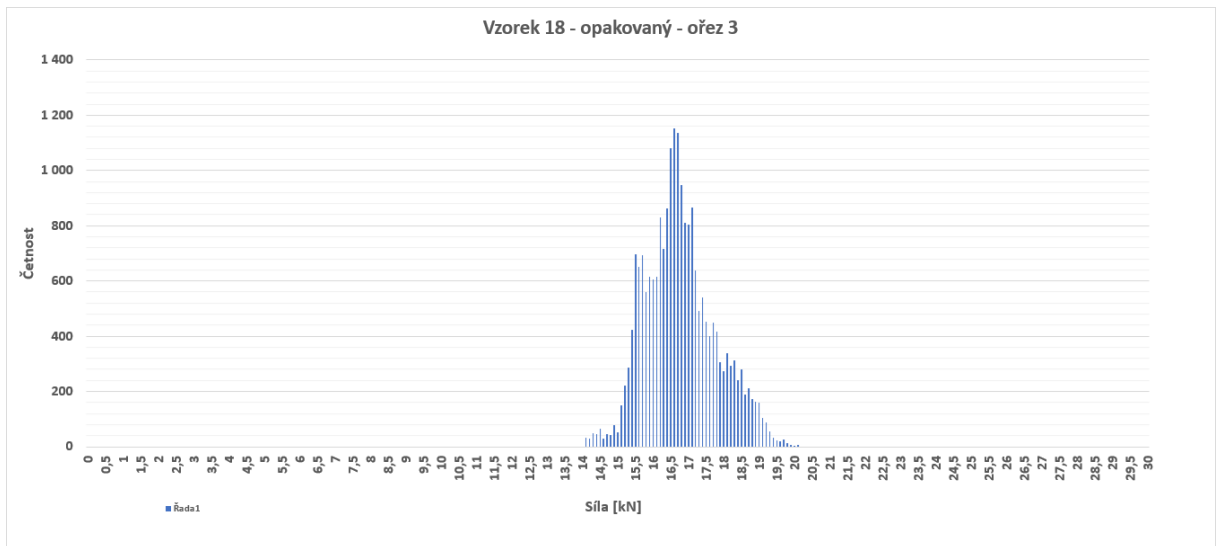
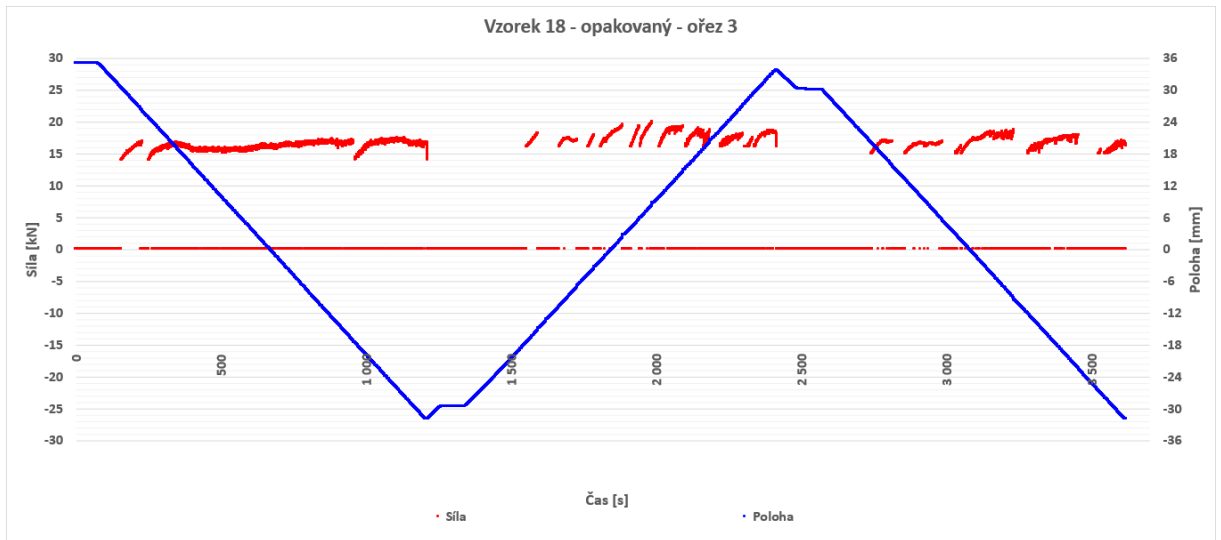




střední hodnota 22,311 kN
směrodatná odchylka 1,508

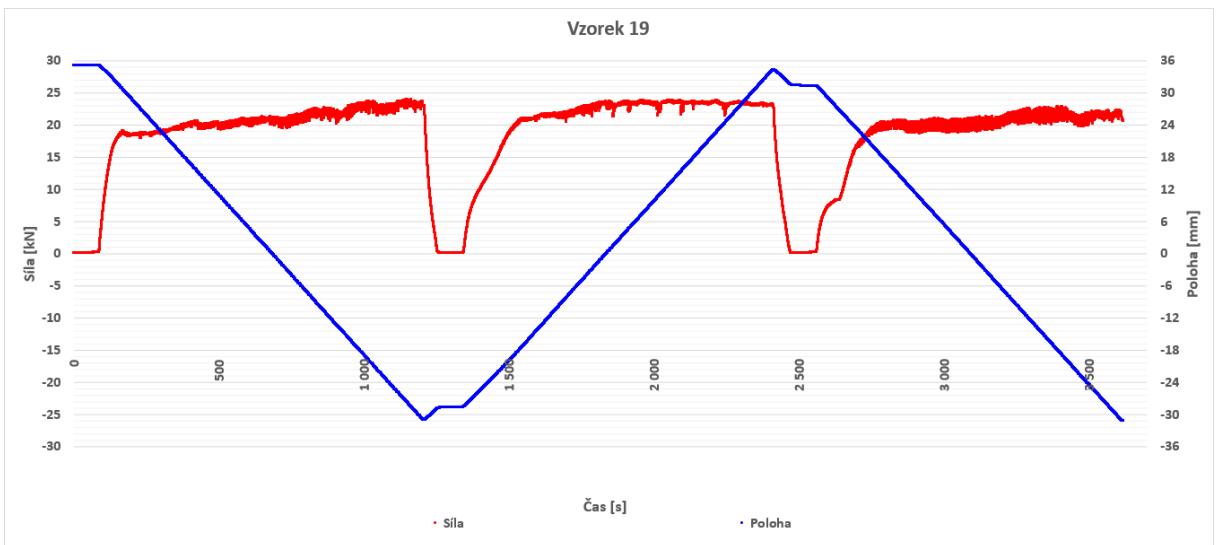
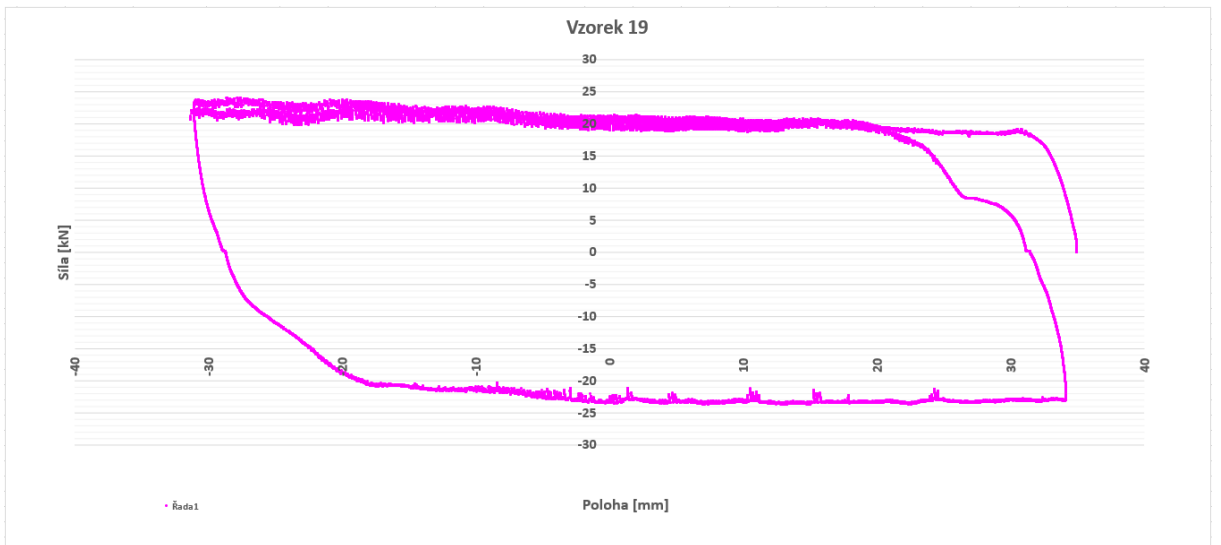
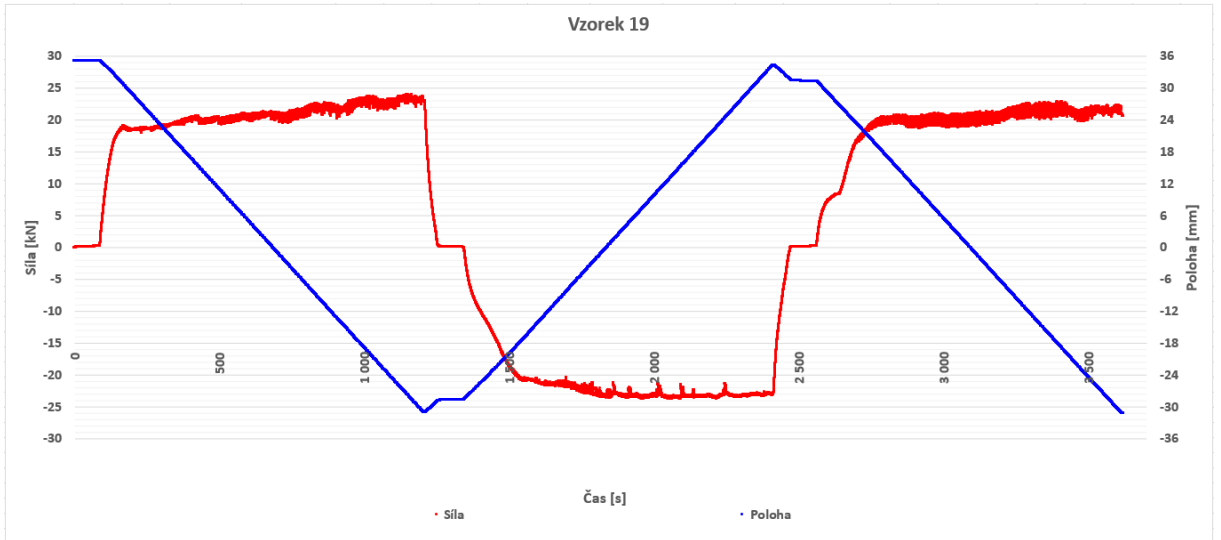
V18ot

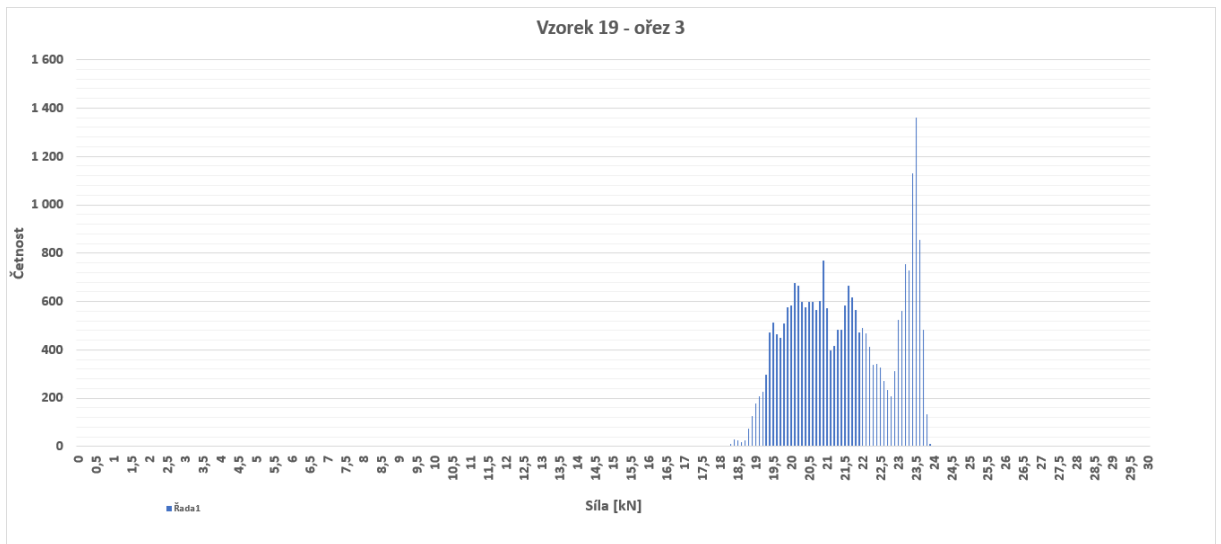
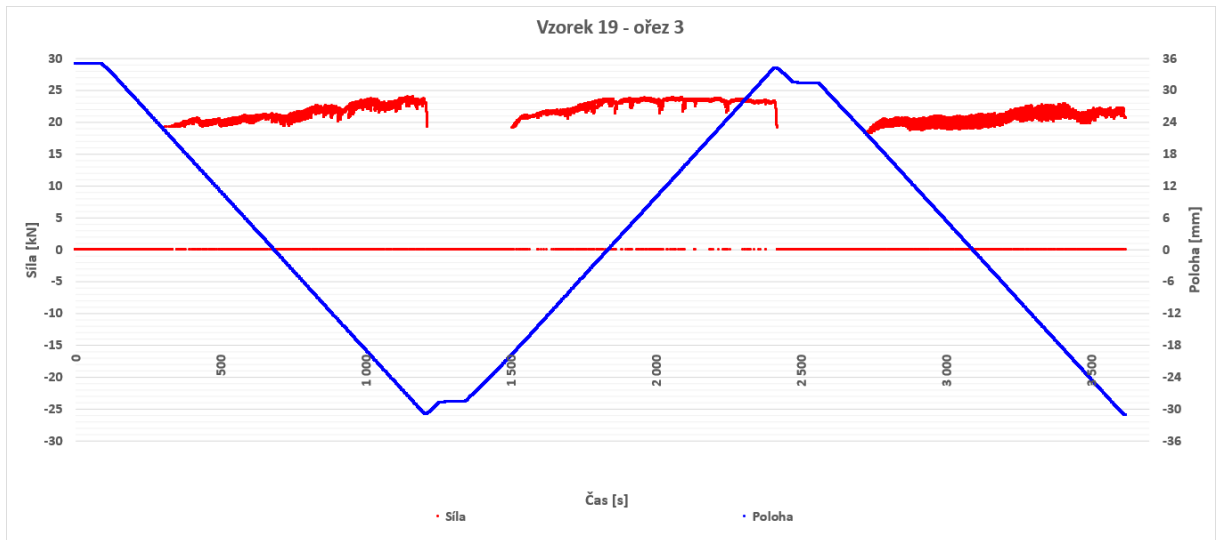




střední hodnota 16,631 kN
směrodatná odchylka 1,002

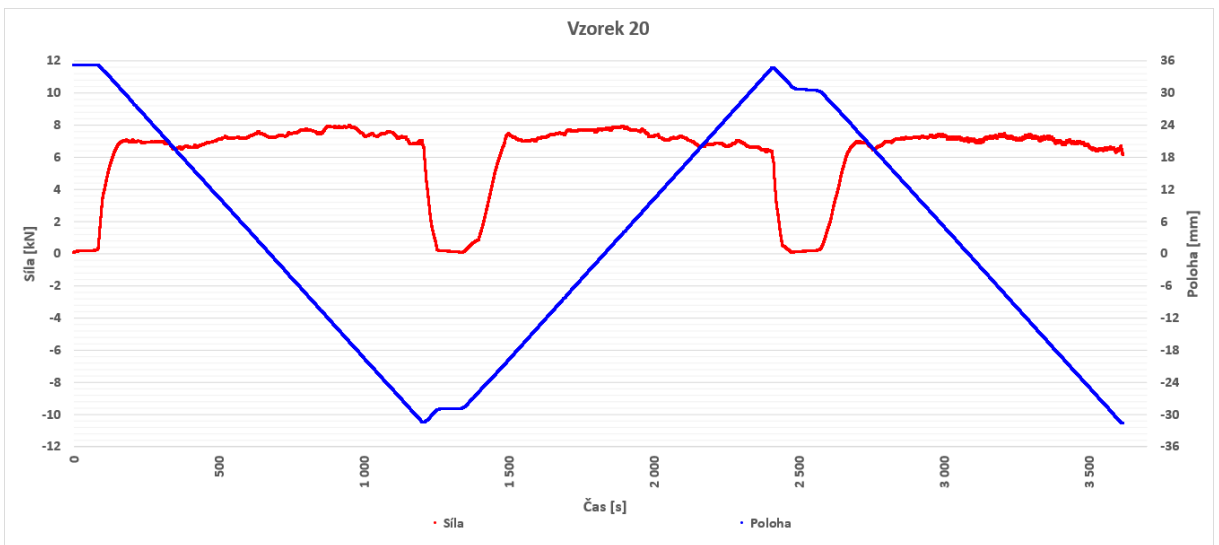
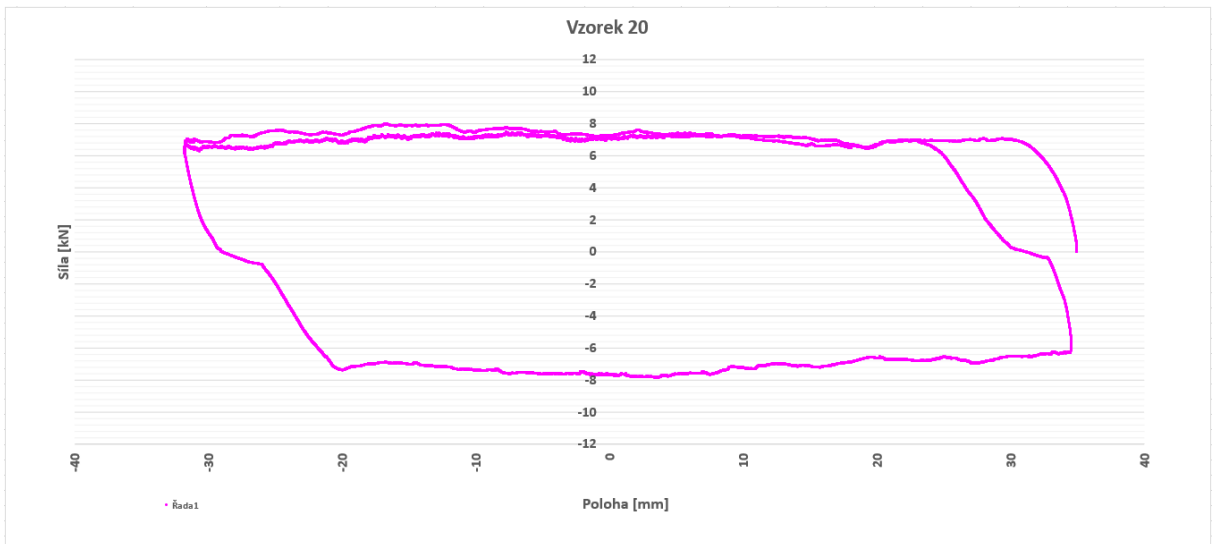
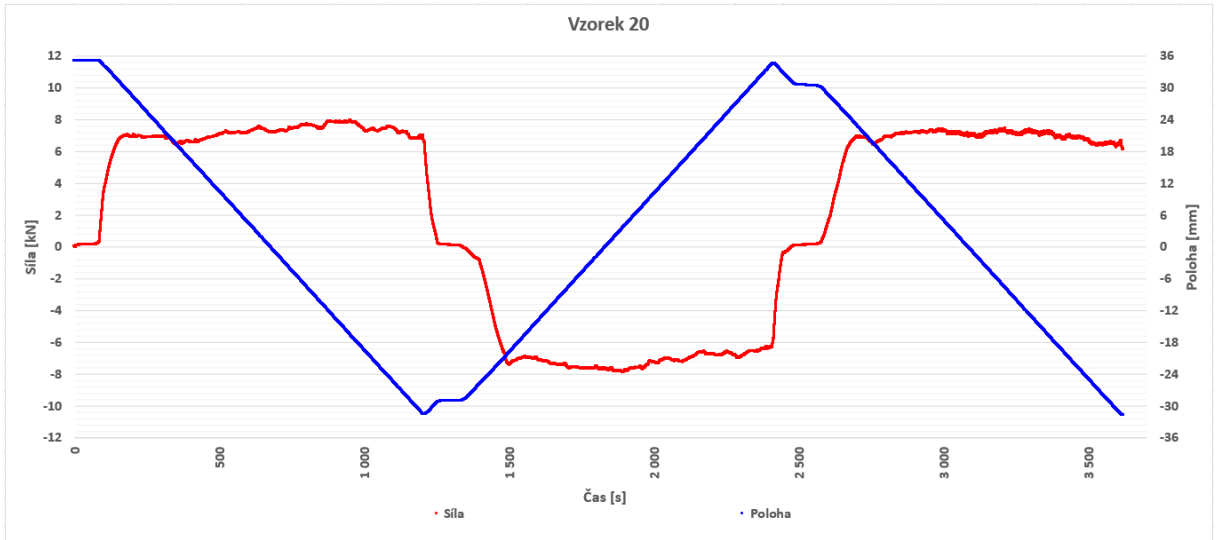
V19

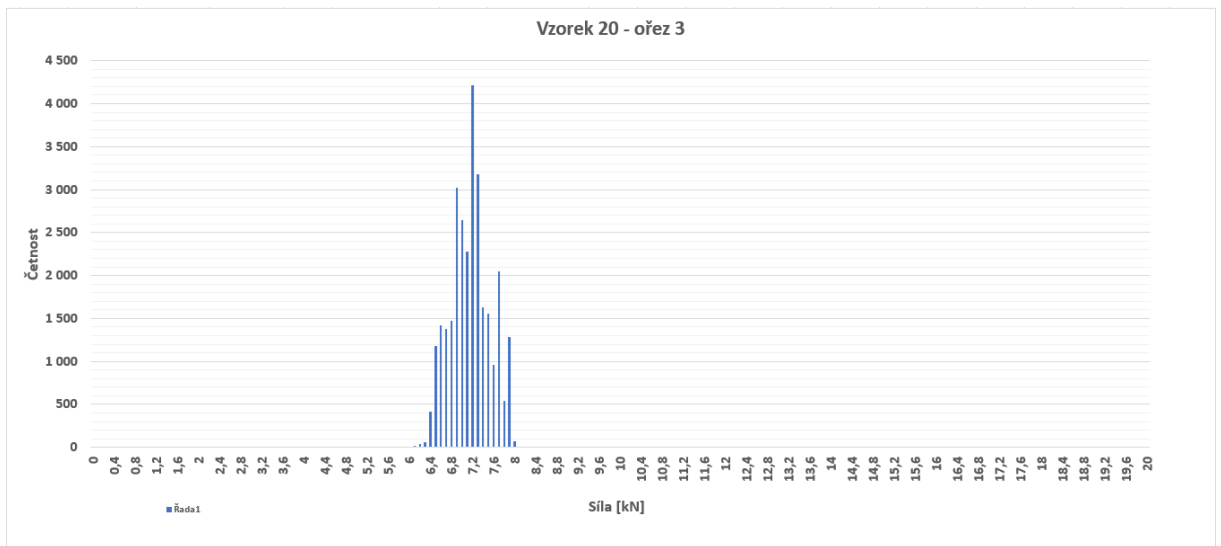
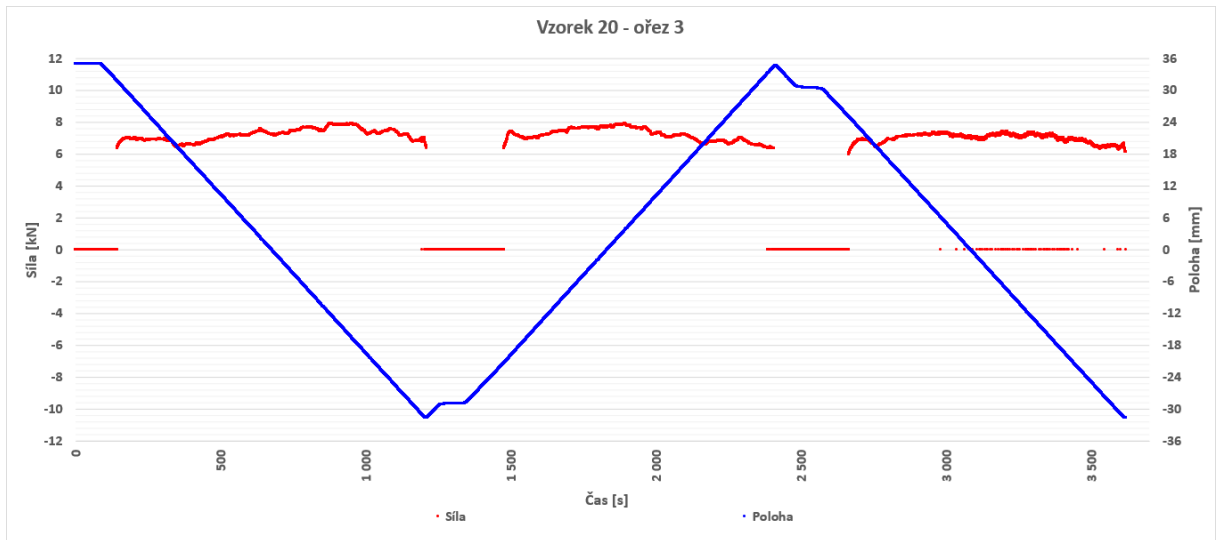




střední hodnota 22,120 kN
směrodatná odchylka 1,377

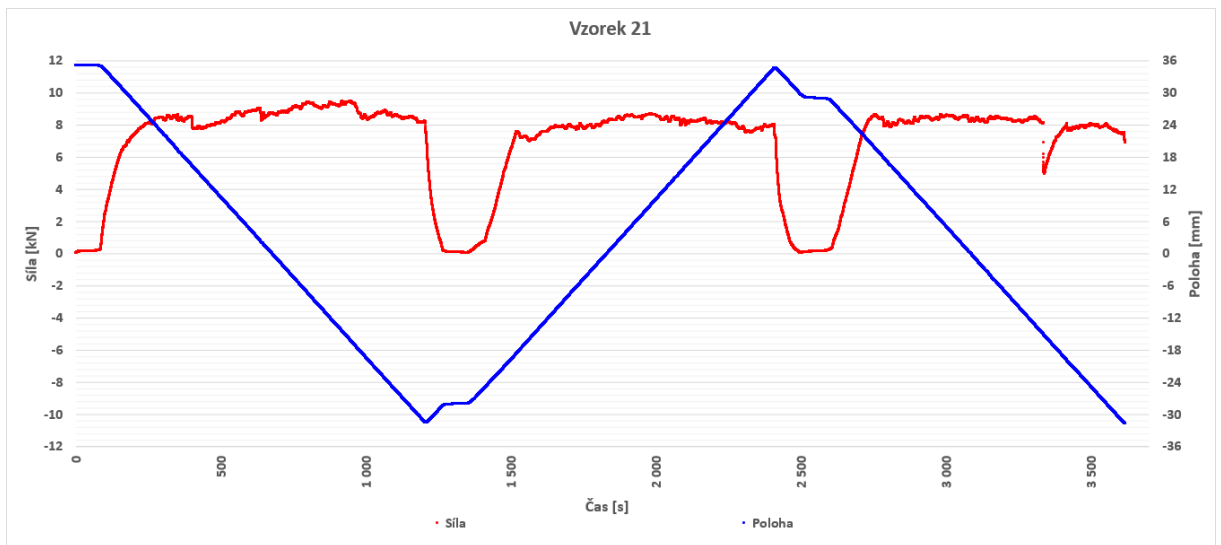
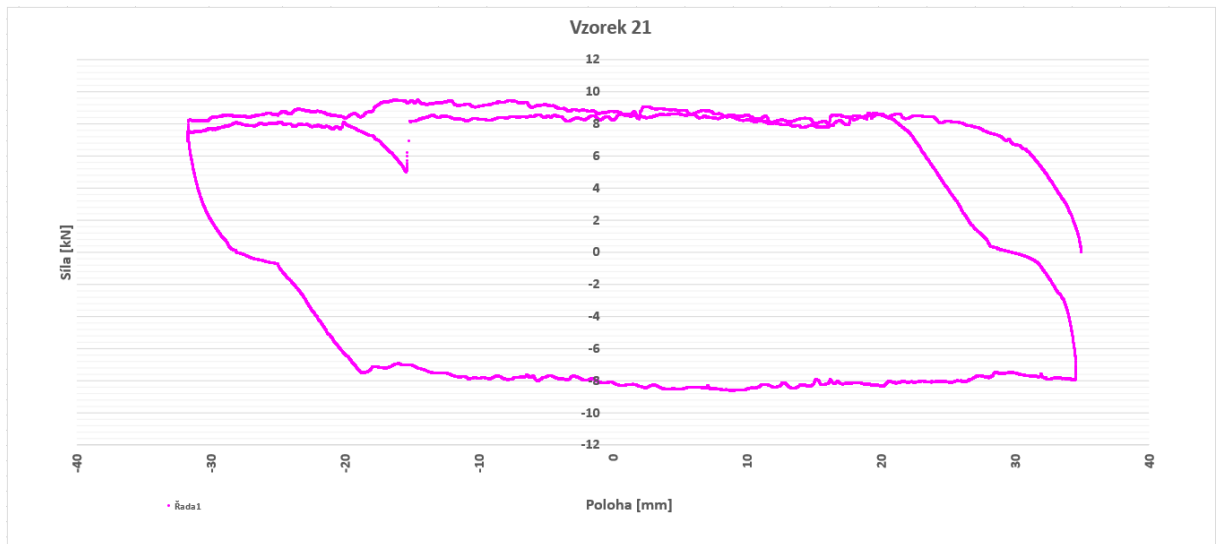
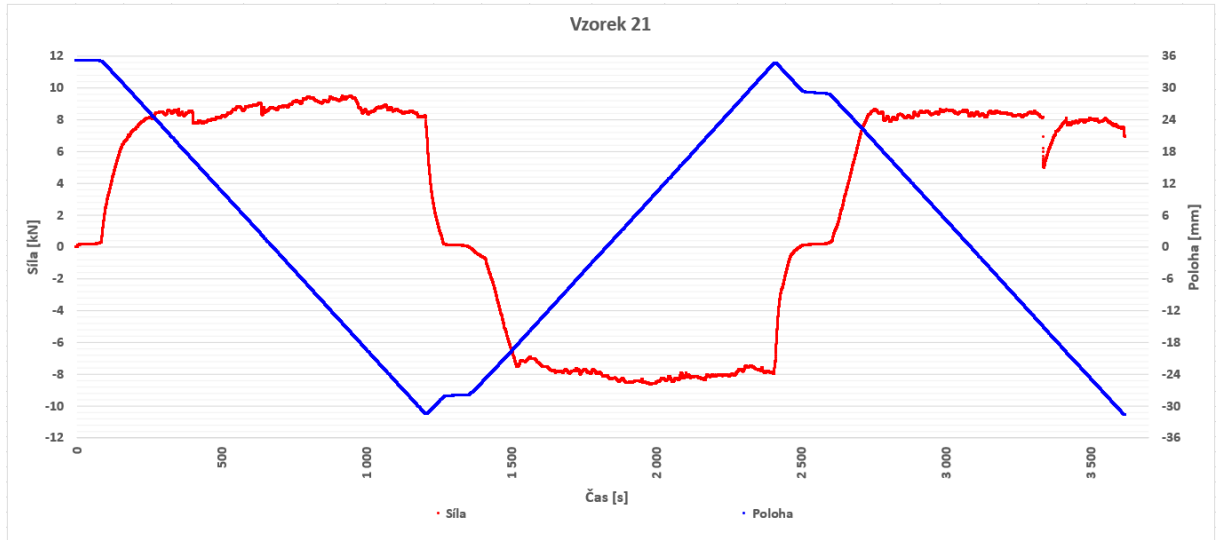
V20

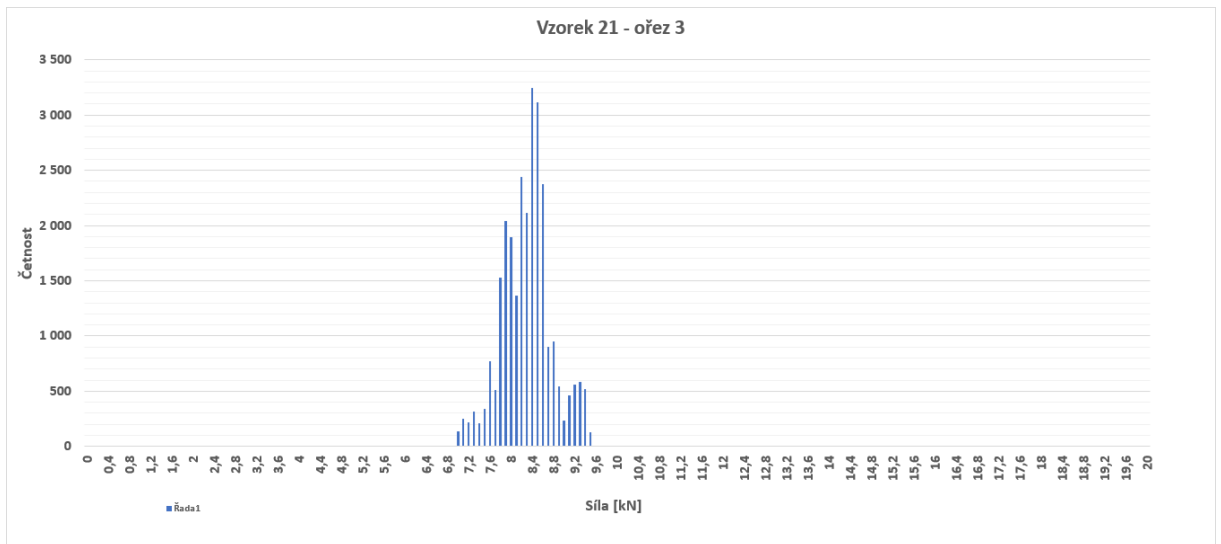
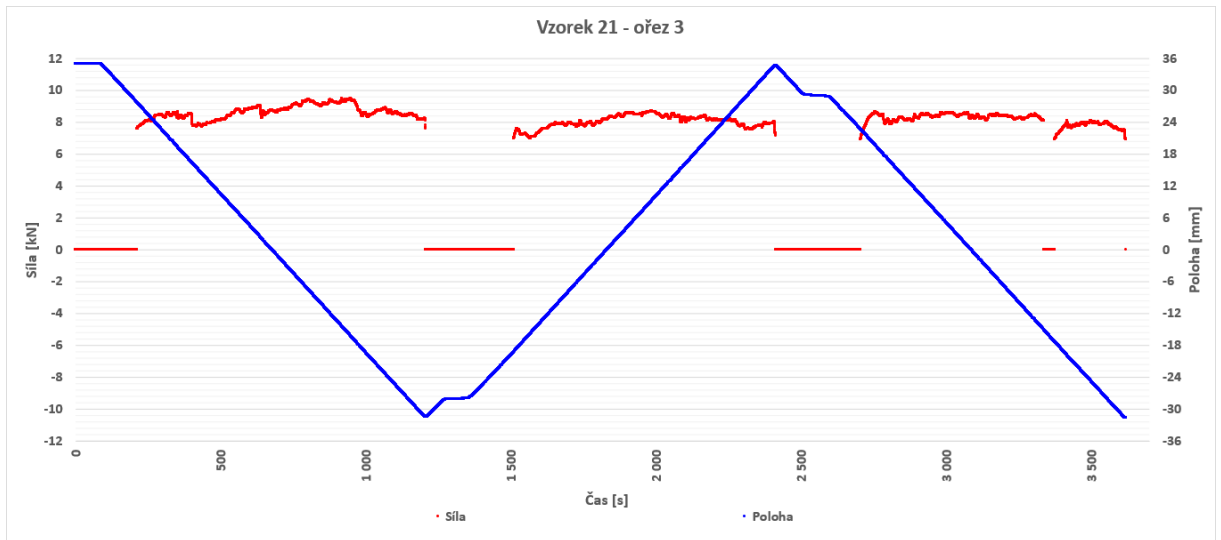




střední hodnota 7,183 kN
 směrodatná odchylka 0,390

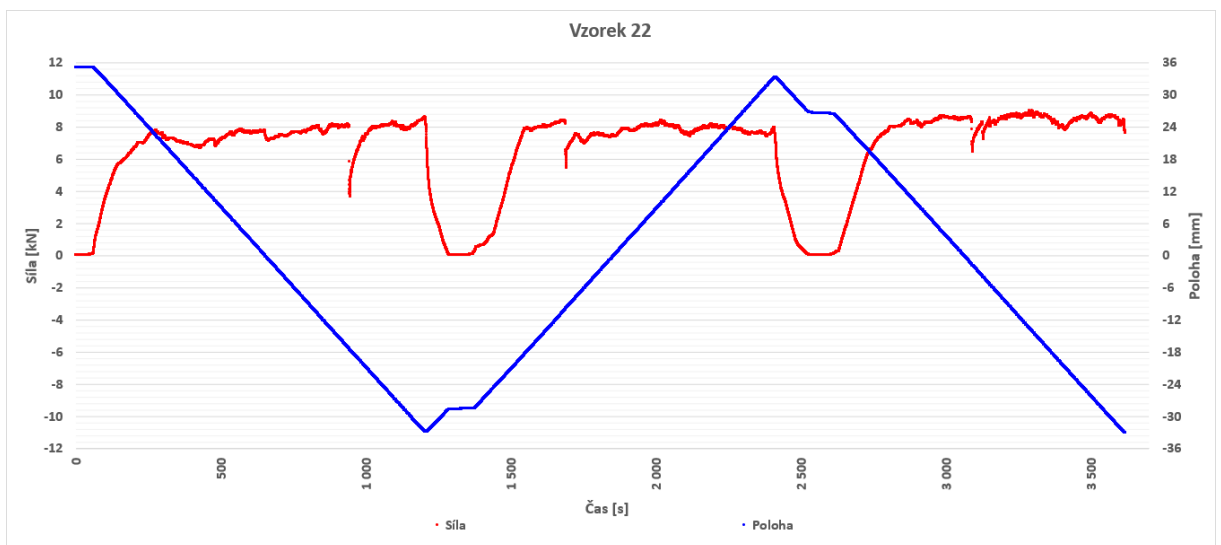
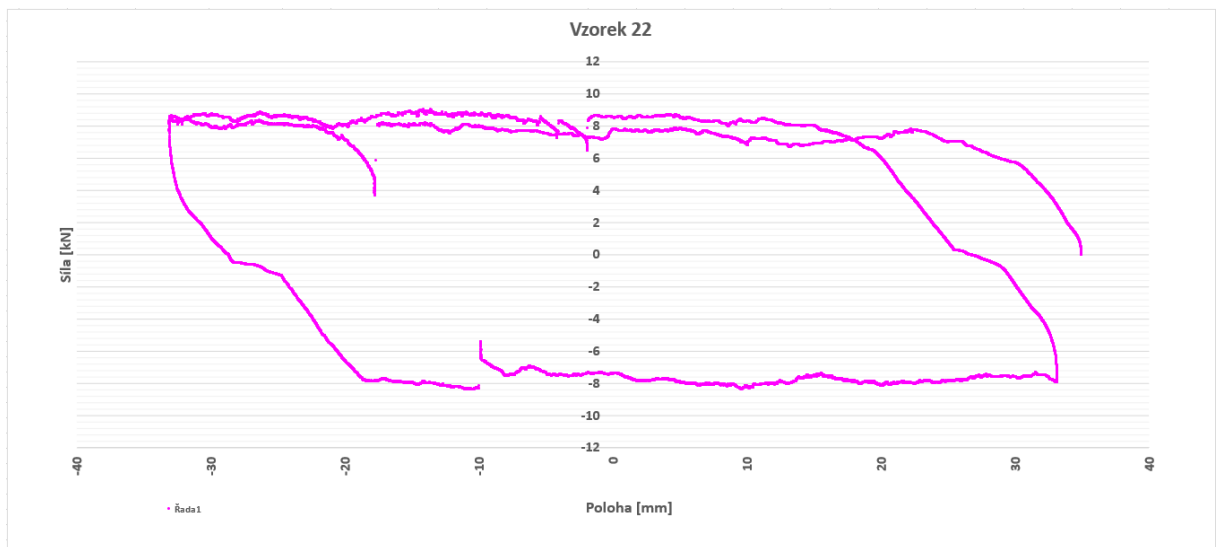
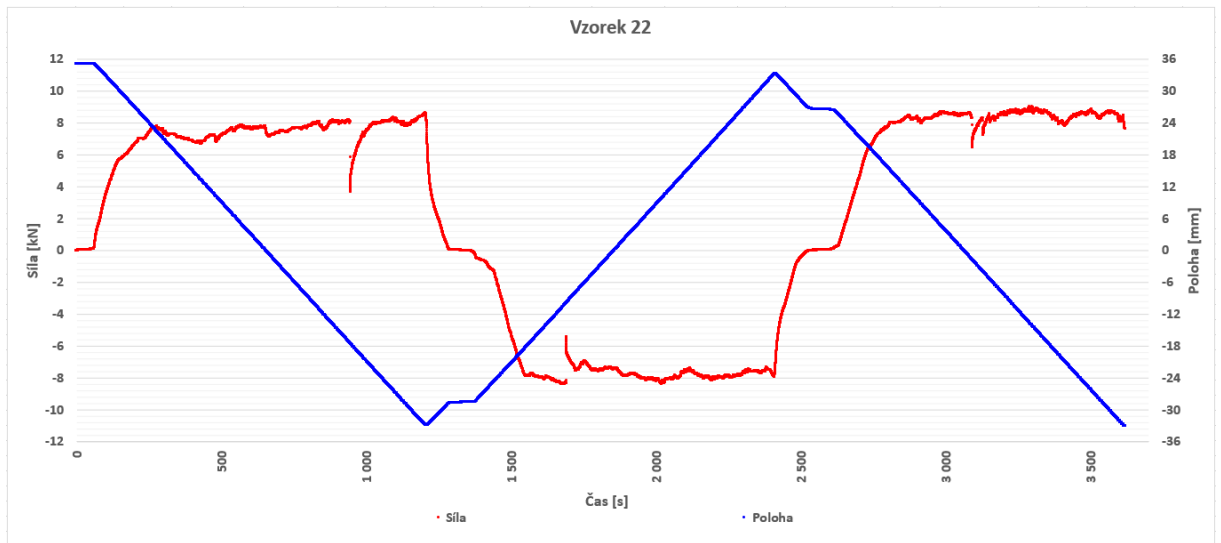
V21

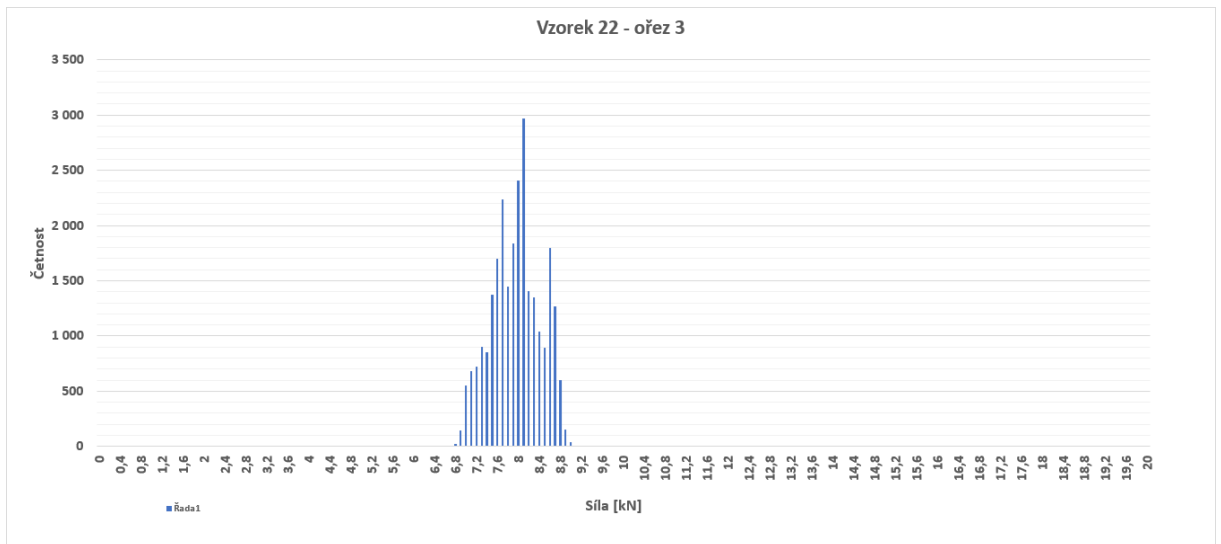
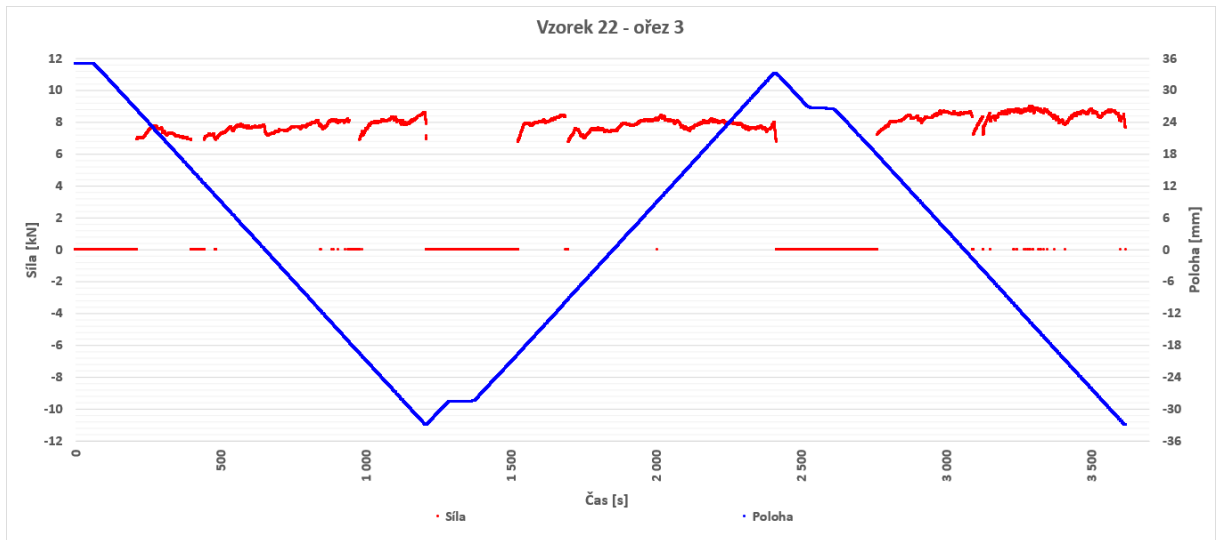




střední hodnota 8,332 kN
 směrodatná odchylka 0,515

V22





střední hodnota 7,718 kN
 směrodatná odchylka 0,361

Příloha C – Záznamy poškození jednotlivých vzorků

Vzorek č.: <i>V01/V01ot</i>	typ (součásti): <i>W14 (skl 14; WU-7; Wfp-14k)</i>
Svěrka - délka stykové plochy: 1) <i>L</i> <i>P</i> 2) <i>L</i> <i>P</i> <i>9,31</i> <i>10,2</i> <i>8,56</i> <i>9,30</i>	průměr v místě opotřebení: 1) <i>L</i> <i>P</i> 2) <i>L</i> <i>P</i> <i>12,97</i> <i>12,68</i> <i>12,70</i> <i>12,55</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: • 2 trhliny (tržby) - nikoliv skrz - spodní strana - napříč kolejnicí - téměř přes celou podložku - 1mm šířka - 27 a 60 mm od okraje • Na vnější straně utrženy okraj pod úhlovou vložku • Na straně od válce natřené rohy podložky	tloušťka podložky: <i>6,62 (6,08 - sčítána s třtinou)</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): 1) - <i>1,29 mm</i> 2) - <i>bez viditelného opotřebení</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V02/V02ot</i>	typ (součásti): <i>W14 (skl 14; WU-7; Wfp-14k)</i>
Svěrka - délka stykové plochy: 1) <i>9,33</i> <i>11,25</i> 2) <i>12,00</i> <i>7,32</i>	průměr v místě opotřebení: 1) <i>12,17</i> <i>12,82</i> 2) <i>12,70</i> <i>12,88</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: • 1 příčná, povrchová trhlina - přes celou podložku - 62,5 mm od okraje - 0,8 mm šířka • Na vnitřní straně utrženy okraj pod vložku • Na straně od válce dále natřené rohy podložky	tloušťka podložky: <i>6,35 / 6,2 (váleci)</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): 1) - <i>1,04 mm</i> 2) - <i>0,17 mm</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V03/V03ot</i>	typ (součásti): <i>W14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: 1) <i>6,36</i> <i>9,95</i> 2) <i>8,67</i> <i>10,09</i>	průměr v místě opotřebení: 1) <i>12,7</i> <i>11,93</i> 2) <i>12,47</i> <i>12,27</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: • 1 příčná trhlina - přes celou podložku - 53,3 mm od okraje - šířka 0,8 mm (povrchová) • Na vnitřní straně odtrženy částečně oba rohy (strana podélně vůči kolejnici)	tloušťka podložky: <i>6,28 / 6,28</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): 1) <i>0,57 mm</i> 2) <i>0,24 mm</i>	
Poznámky: <i>vnější okraj podložky WU-7 pod vložku je potřesaný (otřepený)</i>	

Vzorek č.: V04/V0406	typ (součásti): W14
<u>Svrška</u> - délka stykové plochy: 1) 7,42 10,93 2) 9,28 9,93	průměr v místě opotřebení: 1) 12,97 12,15 2) 12,24 12,21
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: 1 - příčná, povrchová trhlina; přes celou podložku; 52,5 od okraje; 0,7mm šířka • všechny 4 rohy natřené, na vnější straně k váleci nejvíce (12mm dlouhé)	tloušťka podložky: 6,78 / 6,57
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 0,95mm 2) - bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: V05	typ (součásti): W14
<u>Svrška</u> - délka stykové plochy: 1) 10,40 11,80 2) 7,79 9,96	průměr v místě opotřebení: 1) 12,15 12,46 2) 12,67 12,07
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: 1 - příčná, povrchová, napříč celou podložkou; 65,5 od okraje šířka 0,5mm • rohy dále od válce natřené (7,5mm)	tloušťka podložky: 6,43 / 6,62
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 0,96mm 2) - 0,48mm	
Poznámky:	

Vzorek č.: V06	typ (součásti): W14
<u>Svrška</u> - délka stykové plochy: 1) 10,04 10,91 2) 10,63 9,94	průměr v místě opotřebení: 1) 12,42 12,65 2) 12,40 12,87
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: 1 - nepatrná; 92mm od okraje k váleci • oba rohy od válce dále téměř odtrženy	tloušťka podložky: 6,42 / 6,67
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 1,56mm 2) - 0,15mm	
Poznámky:	

Vzorek č.: <u>V07</u>	typ (součásti): <u>W14</u>
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) levé ramínko prasklé 90% průměra, běžně zlomené	průměr v místě opotřebení: 1) 10,36 10,68 2) 11,59 10,93
2) 19,42 19,12 17,29 19,05	
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: • Prořez pána (prořezána) naskrz, mnoho děr, více na vnější straně	tloušťka podložky: 2,05 / 4,84 až 0 mm
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) 2,05 mm 2) bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: <u>V08</u>	typ (součásti): <u>W14</u>
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 19,07 18,23 2) 18,39 19,79 použita jako náhrada u vzorku V07 za prasklou	průměr v místě opotřebení: 1) 11,02 11,20 2) 12,10 10,92
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: x • Na vnější straně značně omáčkána (rozervována) • Roly dále od válce lehce natržené (do 6,4 mm délky)	tloušťka podložky: 6,13 / 5,76 hrací
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) -0,92 mm 2) bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: <u>V09/V09ot</u>	typ (součásti): <u>W14</u>
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 16,17 18,43 2) 12,08 14,61	průměr v místě opotřebení: 1) 10,79 11,42 2) 11,89 11,35
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: x • vnější strana opět značně omáčkána • Roly od válce - vnitřní utržen, vnější natržen na 85%	tloušťka podložky: 6,17 / 5,88
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 1,78 mm 2) bez poškození	
Poznámky:	

Vzorek č.: V10	typ (součásti): W19
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 15,34 17,42 2) 12,74 15,02	průměr v místě opotřebení: 1) 11,47 11,43 2) 11,38 11,50
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: • Podložka omačkána z obou stran	tloušťka podložky: 6,46 / 5,70
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 2,41 2) - bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: V11	typ (součásti): W19
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 15,47 16,11 2) 16,03 17,13	průměr v místě opotřebení: 1) 11,02 11,37 2) 11,73 11,39
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: • V zebrování potrhána; z vnější strany velmi omačkána • Růh od nálece dál zóna odtržena na vnější straně	tloušťka podložky: 4,24 / 4,14
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 3,27 mm 2) bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: V12	typ (součásti): W19
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 17,58 16,56 2) 12,93 15,76	průměr v místě opotřebení: 1) 10,68 11,24 2) 11,50 10,61
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: • V zebrování potrhána; z vnější strany hodně omačkána • Růh k náleci natřez (cca 14 mm) od nálece natřez kraj rohu • 13 mm od okraje přeobřezané jedno zebro, na opačné straně trhlina	tloušťka podložky: 6,06 / 3,95
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 1,63 mm 2) bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V13/V13 ot</i>	typ (součásti): <i>W 14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: <i>1) 10,24 9,52 2) 11,60 10,14</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 11,97 12,14 2) 12,04 12,15</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: <i>• z jedné strany v místě žebra zcela odtržena • Na opačné straně téměř odtržena v místě žebra (žebřík 11,3 mm) na této straně zcela odtržena 1 roh • z první strany má ještě 3 žebra trhlina nastává asi 3/4 délky (do 1 mm šířky)</i>	tloušťka podložky: <i>6,06 / 6,15</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): <i>1) - 0,79 mm 2) - 0,90 mm</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V14/V14 ot</i>	typ (součásti): <i>W 14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: <i>1) 9,99 8,78 2) 8,39 8,44</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 12,16 12,05 2) 12,70 12,42</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: <i>• Na straně od válce dále odtrženy oba rohy • Podložka omačkaná (22 mm dlouhá; do 0,5 mm) • na větší straně - žebro → trhlina zhruba uprostřed</i>	tloušťka podložky: <i>6,14 / 6,17</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): <i>1) - 0,44 mm 2) - bez drážky</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>V15</i>	typ (součásti): <i>W 14</i>
Svěrka - délka stykové plochy: <i>1) 9,46 9,20 2) 8,87 9,30</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 12,60 12,41 2) 12,56 12,49</i>
Podložka - poloha a šířka trhliny: <i>• Podložka omačkaná; od válce dál utřené oba rohy</i>	tloušťka podložky: <i>6,58 / 6,48</i>
Úhlová vložka - opotřebení (hloubka drážky): <i>1) - 0,09 mm 2) - 0,17 mm</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: V16/V16ot	typ (součásti): W30HH (skl 30; ZW 148/175/7; Wfp-30k)
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 12,64 15,76 2) 11,93 12,79	průměr v místě opotřebení: 1) 13,42 13,26 2) 13,68 13,24
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: Bez trhlin a prasklin → pouze ošoupaná	tloušťka podložky: 7,28 / 7,31
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 0,5 mm - označená (drážka) pouze na koncích 2) bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: V17/V17ot	typ (součásti): W30HH (skl 30; ZW 148/175/7; Wfp-30k)
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 10,23 11,18 2) 9,57 10,99	průměr v místě opotřebení: 1) 13,45 13,05 2) 13,61 13,14
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: Bez trhlin a prasklin → pouze otláčená, ošoupaná	tloušťka podložky: 7,39 / 7,39
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 0,62 - opět označené kraje (viz foto) 2) bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: V18/V18ot	typ (součásti): W30HH
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: 1) 10,85 11,20 2) 10,77 11,84	průměr v místě opotřebení: 1) 13,57 13,29 2) 13,27 13,05
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: Bez trhlin → ošoupaná	tloušťka podložky: 7,36 / 7,36
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): 1) - 0,35 mm 2) Bez drážky	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>v29</i>	typ (součásti): <i>W30 HH (SK1 30; ZW 148/175/17; Wfp-30k)</i>
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: <i>nové</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 13,68 13,48 2) 13,66 13,60</i> <i>průměr nových svěrek</i>
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: <i>nová</i>	tloušťka podložky: <i>7,50 mm</i>
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): <i>nové</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>v20</i>	typ (součásti): <i>W14 (SK1 14; KSK Bolt; Wfp-14k)</i>
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: <i>nové</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 12,90 12,40 2) 12,42 12,53</i> <i>průměr nových svěrek</i>
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: <i>nová</i>	tloušťka podložky: <i>7,10 mm</i>
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): <i>nové</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: <i>v21</i>	typ (součásti): <i>W14 (SK1 14; WU-7; Wfp-14k)</i>
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: <i>nové</i>	průměr v místě opotřebení: <i>1) 12,60 12,50 2) 12,43 12,45</i> <i>průměr nových svěrek</i>
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: <i>nová</i>	tloušťka podložky: <i>7 mm</i>
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): <i>nové</i>	
Poznámky:	

Vzorek č.: V22	typ (součásti): W14 (Sk1 14; ZW 687a; Wfp-14k)
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy: nové	průměr v místě opotřebení: 1) 12,44 12,50 2) 12,53 12,70 průměr nových svěrek
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny: nová	tloušťka podložky: 6 mm
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky): nové	
Poznámky:	

Vzorek č.:	typ (součásti):
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy:	průměr v místě opotřebení:
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny:	tloušťka podložky:
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky):	
Poznámky:	

Vzorek č.:	typ (součásti):
<u>Svěrka</u> - délka stykové plochy:	průměr v místě opotřebení:
<u>Podložka</u> - poloha a šířka trhliny:	tloušťka podložky:
<u>Úhlová vložka</u> - opotřebení (hloubka drážky):	
Poznámky:	

Příloha D - Fotodokumentace



Obrázek 1: Vzorek V01



Obrázek 2: Vzorek V02



Obrázek 3: Vzorek V03



Obrázek 4: Vzorek V04



Obrázek 5: Vzorek V05



Obrázek 6: Vzorek V06



Obrázek 7: Vzorek V07



Obrázek 8: Vzorek V07 se svěrkou ze vzorku V08 nahrazující prasklou svěrkou



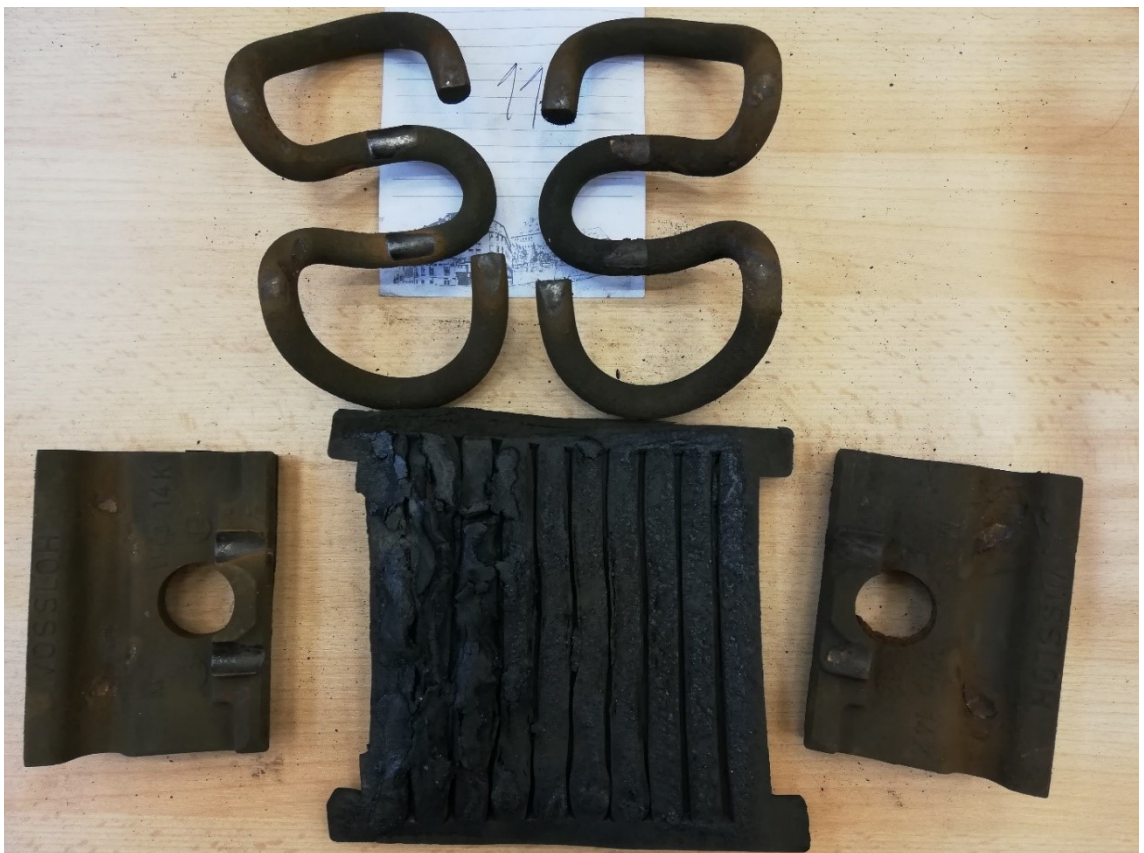
Obrázek 9: Vzorek V08



Obrázek 10: Vzorek V09



Obrázek 11: Vzorek V10



Obrázek 12: Vzorek V11



Obrázek 13: Vzorek V12



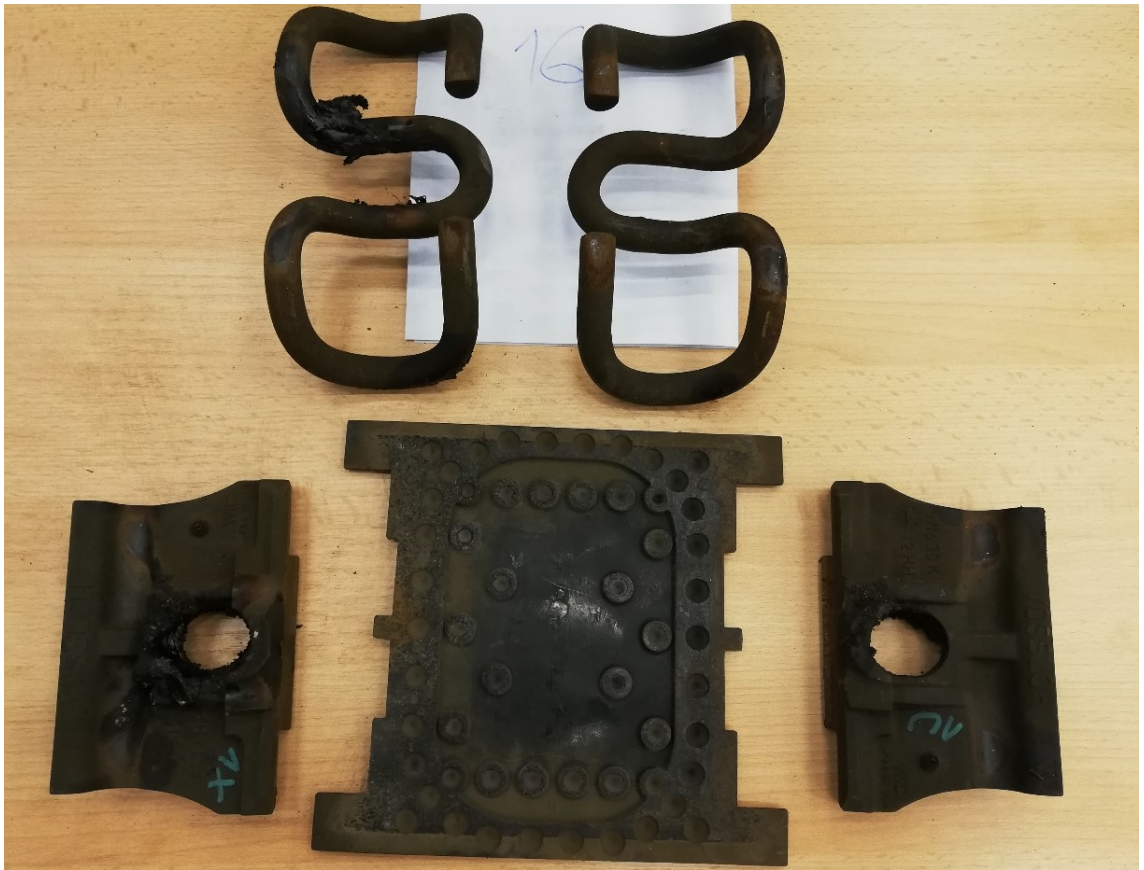
Obrázek 14: Vzorek V13



Obrázek 15: Vzorek V14



Obrázek 16: Vzorek V15



Obrázek 17: Vzorek V16



Obrázek 18: Vzorek V17



Obrázek 19: Vzorek V18



Obrázek 20: Vzorek V19



Obrázek 21: Vzorek V20



Obrázek 22: Vzorek V21



22

Podložka zve 687a nová
Světka 74V75 nová
Uhlová vložka Kfp 746-72 nová

Světka z vložky použitá
4 vzorků 20,27

Obrázek 23: Vzorek V22



Obrázek 24: Montáž kolejnice 60E2 před experimentálními zkouškami



Obrázek 25: Montáž zkušební sestavy



Obrázek 26: Příprava zkušební sestavy



Obrázek 27: Detail zkušební sestavy s Válcem AH