

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A METROLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**OPATŘENÍ PROTI ZMĚNÁM TVARU BOČNÍCH DVEŘÍ  
VE VÝROBNÍM PROCESU OSOBNÍHO VOZIDLA**



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci Opatření proti změnám tvaru bočních dveří ve výrobním procesu osobního vozidla vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. BcA. Jana Podaného, Ph.D. a použil jsem pouze literaturu uvedenou v příloženém seznamu použité literatury.

V Praze dne:

.....

Podpis autora:

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D. za odborné rady, připomínky a vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat odbornému konzultantovi panu Ing. Ondřeji Štanclovi a dalším zaměstnancům společnosti ŠKODA AUTO a.s. za velmi vstřícný přístup při poskytnutí potřebných informací, praktických rad a především za umožnění realizace potřebných zkoušek.

## **Anotace**

Cílem této diplomové práce je analýza a vyhodnocení opatření k zamezení změn tvaru bočních dveří ve výrobním procesu osobního vozidla provedená pro společnost ŠKODA AUTO a.s. Během této práce došlo k seznámení se s výrobním procesem bočních dveří, konkrétně s jednotlivými fázemi výrobního procesu, dílčími výrobními operacemi a používanými technologiemi. S pomocí získaných praktických i teoretických poznatků byly identifikovány znaky kvality, které mají vliv na změnu tvaru bočních dveří. Pro definované znaky kvality byla zvolena vhodná metodika měření. Byla provedena série zkoušek opatření navržených k eliminaci změny tvaru dveří a získaná data byla zpracována pro analýzu. Na základě analýzy změn tvaru bočních dveří u jednotlivých zkoumaných opatření a vyhodnocení jejich účinnosti bylo vyvozeno doporučení k nasazení vhodného opatření ve výrobě.

## **Klíčová slova**

opatření, boční dveře vozidla, výrobní proces, výrobní technologie, znak kvality, metodika měření, zkoušky, analýzy

## **Abstract**

The goal of this diploma thesis is to analyze and evaluate measures applicable for prevention of shape changes on doors during the passenger car manufacturing process accomplished for the company ŠKODA AUTO a.s. During this work, the production process of the doors was acquainted, specifically the individual phases of the production process, constituent production operations and the technologies used. Using the acquired practical and theoretical knowledge, quality signs that affect shape changes on doors were identified. For the defined quality signs, a suitable measurement methodology was chosen. A series of tests of the measures proposed to eliminate the shape changes on doors was carried out and the obtained data were processed for analysis. On the base of the analysis of the shape changes on doors for all examined measures and evaluation of their efficiency, a recommendation for application of the proper measure in the production was deduced.

## **Keywords**

measures, car doors, production process, production technologies, quality sign, measurement methodology, tests, analysis

## Použité zkratky

Zkratka	Význam
CAD	Computer Aided Design (počítačem podporované projektování)
CMT	Cold Metal Transfer
CWQC	Company Wide Quality Control (široká podniková kontrola)
ČSN	Česká technická norma
EHK	Evropská hospodářská komise
IATF	International Automotive Task Force
ISM	Integrované systémy managementu
ISO	The International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
KNR	Kennnummer (identifikační číslo)
KTL	Kathodische Tauchlackierung (kataforézní lakování)
LED	Light-Emitting Diode (světelná dioda)
LP	Levé přední (dveře)
LZ	Levé zadní (dveře)
MAG	Metal Active Gas (svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu)
MIG	Metal Inert Gas (svařování kovů v ochranné atmosféře inertního plynu)
OSN	Organizace spojených národů
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Plánuj - Dělej - Kontroluj - Jednej)
PP	Pravé přední (dveře)
PVC	Polyvinylchlorid
PZ	Pravé zadní (dveře)

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
RPS	Referenz-Punkt-System (Reference Points System, systém referenčních bodů)
SMS	Souřadnicový měřicí stroj
SPC	Statistical Process Control (statistická regulace procesu)
SPL	System Problem Lösung (Systém řešení problémů)
SUV	Sport Utility Vehicle (sportovně užitkové vozidlo)
TQM	Total Quality Management (celkové řízení kvality)



## Obsah

Úvod .....	10
1 Představení společnosti ŠKODA AUTO a.s.....	11
2 Management kvality.....	13
2.1 Vybrané standardy používané v automobilovém průmyslu.....	15
2.2 Sedm základních nástrojů managementu kvality .....	17
3 Karoserie .....	19
3.1 Boční dveře .....	21
3.2 Povrchová úprava karoserie .....	23
3.2.1 Kataforézní lakování (KTL).....	26
4 Opatření proti změnám tvaru bočních dveří ve výrobním procesu osobního vozidla .....	27
4.1 Fáze výrobního procesu .....	29
4.1.1 Svařené dveře .....	30
4.1.2 Dveře na okované karoserii.....	34
4.1.3 Dveře na okované karoserii po KTL.....	36
4.2 Volba znaků kvality změny tvaru bočních dveří.....	40
4.3 Metodika měření dveří .....	41
4.3.1 Měření svařených dveří .....	42
4.3.2 Měření dveří na okované karoserii před a po KTL.....	45
4.3.3 Zpracování změřených dat .....	50
4.4 Zkoušky opatření proti změnám tvaru bočních dveří.....	52
4.4.1 Zkouška bez opatření.....	55
4.4.2 Zkouška opatření s pojistnými prolisy.....	56
4.4.3 Zkouška opatření s pojistným svarem .....	58
4.4.4 Zkouška opatření s pojistným svarem a prolisy.....	60
4.4.5 Zkouška opatření se 3 pojistnými svary .....	62

4.5 Zpracování získaných hodnot.....	65
4.6 Analýzy zpracovaných hodnot.....	71
4.6.1 LP dveře - analýza bez opatření.....	71
4.6.2 LP dveře - analýza opatření s pojistnými prolisy.....	76
4.6.3 LP dveře - analýza opatření s pojistným svarem .....	80
4.6.4 LP dveře - analýza opatření s pojistným svarem a prolisy.....	85
4.6.5 LP dveře - analýza opatření se 3 pojistnými svary .....	90
4.6.6 LP dveře - vyhodnocení analýz .....	94
4.6.7 PP dveře - analýzy jednotlivých opatření .....	96
4.6.8 PP dveře - vyhodnocení analýz .....	99
4.6.9 LZ dveře - analýzy jednotlivých opatření.....	101
4.6.10 LZ dveře - vyhodnocení analýz.....	104
4.6.11 PZ dveře - analýzy jednotlivých opatření .....	106
4.6.12 PZ dveře - vyhodnocení analýz.....	109
5 Vícekriteriální analýza variant opatření .....	111
6 Vyhodnocení analýz a doporučení .....	115
7 Závěr .....	120
Použitá literatura .....	121
Seznam obrázků.....	125
Seznam tabulek.....	128
Seznam příloh.....	129

# Úvod

Vzhledem k přísnějším legislativním požadavkům a omezením směřujícím na automobilový průmysl, rostoucí konkurenci a zároveň k vyšším požadavkům zákazníků jsou také kladeny čím dál vyšší požadavky na kvalitu osobních vozů. Za plnění a dodržování těchto požadavků je zodpovědná oblast kvality. Zároveň s rostoucí produkcí a omezenými výrobními kapacitami dochází k hledání časových úspor ve výrobním procesu. Nejlepší možnou cestou ke zvýšení kvantity je současně i zachování nebo zvýšení kvality. Popřípadě dochází alespoň k hledání kompromisu mezi kvantitou a kvalitou, což je i cílem této diplomové práce vypracované pro společnost ŠKODA AUTO a.s. Během práce došlo k seznámení se s výrobním procesem bočních dveří, konkrétně s jednotlivými fázemi výrobního procesu, jeho výrobními operacemi a používanými technologiemi. Na základě těchto cenných praktických i teoretických poznatků došlo ke zvolení znaků kvality, které mají vliv na změnu tvaru bočních dveří, s níž je spojena problematika týkající se kvalitativních i funkčních vlastností. Následně byla naplánována série zkoušek opatření lemu proti změně tvaru dveří po seznámení s výrobním procesem. Pro měření těchto znaků kvality byla zvolena vhodná metodika měření, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Pro správné vyhodnocení výsledků byl zvolen vhodný způsob zpracování naměřených hodnot a na závěr byly provedeny analýzy jednotlivých zkoušek a jejich vyhodnocení, což bylo hlavní náplní a cílem této práce.

Z důvodu ochrany duševního vlastnictví společnosti ŠKODA AUTO a.s. byly publikované obrázky a fotografie záměrně upraveny a naměřené hodnoty zatíženy koeficientem.

# 1 Představení společnosti ŠKODA AUTO a.s.

Společnost ŠKODA AUTO a.s. je největší výrobce automobilů v České republice. Hlavní sídlo a zároveň největší výrobní závod společnosti je v Mladé Boleslavi. Další dva pobočné výrobní závody v ČR se nacházejí v Kvasinách a ve Vrchlabí. Společnost ŠKODA AUTO a.s. je jednou z nejstarších automobilek na světě. Její historie navazuje na společnost Laurin & Klement, která byla založena v roce 1895 a začínala s výrobou jízdních kol, později motocyklů i automobilů. Od roku 1991 je součástí koncernu Volkswagen a v současné době zaměstnává přes 33 tisíc osob. Vozy značky ŠKODA se vyrábějí také v Číně, Rusku, Indii, na Slovensku, Ukrajině, Kazachstánu a v Alžírsku. [1]

Výrobní závod v Kvasinách, ve kterém jsem zpracovával svoji diplomovou práci, se nachází v malé obci ve východních Čechách v okrese Rychnov nad Kněžnou, zaměstnává přes 9 tisíc lidí a vyrobí přibližně 1 200 automobilů za den. Výroba zde začala v roce 1947 modelem vozu ŠKODA SUPERB. [1]



Obrázek 1.1: Výrobní závod ŠKODA AUTO a.s. v Kvasinách [2]



Obrázek 1.2: Modelová paleta osobních vozů ŠKODA (červenec 2020) [3]



Obrázek 1.3: Výrobní závody ŠKODA AUTO a.s. ve světě [4]

## 2 Management kvality

Pojem kvalita neboli jakost je lidstvu známa již z doby před naším letopočtem, což dokazuje vůbec nejstarší definice kvality připisována Aristotelovi. V dnešní době je možné se setkat s mnoha odlišnými definicemi. Těmi nejznámějšími definicemi a jejich autory jsou například:

„Kvalita je to, co za ni považuje zákazník.“ (Feigenbaum),

„Kvalita je způsobilost k užití.“ (Juran),

„Kvalita je shoda s požadavky.“ (Crosby). [5][6]

Definice stanovená normou ČSN EN ISO 9000:2016 zní: „Kvalita je stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu.“ [7]

Toto je důkaz, že o kvalitu byl zájem lidí v minulosti a je i v současné době, kdy dochází k vývoji a úpravám systémů managementu kvality. Změnami, kterými prošly systémy managementu kvality v minulém století, jsou znázorněny v tabulce 1.

**Tabulka 1: Historicky významná období managementu kvality ve 20. století [5][6][8]**

Typ modelu	Přibližné období [rok]	Charakteristika
Řemeslná výroba	1900	Dělník
Výroba s technickou kontrolou	1920	Technické kontroly
Výroba s výběrovou kontrolou	1940	Statistické metody v technické kontrole
Regulace procesů	1960	CWQC
Koncepce TQM	1975	Všechny procesy v organizaci
Kriteriální standardy	1987	Normy ISO řady 9000
Integrace systémů	1999	ISM

Model řemeslné výroby byl založen přímo na diskuzi o kvalitativních požadavcích mezi dělníkem a zákazníkem. Zavedením výrobních linek (např. Fordovy závody) došlo ke zvýšení produktivity a tím k nástupu nových speciálních funkcí technických kontrolorů, jimiž byli nejzkušenější zaměstnanci, kteří zodpovídali za kvalitu produktů. Následně došlo během technických kontrol k výběrovým kontrolám s využitím statistických metod. V druhé polovině 20. století se začaly zavádět statistické regulace, statistické přejímky a tyto metody se rozšířily i do předvýrobních etap, čímž vznikl moderní systém managementu kvality označován jako široká podniková kontrola (CWQC). Zdokonalování tohoto systému dospělo k totálnímu managementu kvality (TQM), který je zlepšován i v dnešní době. Od roku 1987 se v managementu kvality využívají i normy ISO řady 9000, které dokumentují všechny procesy v organizaci a obsahují různé modely systémů managementu kvality. Kromě těchto norem se časem staly v mnoha organizacích na celém světě důležitými i další podobné standardy zabývající se např. environmentálním managementem nebo managementem bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. [5][6][8]

## 2.1 Vybrané standardy používané v automobilovém průmyslu

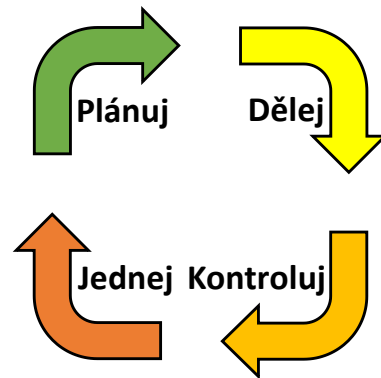
Mezi nejvíce používané standardy v automobilovém průmyslu v České republice patří právě normy ISO řady 9000 a odvětvový standard IATF 16949, což je norma pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu. Tyto normy a jejich certifikace se netýkají pouze přímo automobilek, ale také celého řetězce dodavatelů pro automobilový průmysl. [5]

Úplným základem norem ISO řady 9000 je aktuální revidovaná norma ISO 9000:2015. Tato norma obsahuje základní pojmy, zásady a slovník pro systém managementu kvality, čímž ji staví na pozici podkladu pro další navazující normy systému managementu kvality ISO řady 9000. Účelem této normy je pomoci uživatelům pochopit obsah této normy, aby mohli aplikovat systém managementu kvality s využitím dalších norem ISO řady 9000. Tato norma je určena pro všechny organizace bez ohledu na jejich velikost, složitost nebo podnikatelský model. Cílem organizace je uspokojovat zákazníky nejen funkcí a výkonností produktu či služeb, ale také vnímatelnou hodnotou a přínosem pro zákazníka s překročením jeho očekávání. Do systému managementu kvality patří činnosti, podle kterých organizace pozná své cíle, určí procesy a zdroje potřebné pro dosažení žádoucích výsledků. Tyto činnosti jsou důležité pro rozhodování vrcholového vedení k optimalizaci využívání zdrojů s ohledem na dlouhodobé a krátkodobé důsledky. Cílem vedení managementu je vytvářet podmínky, mezi které patří poslání organizace, její vize, strategie, politika, procesy a celková kultura organizace. Jedním z pojmů managementu kvality je procesní přístup, kdy jsou činnosti chápány a řízeny jako vzájemně provázané procesy ve spojitém systému. Výstupy jednoho procesu jsou vstupy do dalších procesů, čímž jsou propojeny. Tyto procesy je důležité neustále zlepšovat neboli zvyšovat jejich výkonnost, tak aby byla organizace úspěšná. Tomuto zlepšování napomáhají audity, které zjišťují plnění daných požadavků u jednotlivých procesů a napomáhají tak k jejich zlepšování. [9]

Norma ISO 9001:2015 se zaměřuje na požadavky systému managementu kvality a požadavky na produkty a služby, které se vzájemně doplňují. Jak již bylo v normě ISO 9000:2015 zmíněno, tato norma využívá procesní přístup, jehož součástí je PDCA (Plánuj - Dělej - Kontroluj - Jednej) cyklus a zvažování rizik. PDCA cyklus organizaci umožňuje plánovat procesy, pro které jsou zajištěny a řízeny potřebné



zdroje, a jejich vzájemné vazby s využitím zlepšování. Zvažování rizik hraje důležitou roli ve zjišťování faktorů, které by mohly způsobit odchýlení procesů a systému managementu kvality od předem plánovaných dosažitelných výsledků. Možnosti předcházení rizik jsou pomocí preventivních nástrojů řízení, se kterými je možné těmto možným odchýlkám předcházet. Základem trvalého plnění požadavků, řešení nadcházejících potřeb a stanovených cílů organizace je nezbytné provádět nápravy a přijmout systém neustálého zlepšování. [10][11]



Obrázek 2.1: Znázornění PDCA cyklu

Normy ISO řady 9000 jsou dále rozšířeny odvětvovými standardy. Vzhledem k orientaci české ekonomiky na automobilový průmysl je klíčovým odvětvovým standardem IATF 16949:2016, což je standard pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu. IATF (International Automotive Task Force) je skupina světových výrobců automobilů a jejich obchodních společností, která cíleně podporuje zvyšování kvality v této oblasti. Oproti předchozí normě ISO/TS 16949:2009 není standard IATF 16949:2016 samostatně použitelným dokumentem. Jedná se o doplněk normy ISO 9001:2015. Cílem tohoto odvětvového standardu je podporování stálého zlepšování s důrazem na prevenci chyb, snižování variability a plýtvání v dodavatelském řetězci. Požadavky tohoto standardu a normy ISO 9001:2015 musí aplikovat jak automobilky, tak i jejich dodavatelé od září 2018. Standard IATF 16949:2016 má shodnou základní strukturu s normou ISO 9001:2015 a zcela respektuje všechny její základní požadavky, které doplňuje a upřesňuje dle specifik automobilového průmyslu, čímž požadavky této ISO normy zpřísňuje. Jedním z doplnění je např. požadavek na dokumentovaný proces managementu bezpečnosti výrobků. Mezi upřesnění patří např. požadavek na realizace analýz systémů měření, přičemž norma ISO zmiňuje nutnost použití vhodných zdrojů pro měření a monitorování. [12]

## 2.2 Sedm základních nástrojů managementu kvality

Sedm základních nástrojů managementu kvality je velmi užívanou a důležitou skupinou metod a nástrojů. Tyto nástroje se používají často při řešení problémů a zlepšování kvality.

Mezi sedm základních nástrojů managementu kvality patří:

1. vývojový diagram,
2. diagram příčin a následků,
3. formulář pro sběr údajů,
4. Paretův diagram,
5. histogram,
6. bodový diagram,
7. regulační diagram.

Vývojový neboli postupový diagram slouží ke grafickému zobrazení a poznání analyzovaného úplného procesu, u kterého rozpoznáme návaznost a spojitost vstupů, výstupů i dílčích kroků. Díky tomuto grafickému zpracování je možné odhalit oblasti s vyskytujícími se problémy. Diagram příčin a následků, také znám jako Ishikawův diagram nebo diagram rybí kosti, slouží k analýze všech příčin (např. operátoři, zařízení, materiál) určitého následku, který odpovídá problému s kvalitou. Pro přehledné, srozumitelné a jednoduché systematické zaznamenávání údajů pro následnou analýzu je potřeba naplánovat, které informace je potřeba získat. Pro toto shromažďování údajů je důležitý předem vypracovaný formulář pro sběr údajů neboli kontrolní záznamník. Nejedná se o množství získaných dat, ale především o vhodně zvolený sledovaný znak kvality. Při analýze získaných vstupních údajů může být zjištěno, že hledaný problém s kvalitou je způsoben více než jednou příčinou. Následně potřebujeme rozpoznat a soustředit pozornost pouze na příčiny, které se podílejí nejvíce na problému tzv. životně důležitá menšina, k čemuž nám slouží Paretův diagram. Formulace tohoto diagramu zní: „80 % problémů způsobuje pouze 20 % příčin.“ Odtud pochází označení principu jako pravidlo 80/20. Vzhledem k tomu, že vypočtené charakteristiky jako např. aritmetický průměr nebo směrodatná odchylka nám nedávají přesnou

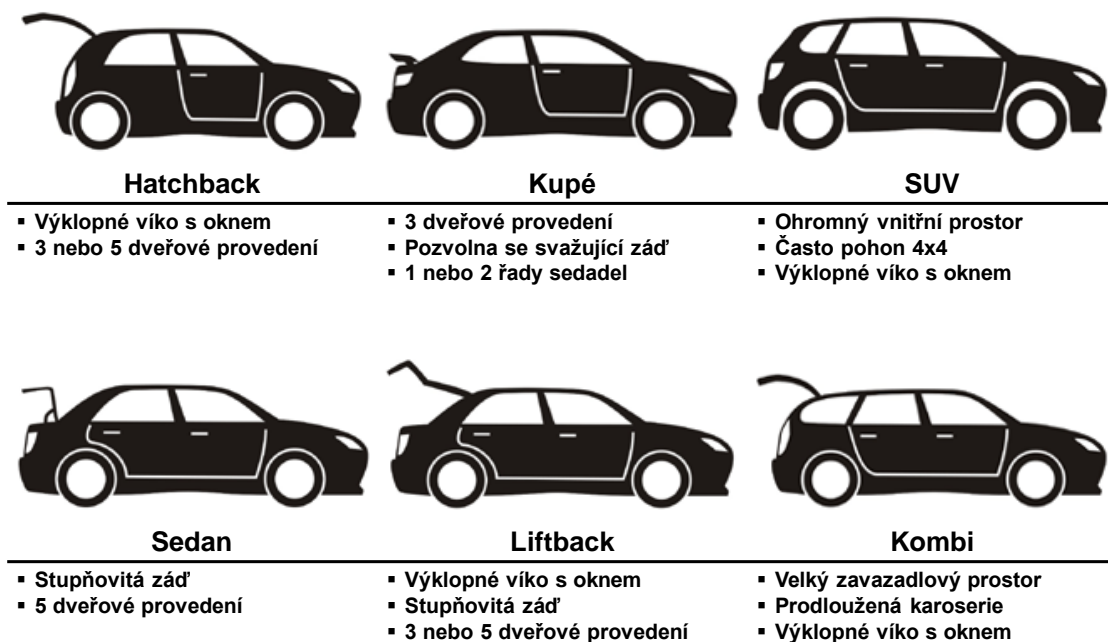
představu o statistické charakteristice polohy a variability sledovaného znaku kvality, tak se používá histogram. Jedná se o sloupcový diagram, který zobrazuje četnost zvoleného znaku kvality ve stanovených intervalech, díky kterým bude mít histogram specifický tvar pro určení možné příčiny variability (rozptýlenosti). Bodový diagram je užitečný pro grafické zobrazení a analyzování závislosti dvou proměnných. Lze analyzovat např. závislost mezi dvěma znaky kvality přímo výrobku nebo mezi znakem kvality a určitým parametrem výrobního procesu. Dle poloh bodů v bodovém diagramu můžeme například pozorovat směr, případný trend nebo tvar v závislosti na proměnných hodnot. Při výsledné analýze bodového diagramu je nezbytné soustředit pozornost na měřítka a jednotky jednotlivých os. Regulační diagram je základní grafický nástroj určený pro analýzu a statistickou regulaci procesu (SPC), s jehož pomocí dokážeme rozeznat variabilitu sledovaného znaku u daného procesu vyvolanou vymezitelnými neboli zvláštními příčinami od variability způsobené náhodnými neboli přirozenými příčinami. Vymezitelné příčiny způsobují variabilitu, kterou je nutné vyřešit zásahem do výrobního procesu. Cílem SPC je udržet proces dlouhodobě na stabilní úrovni, aby byly splněny stanovené požadavky na kvalitu. Častým využitím takové regulace je forma prevence snižující výrobní náklady při zavádění procesu, čímž je možné předejít vzniku neshodných dílů. Výsledkem správné regulace je proces ovlivňovaný pouze náhodnými příčinami, který se nazývá statisticky zvládnutý neboli stabilní proces. U tohoto procesu dokážeme předvídat znak kvality u výstupu z daného procesu v určitých tolerancích. [8][13][14]

### 3 Karoserie

Motorové vozidlo se skládá z několika funkčních složek, mezi které patří karoserie, podvozek a hnací soustava. Z toho je karoserie dále rozdělena na následující části:

- nosná konstrukce,
- místo pro řidiče,
- přepravní prostor. [15][16][17][18][19]

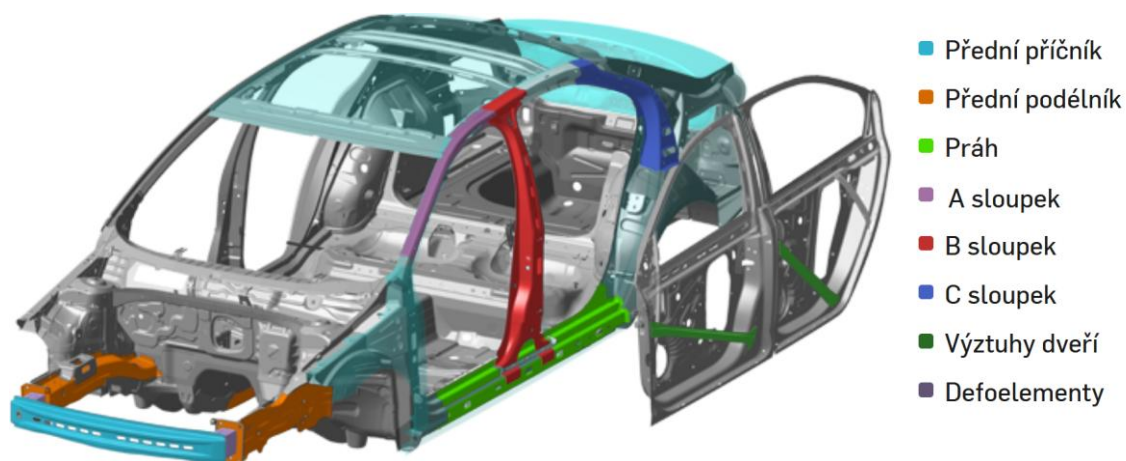
V dnešní době existuje mnoho druhů karoserií osobních vozidel, které se liší svojí stavbou i tvarem. Vybrané základní druhy karoserií osobních vozidel a jejich charakteristiky, se kterými se nejčastěji setkáváme v silničním provozu, jsou na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1: Vybrané základní druhy karoserií osobních vozidel [20]

Na karoserii jsou kladeny požadavky na funkci, provoz, výrobu i vnější okolí. Funkční požadavky zároveň souvisí s bezpečností silničního provozu. Mezi základní požadavky na karoserii patří omezení následků způsobených při nehodě s ohledem na ochranu posádky i ostatních účastníků silniční dopravy včetně chodců. Především se jedná o deformační zóny karoserie na přídě a zádě a zamezení vypadnutí řidiče a spolucestujících z vozidla po nárazu. Mezi další požadavky patří ochrana posádky i nákladu před vlivy počasí. Tvar karoserie ovlivňuje aerodynamiku vozidla, s nižším odporem vzduchu klesá i spotřeba paliva při jízdě, takže jsou zohledňovány i ekologické požadavky. Mezi ekologické aspekty patří i omezení hluku nejen uvnitř vozidla, ale i vnějšího prostředí. A v neposlední řadě je ekologie spojená s výrobou vozidla, především s využitím výrobních technologií, jejich energetické náročnosti a použitého materiálu. Mezi požadavky zákazníků patří především požadavky týkající se nákladů na údržbu vozidla a jeho spolehlivosti, což souvisí i s jeho životností. [16]

Provozní bezpečnost motorového vozidla se dělí na aktivní a pasivní bezpečnost. Aktivní opatření snižují možnost vzniku nehody díky jízdním, kondičním, pozorovacím a ovládacím bezpečnostem. Pasivní opatření slouží ke snížení následků způsobených při nehodě a rozděluje se na vnější a vnitřní bezpečnost. Vnější bezpečností se rozumí ochrana ostatních účastníků dopravy včetně chodců a závisí na tvarech jednotlivých dílů vozidla. Vnitřní bezpečnost je naopak pro ochranu a minimalizování zranění řidiče a spolucestujících. Na aktivní i pasivní bezpečnosti osobního vozidla se z velké části podílí právě karoserie. [15][16][17][18][19]



Obrázek 3.2: Důležité díly karoserie, které se podílí na pasivní bezpečnosti posádky [21]

### 3.1 Boční dveře

Na skelet karoserie se montují panelové díly, mezi které patří motorová kapota, přední blatníky, zadní víko zavazadlového prostoru a boční dveře.



Obrázek 3.3: Skelet karoserie a panelové díly [22]

Boční dveře se skládají z výlisků vnějšího a vnitřního plechu a několika výztuh dveří. Tyto díly se k sobě spojují pomocí svařování a lepení, což zabraňuje vibracím plechů. Lepení se dále používá pro zvýšení pevnosti svarů a zároveň se využívá v oblastech, kde není možné z důvodu tepelného ovlivnění materiálu aplikovat svařování. V případě vnějšího a vnitřního plechu se jedná o spojení formou obvodového zalemování s použitím lepidla, které se vytvrzuje. Výztuhy zvyšují pevnost dveří a snižují deformaci dveří při čelním nebo bočním nárazu. Dveře s pohyblivou částí závěsu se zavěšují na část závěsu, která je na sloupku skeletu karoserie a zajistí se čepem. S pevnou částí závěsu lze během montáže posouvat, což se využívá při lícování dveří s karoserií. Závěsy jsou velmi tuhé a pevné z důvodu, aby nedošlo k vytržení dveří při bočním nárazu nebo kvzpříčení při čelním nárazu. Jejich konstrukce umožňuje snadnou demontáž dveří bez narušení lícování. Montáž zámku probíhá do dutiny dveří. Při zavření bočních dveří projde západka zámku, která se montuje na sloupek rámu dveří karoserie, tvarovým otvorem vnitřního plechu dveří a zaklapne do zámku. Se západkou zámku lze při montáži posouvat, což umožňuje lícovat dveře s karoserií. Zámky zajišťují boční dveře před samovolným otevřením nebo vytržením při nehodě díky aretaci v příčném i podélném směru vozidla. Pro zasklení bočních oken dveří

se používají bezpečnostní skla v souladu s předpisy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů. Mezi požadavky na zasklení patří např.:

- viditelnost,
- ochrana posádky před vnějšími částicemi,
- při prasknutí skla nesmí vzniknout střepiny, které by způsobily zranění. [15][16][17][18][23]

Kromě standardních funkčních požadavků jsou na boční dveře kladeny i požadavky týkající se bezpečnosti posádky vozu. Mezi vlastnosti, které musí dveře před nehodou a po nehodě splňovat patří:

- dveře se nesmí při nehodě otevřít nebo se vytrhnout z karoserie,
- dveře se nesmí vzpříčit a musí být po nehodě otevíratelné,
- dveře musí lícovat dle předepsaných rozměrů vůči karoserii. [16]

Výsledkem jsou dvě hlavní funkce bočních dveří. První je ochrana posádky zajištěním dostatečného prostoru pro přežití a zpoždění na vnitřní deformační strukturu dveří při jejich kontaktu s osobou. Druhou funkcí je zabezpečení možnosti úniku posádky z vozu. [16]

Při bočním nárazu dochází k menší absorpci energie než při stlačování nosníků při čelním nebo zadním nárazu. Za vhodná opatření se proto využívají výztuhy dveří, především protinárazové výztuhy a výztuhy šachty dveří. Při bočním nárazu nad prahem dveří je bezpečnost posádky zvýšena dokonalým vedením a lícováním dveří v otvoru karoserie vůči sloupkům A, B, C. Výztuhy závěsů a zámků společně se závěsy a zámků dveří musí při nárazu zabránit jakémukoliv vzpříčení nebo vytržení dveří z karoserie. Umístění těchto výztuh musí být s ohledem na zajištění stahování bočních oken. [16]

Mezi vybrané předpisy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů týkající se bočních dveří osobních vozidel, které zajišťují vnitřní pasivní bezpečnost cestujících, patří např.:

- EHK/OSN č. 11 – Jednotná ustanovení pro schvalování typu vozidel z hlediska zámků dveří a součástí upevnění dveří,
- EHK/OSN č. 43 – Jednotná ustanovení pro schválení typu bezpečnostních zasklívacích materiálů a jejich montáž ve vozidlech,
- EHK OSN č. 94 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska ochrany cestujících při čelním nárazu [2018/178],
- EHK OSN č. 95 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska ochrany cestujících v případě bočního nárazu [2015/1093].

[24][25][26][27]

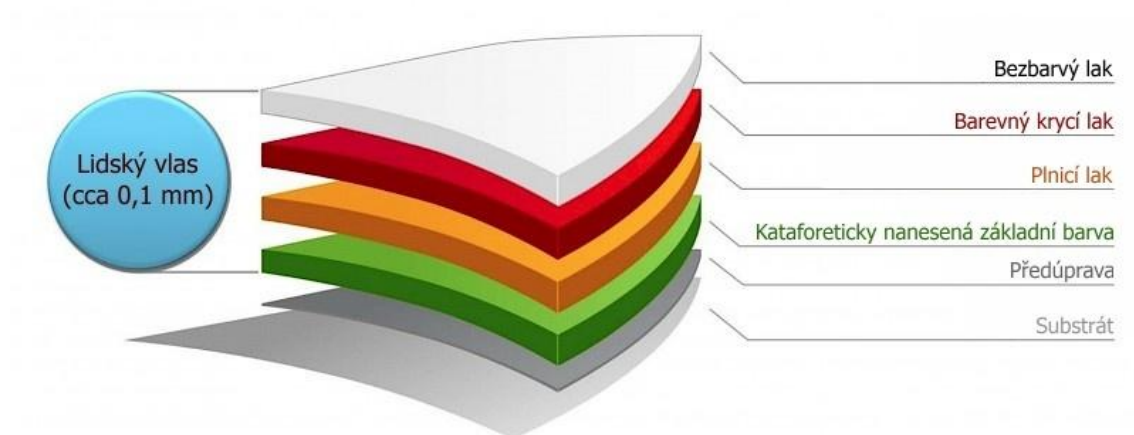
## 3.2 Povrchová úprava karoserie

Funkce povrchové úpravy karoserie je především z důvodu ochrany karoserie proti korozi a zvýšení její životnosti, kdy výrobci garantují minimálně desetiletou životnost povrchové úpravy karoserie. Procesní postupy antikoročních operací a lakování karoserie se u různých automobilových výrobců liší. [16]

Systém protikorozní ochrany se nanáší na okovanou karoserii s namontovanými bočními dveřmi, víkem zavazadlového prostoru, motorovou kapotou a blatníky. Pro zajištění a zvýšení přilnavosti systému antikorozní ochrany probíhá předúprava karoserie odmaštěním a aktivací povrchu s následným ponorným fosfátováním, aby došlo k vytvoření jemně krystalické vrstvy fosfátu (např. zinku) na kovovém povrchu celé karoserie, čímž se zajistí fosfátová vrstva i ve všech dutinách. Konečnou fází předúpravy je pasivace, která zlepšuje protikorozní ochranu a zvyšuje přilnavost následného povlaku. Jednotlivé operace předúprav jsou doprovázeny oplachy, s výjimkou fosfátování po aktivaci povrchu. Poté následuje kataforézní lakování základní barvy (KTL) a její vytvrzení. V další části procesu dochází k utěsnění spojů pomocí měkčeného PVC (polyvinylchlorid) a na spodní části karoserie je aplikována ochrana nástřikem suspenze jemně



rozptýleného PVC ve změkčovadle, tzv. plastisol, který má výbornou přilnavost a odolnost proti mechanickému poškození abrazí. Po aplikování plastisolu dochází k procesu želatinace, při kterém se částice polymeru v plastisolu v průběhu zahřívání rozpouštějí ve změkčovadle. Po ochlazení vznikne homogenní tuhá látka. Nakonec probíhá nanášení zbylých vrstev antikorozního systému, mezi které patří nástřik plnicího laku za účelem tmelení nerovností, nástřik barevného krycího laku s pigmenty bez metalízového efektu nebo s metalízovým efektem a nakonec nástřik bezbarvého laku s mezisušením. Mezi jednotlivými lakovacími operacemi dochází k vytěkání a sušení jednotlivých vrstev laku a vizuální kontrole s případným čištěním a broušením lakovaného povrchu karoserie. Na obrázku 3.4 jsou znázorněny jednotlivé vrstvy systému protikorozní ochrany osobního vozidla. Názorný příklad běžného postupu antikorozních operací a lakování je poté v tabulce 2. [1][15][16][17][18][28]



Obrázek 3.4: Systém protikorozní ochrany osobního vozidla [29]

**Tabulka 2: Příklad zjednodušeného procesního postupu antikorozních operací a lakování karoserie s orientačními procesními parametry [1][15][16][17][18][30]**

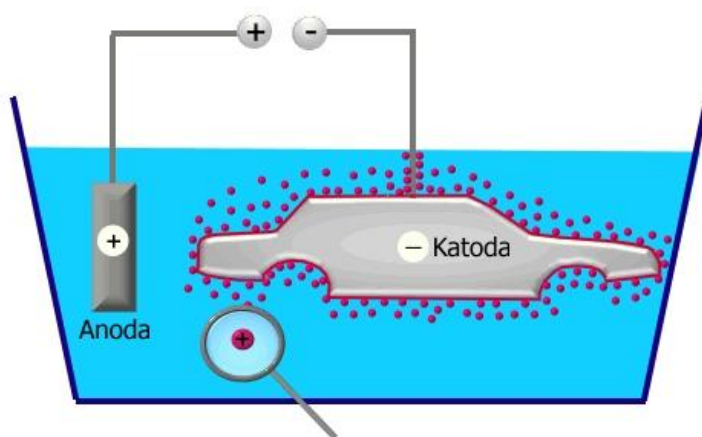
Č. o.	Popis operace	Přibližné parametry
10	Odmaštění - sprcha i ponor	Čas: 5 min Teplota: 50 °C
11	Oplach - sprcha	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
12	Aktivace - ponor	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
13	Fosfátování - ponor	Čas: 3 min Teplota: 50 °C
14	Oplachy - sprcha i ponor	Čas: 1 min Teplota: 25 °C
15	Pasivace	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
16	Oplach - ponor	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
20	Katodické ponorné nanášení základové barvy (KTL)	Čas: 3 min Teplota: 30 °C
21	Oplachy - sprcha, ponor i sprcha demi vodou	Čas: 1,5 min Teplota: 25 °C
22	Sušení a vytvrzení základové barvy	Čas: 30 min Teplota: 180 °C
30	Utěsnění spojů pomocí PVC materiálu	
31	Ochrana spodní části karoserie nástřikem suspenze z PVC	
32	Vytěkání a sušení nástřiku suspenze z PVC	Čas: 5 min Teplota: 130 °C
33	Kontrola, čištění a úprava povrchu karoserie	
40	Nástřik plnicího laku	
41	Vytěkání a sušení plnicího laku	Čas: 20 min Teplota: 170 °C
42	Kontrola, čištění a úprava povrchu karoserie	
50	Nástřik barevného laku	
51	Vytěkání a mezisušení barevného krycího laku	Teplota: 70 °C
60	Nástřik bezbarvého laku	
61	Vytěkání a sušení laku	Čas: 20 min Teplota: 140 °C
70	Konzervace dutin karoserie tekutým voskem	
80	Vizuální kontrola nalakované karoserie	

### 3.2.1 Kataforézní lakování (KTL)

Velmi vysoký vliv na životnost karoserie a jejího systému protikorozi ochrany má předúprava povrchu a antikorozi základová vrstva s výbornou přilnavostí ke kovovému povrchu. Z tohoto důvodu se jako základní antikorozi vrstva používá elektroforézní základování. [16]

Při kataforézním lakování (dále KTL) se ponoří do základní barvy celá okovaná karoserie a elektrochemickým pochodem (kataforézou) se na jejím povrchu vyloučí vrstva základové barvy s tloušťkou 17 až 25 mikrometrů a v dutinách minimálně 12 mikrometrů. Během tohoto procesu je karoserie připojena jako katoda a lázeň, jejíž teplota je okolo 30 °C, je anodou s napětím přes 320 V, viz obrázek 3.5. Obsah pevných látek (barvy) v lázni bývá kolem 40 %. Účelem této základní barvy je výborná antikorozi ochrana s vysokou přilnavostí na kovovém povrchu. Antikorozi základní barva je tedy anodou s kladným elektrickým pólem a okovaná karoserie je katodou se záporným elektrickým pólem. [16][17][18][29][31]

Poté následuje oplach ultrafiltrátem vyrobeným ze základní barvy, dále je karoserie postupně ve výrobní lince naklápěna v podélném směru a tlakovým vzduchem je vyfoukán zbytek tekutiny z dutin karoserie. Na závěr procesu KTL je vyloučená vrstva základní barvy vytvrzena přibližně za 30 minut při objektové teplotě okolo 180 °C. Během procesu vytvrzování proběhne zesíťování (polymerizace) pryskyřic, které jsou obsaženy v základové barvě. Aplikováním KTL do systému antikorozi ochrany je možné dosáhnout záruky korozi odolnosti přes 10 let. [1][16][17][18][29][31]



Obrázek 3.5: Schéma kataforézního lakování (KTL) [31]

## 4 Opatření proti změnám tvaru bočních dveří ve výrobním procesu osobního vozidla

Cílem této práce bylo zmapování aktuálního stavu, provedení série zkoušek se zpracováním a vyhodnocením týkajícího se opatření proti změnám tvaru bočních dveří ve výrobním procesu osobního vozidla ve výrobním závodě společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Kvasinách. Toto téma je aktuální od doby, kdy nedochází během procesu svařování k želatinaci, která měla značný vliv na pojištění lemu dveří. Proces želatinace má své výhody i nevýhody, mezi které patří:

- výhody: opakovatelnost montáže,
- nevýhody: časová a energetická náročnost, náklady na přípravek.

Procesem želatinace, kdy byly dveře během předvytvrzování lepidel po svařování ustaveny v přesném přípravku, byla zajištěna jejich rozměrová stabilita. Dveře je nutné na svařovně lícovat s ohledem na následné zatížení montážních dílů. U dveří po želatinaci bylo možné simulovat zatížení dveří montážními díly již na svařovně závažím, což u dveří bez želatinace nelze.

Proces želatinace ovšem probíhá za vysokých teplot a je potřeba určitý čas pro předvytvrzení, což tento proces řadí do velmi energeticky a časově náročných procesů. Proto v dnešní době probíhá vytvrzení lepidla až po procesu kataforézního lakování (dále KTL) současně s vytvrzením pryskyřic, které jsou obsaženy v antikorozi základní barvě.

Problematika změny tvaru bočních dveří během výrobního procesu ovlivňuje několik kvalitativních i funkčních faktorů, mezi které patří například:

- plošné lícování,
- obvodové lícování,
- ovládací síly,
- zavírací rychlosti,
- aerodynamické charakteristiky,
- aerohluky,
- vodotěsnost a prachotěsnost.

Při plošném lícování dochází k zarovnávání jednotlivých ploch dílů do předepsaných tolerančních rozměrů. Při obvodovém lícování se zarovnávají jednotlivé hrany dílů tak, aby vytvořily spáru o předepsaném tolerančním rozměru. Přední a zadní dveře se lícují navzájem vůči sobě a zároveň vůči karoserii. Tvar dveří má také vliv na zavírací rychlosti a otevírací síly dveří nebo na zavírací síly systému posuvu skel. Ohledně vedení skel může docházet k reverzování, protože systém posuvu skel je vybaven pojistným zařízením proti sevření předmětu. Pokud systém rozezná překážku v dráze skla, což je vyhodnoceno, když zavírací síla je vyšší než předem stanovená hodnota, tak systém zastaví další pohyb skla a dochází k reverzování, kdy se sklo vrací zpět do své původní polohy nebo do určité vzdálenosti od horního okraje vedení skla. Dále tvar dveří ovlivňuje aerodynamické charakteristiky vozu, protože čím nižší je aerodynamický odpor vzduchu vozidla, tím je hospodárnější jeho provoz. S tím také souvisí aerohluky, což jsou nežádoucí zvuky, které nastávají při střetu karoserie vozu se vzduchem především při vyšších rychlostech. Odhalení aerohluků je možné během jízdních zkoušek. Nežádoucím tvarem dveří může být ovlivněno vnější těsnění dveří, které nebude správně plnit svou funkci vodotěsnosti a prachotěsnosti a může dojít k zatékání vody nebo usazování prachových částic v oblasti mezi karoserií a dveřmi. Tvar dveří má také vliv na montáž a lícování dalších dílů jako je např. boční obložení dveří nebo výplň dveří, která se provádí na montážní lince.

Před začátkem provádění jednotlivých zkoušek jsem se seznámil s jednotlivými fázemi výrobního procesu dveří. Na jeho základě jsem zvolil odpovídající znak kvality a jeho měření během jednotlivých fází výrobního procesu, aby mělo vyhodnocení zkoušek vypovídající výslednou hodnotu o jednotlivých opatřeních proti změnám tvaru bočních dveří během výrobního procesu. Pro shromažďování dat jsem si připravil formulář pro sběr údajů, který mi usnadnil následné zpracování těchto dat pro výsledné analýzy a vyhodnocení provedených zkoušek.

## 4.1 Fáze výrobního procesu

Pro vyhodnocení jednotlivých opatření proti změnám tvaru bočních dveří ve výrobním procesu osobního vozidla jsem výrobní proces rozdělil na tři fáze, které je možné opatřením ovlivnit tak, aby zároveň došlo k minimálním zásahům operátorů výroby do výrobního procesu, protože s rostoucím množstvím zásahů operátorů do procesu roste i samotná variabilita procesu a výsledek práce by byl ovlivněný touto nežádoucí variabilitou. První fází výrobního procesu, po kterém docházelo k měření dveří, byly pouze samostatně svařené dveře ze svařovny. Druhou pozorovanou fází byly svařené dveře na okované karoserii, také ze svařovny. A poslední třetí fází, kdy probíhalo měření dveří, byly dveře na okované karoserii po kataforézním lakování základní barvy. Touto fází měření končilo, i když by bylo možné pokračovat ještě měřením na konci montážní linky na hotovém voze po montáži dalších dílů, jako např. bočního obložení dveří, výplně dveří, vedení skla a skla samotného. Všechny tyto díly, které se montují na dveře, ovlivní samotné dveře svojí montáží a váhou, ale zároveň je zde vysoký počet zásahů operátorů do výrobního procesu při montáži jednotlivých dílů, a proto měření hotového vozu na konci montážní linky jsem nebral v úvahu. Hlavním cílem bylo zajistit stabilitu tvaru bočních dveří, aby byla snížena pracnost operátorů během montáže dalších dílů dveří na montážní lince. Popis jednotlivých fází výrobního procesu dveří je pro jednodušší představení popsán v následujících podkapitolách.

Poloha a stav dveří během jednotlivých fází mají určitý vliv na jejich změnu tvaru. U svařených dveří není vytvrzené lepidlo, ale dveře jsou po procesu uloženy do technologické palety, takže jsou podepřené za dolní hranu a rámeček dveří. Vliv na změnu dveří je tedy minimální. Po montáži dveří na okovanou karoserii je lepidlo stále nevytvrzené. Při montáži jsou dveře zavěšeny na závěsy do karoserie a působí tak hmotnost samotných dveří zavěšených mimo své těžiště. Poslední pozorovanou fází jsou dveře na okované karoserii po KTL, které jsou stále zavěšeny na závěsech a při vytvrzování základní antikorozi barvy dochází současně i k vytvrzení lepidel. Tento proces má vliv na změnu tvaru dveří teplotním zatížením. Po této fázi výrobního procesu mají dveře vytvrzené lepidlo

a jejich tvar je stálý. Tento přehled poloh a stavu dveří a jejich vliv na změnu tvaru během výrobního procesu je v souhrnné tabulce 3.

**Tabulka 3: Poloha a stav dveří a jejich vliv na změnu tvaru během výrobního procesu**

Fáze výrobního procesu	Poloha a stav dveří	Vliv na změnu tvaru
<b>Svařené dveře</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Podepřené za dolní hranu a rámeček v paletě</li> <li>▪ Nevytvrzené lepidlo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minimální</li> </ul>
<b>Dveře na okované karoserii</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zavěšené na závěsech</li> <li>▪ Nevytvrzené lepidlo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hmotnost dveří</li> <li>▪ Zavěšení dveří mimo své těžiště</li> </ul>
<b>Dveře na okované karoserii po KTL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zavěšené na závěsech</li> <li>▪ Vytvrzené lepidlo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teplotní zatížení</li> </ul>

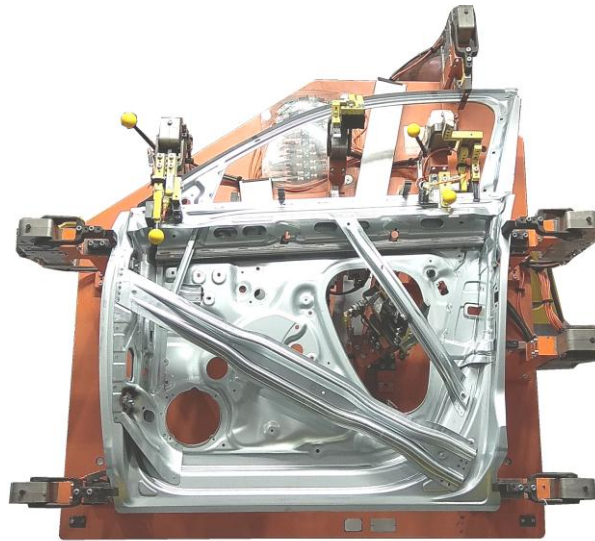
#### 4.1.1 Svařené dveře

První fází, po které byly dveře měřeny a následně vyhodnocovány, byly pouze svařené ocelové dveře.

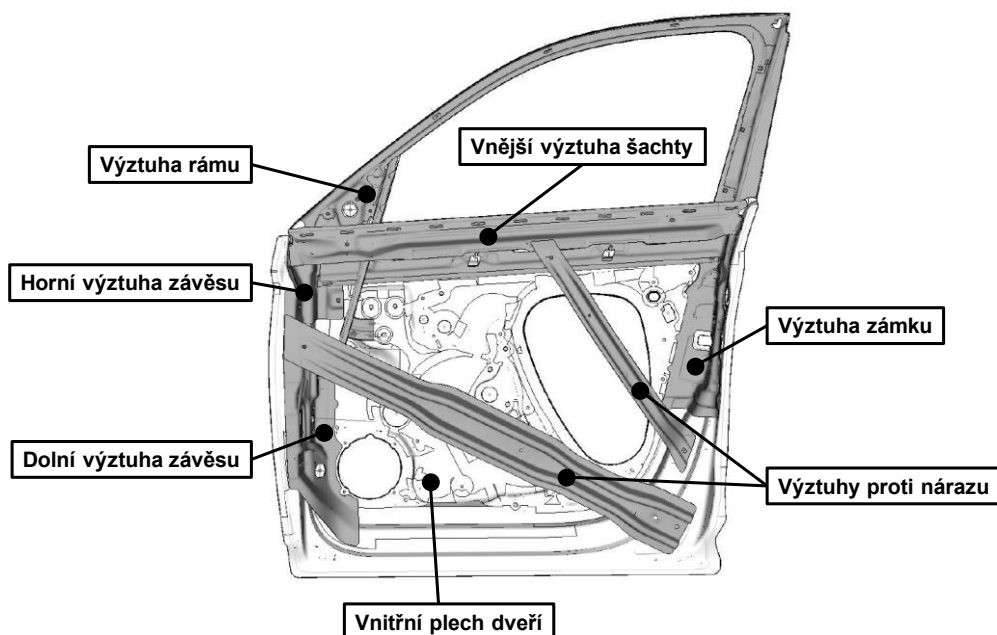
Fáze výrobního procesu svařených dveří začíná založením a upnutím vnitřního plechu dveří do otočného kalibračního stolu s upínkami, na který se založí horní výztuha závěsu (pantu), dolní výztuha závěsu (zadní dveře mají jednu výztuhu závěsů v celku) a výztuha zámku s naneseným vysoce pevnostním a teplem vytvrditelným jednosložkovým lepidlem na bázi epoxidové pryskyřice na dílech. Následně dojde v automatické buňce ke spojení dílů robotickým bodovým svařováním a k ražení identifikačního výrobního čísla dveří.

Na vnitřní plech dveří upnutého v otočném kalibračním stole se v oblasti rámečku okna nanese opět vysoce pevnostní a teplem vytvrditelné jednosložkové lepidlo na bázi epoxidové pryskyřice a do této oblasti vnitřního plechu se následně založí výztuha rámu. Dále se do vnitřního plechu dveří založí první výztuha proti nárazu. Následně dojde opět ke spojení dílů robotickým bodovým svařováním.

Poté dojde na kontrolu a případné odstranění přetoků nanesených lepidel z předchozích operací. Do vnitřního plechu dveří na otočném stole se založí vnější výztuha šachty a druhá výztuha proti nárazu, čímž vznikne úplný vnitřní díl dveří, který je možno vidět na obrázku 4.1, kde je úplný vnitřní díl levých předních dveří založen a upnut v otočném kalibračním stole s upínkami. Takto vyrobený díl levých předních dveří bez vnějšího plechu s popsanými jednotlivými výztuhami je zobrazen na obrázku 4.2.



Obrázek 4.1: Úplný vnitřní díl levých předních dveří upnut v otočném kalibračním stole



Obrázek 4.2: Úplný vnitřní díl levých předních dveří bez vnějšího plechu s výztuhami

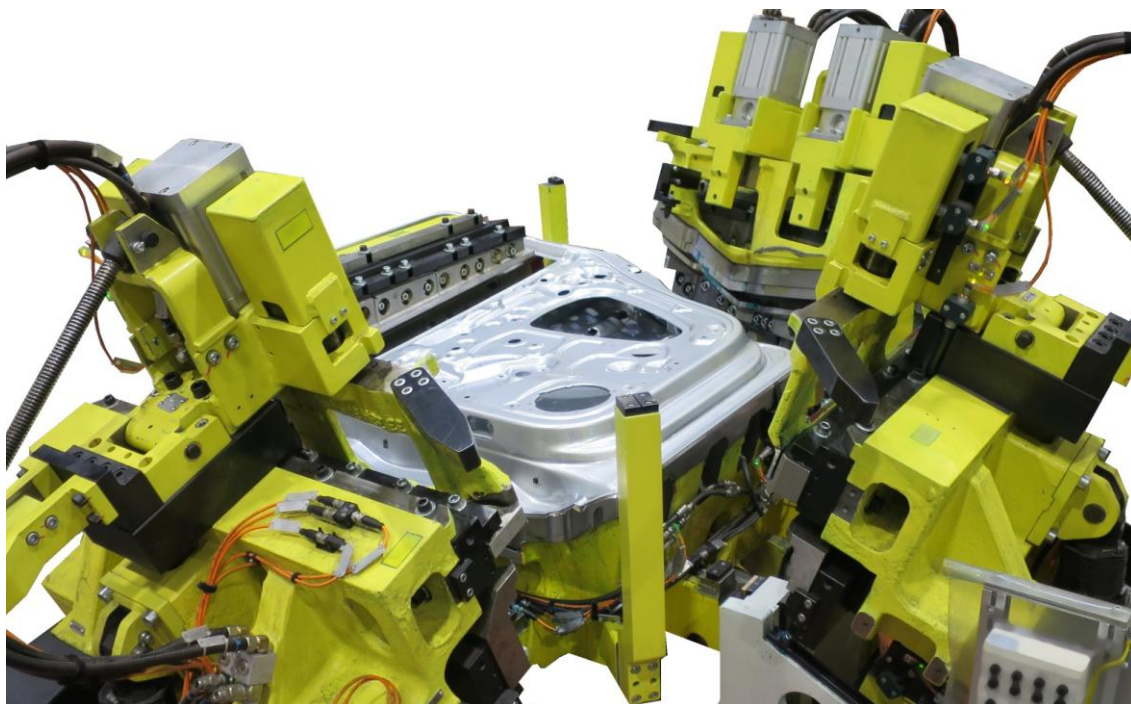


V automatické buňce dojde k robotickému bodovému svařování, nanesení těsnícího a teplem vytvrditelného tmelového lepidla na bázi gumy na vnější výztuhu šachty a obě výztuhy proti nárazu, které jsou již spojeny bodovými svary s úplným vnitřním dílem dveří. Zde také aktuálně probíhá první část opatření proti změně tvaru dveří technologií ražení pojistných prolisů. Automatické robotické pracoviště s nanášením lepidla, ražením prolisů a bodovým svařováním úplného vnitřního dílu levých předních dveří je zobrazeno na obrázku 4.3.

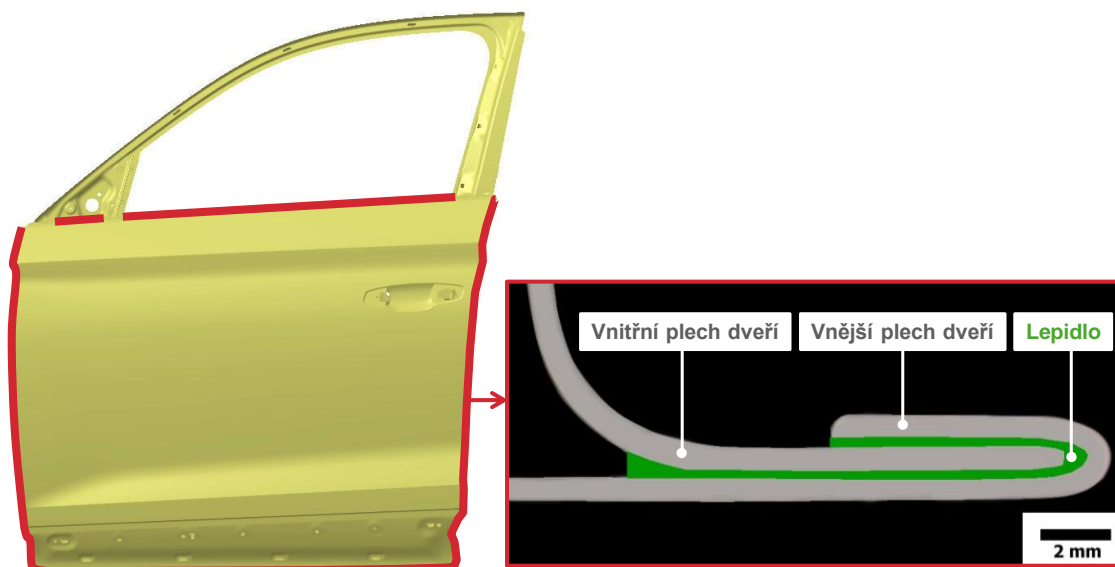


**Obrázek 4.3: Automatické robotické pracoviště s nanášením lepidla, ražením prolisů a bodovým svařováním**

Po založení vnějšího plechu dveří do otočného stolu dojde v automatické robotické buňce k nanesení těsnícího a teplem vytvrditelného tmelového lepidla na bázi gumy a lemového jednosložkového a teplem vytvrditelného lepidla na bázi epoxidové pryskyřice na vnější plech. Následuje předlemování tohoto plechu a poté založení na úplný vnitřní díl dveří s konečným bodovým robotickým svařováním a dolemováním na lemovacím zařízení, které je zobrazeno se založenými pravými zadními dveřmi na následujícím obrázku číslo 4.4. Oblast dveří, kde dochází k zalemování plechů, je zobrazena na obrázku 4.5 s řezem lepeného spoje v lemu.



Obrázek 4.4: Lemovací zařízení se založenými pravými zadními dveřmi



Obrázek 4.5: Oblast zalemování levých předních dveří s řezem lepeného spoje v lemu

Následně probíhá druhá část opatření proti změně tvaru dveří pojištěním lemu technologií svařování pojistného jednoho jednostranného bodového svaru se zařízením VarioPicker v robotické automatické buňce.

Závěrem fáze svařených dveří je montáž poloviny horního a dolního závěsu s čepy v pantovacím přípravku pomocí šroubů a následuje očištění vytlačeného lepidla po lemování v oblasti lemu, kontrola povrchu (deformací) dílu dveří, jeho případná úprava broušením a umístění do paletové věže.

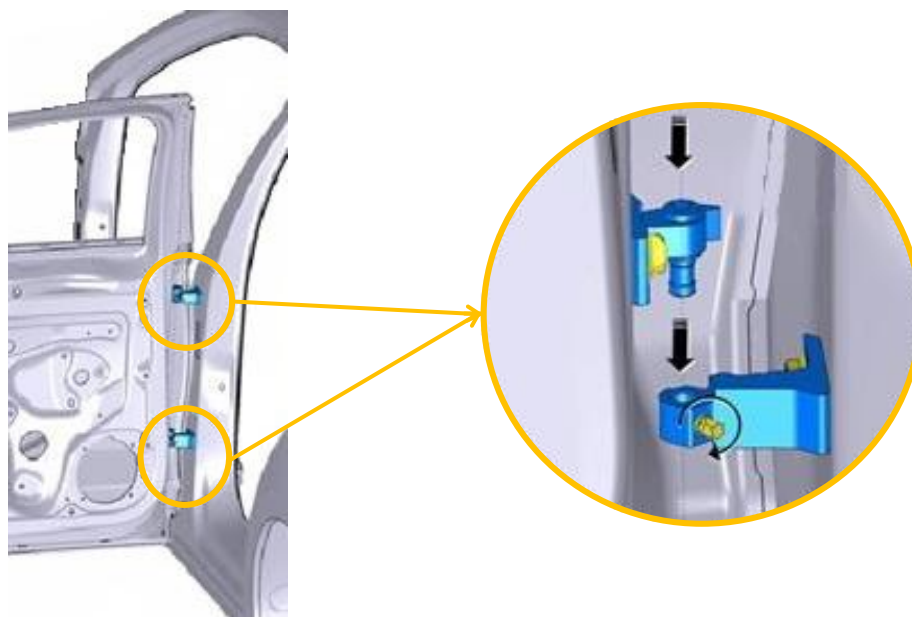
Mezi jednotlivými operacemi probíhá vizuální kontrola svaru, zdali není svarový bod vyvrácený, špatně umístěný, propálený nebo s nežádoucím otřepem.

Operátor se na tomto procesu podílí v některých případech nanášením housenky lepidla na jednotlivé díly, zakládáním dílů výztuh do vnitřního plechu dveří upnutého do otočného stolu s upínkami nebo založením vnějšího plechu dveří do otočného stolu.

#### **4.1.2 Dveře na okované karoserii**

Druhou fází výrobního procesu, po které byly dveře měřeny a následně vyhodnocovány, byly svařené dveře na okované karoserii. Okovanou karoserií se rozumí, že prošla fází výrobního procesu, kdy došlo k montáži panelových dílů, kterými jsou zadní víko zavazadlového prostoru, boční dveře, motorová kapota a přední blatníky na skelet karoserie. Dále popisují samostatnou montáž dveří na skelet karoserie.

Pomocí manipulátoru operátor přenesení zadní boční dveře z technologické palety do karoserie a provede montáž nasazením horního i dolního závěsu s čepy na dveřích do druhé poloviny horního i dolního závěsu s otvorem na karoserii. U takto nasazených dveří se dotáhne aretační čep horního i dolního závěsu. Tento montážní postup levých zadních dveří je schematicky zobrazen na obrázku 4.6.



**Obrázek 4.6: Schematické zobrazení montáže dveří na skelet karoserie**

Montáž předních bočních dveří následuje po montáži zadních bočních dveří a jejich postup je shodný se zadními dveřmi.

Pomocí ustavovacích přípravků a kontrolních pomůcek, mezi které patří lícovací šablony, měrky a magnety, se provádí kontrola a případná korekce plošného i obvodového lícování bočních dveří. Nejdříve se po montáži zadních dveří lícují tyto dveře s postranicí pomocí nasazeného magnetu. Po montáži předních dveří následuje kontrola plošného i obvodového lícování těchto dveří s využitím kontrolních přípravků vůči zadním dveřím a karoserii. Využití magnetů v oblasti západek zámků dveří pro propojení předních a zadních dveří a zadních dveří s postranicí a použití lícovacích šablon na předních dveřích je zobrazeno na následujícím obrázku 4.7.



**Obrázek 4.7: Použití ustavovacích přípravků při lícování předních bočních dveří**

### **4.1.3 Dveře na okované karoserii po KTL**

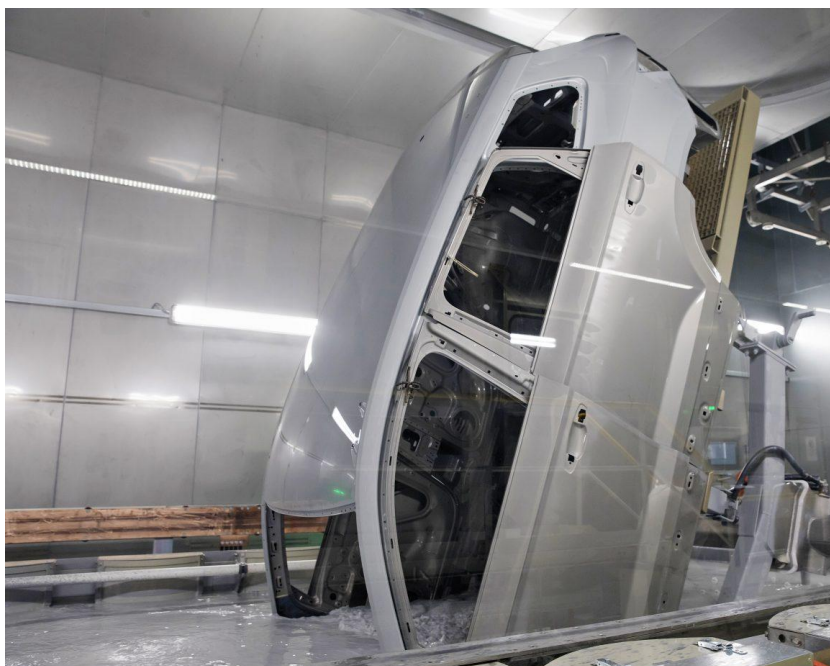
Třetí a zároveň i poslední měřenou a vyhodnocovanou fází výrobního procesu byly dveře na okované karoserii po KTL. V následujících odstavcích je popsán procesní postup antikoročních operací po operaci KTL se sušením a vytvrzením základové barvy.

Ze svařovny je okovaná karoserie převezena na dopravníku do lakovny. Systém protikoroční ochrany se nanáší na okovanou karoserii s namontovanými všemi panelovými díly. Prvním krokem pro zajištění a zvýšení přilnavosti systému antikoroční ochrany probíhá předúprava okované karoserie odmaštěním formou sprchy i ponorem s následným sprchovým oplachem. Na takto očištěný povrch okované karoserie se aplikuje aktivace povrchu ponorem s následným ponorným fosfátováním, aby došlo k vytvoření jemně krystalické vrstvy fosfátu na celém povrchu karoserie. Po aktivaci s fosfátováním následuje oplach sprchou i ponorem. Konečnou fází předúpravy je pasivace a oplach ponorem, což zlepšuje protikoroční ochranu a zvyšuje přilnavost následujícího povlaku. Část linky s předúpravami je na obrázku 4.8.



**Obrázek 4.8: Část linky s předúpravami [30]**

Po předúpravách následuje kataforézní lakování (KTL) antikorozi základní barvy. Při KTL se ponoří do lázně s antikorozi základní barvou celá okovaná karoserie a elektrochemickým pochodem (kataforézou) se na jejím povrchu rovnoměrně vyloučí vrstva této základové barvy. Antikorozi základní barva je anodou s kladným elektrickým pólem a okovaná karoserie je katodou se záporným elektrickým pólem. Z této lázně se karoserie vynoří vždy v odstínu šedé. Část linky s kataforézním lakováním je na následujícím obrázku 4.9.



**Obrázek 4.9: Část linky s kataforézním lakováním (KTL) [30]**

Poté následuje oplach ultrafiltrátem vyrobeným ze základní barvy a další oplachy sprchou a ponorem i s použitím demineralizované vody, dále je postupně v lince karoserie naklápěna v podélném směru a tlakovým vzduchem je vyfoukáván zbytek tekutiny z dutin karoserie. Na závěr procesu KTL je vyloučená vrstva základní barvy vytvrzena při objektové teplotě okolo 180 °C po přibližnou dobu půl hodiny. Během procesu vytvrzování proběhne zesíťování (polymerizace) pryskyřic, které jsou obsaženy v antikorozi základní barvě.

Zde je důležité pro tuto práci, že při vytvrzení základní antikorozi barvy vyloučené při procesu KTL, který probíhá přibližně při 180 °C po dobu 30 minut, dojde také k vytvrzení všech teplem vytvrzitelných lepidel aplikovaných během fáze výrobního procesu svařování dveří, jejichž vytvrzení nastává při vyšších teplotách než 140 °C po dobu minimálně 20 minut. [32]

Z tohoto důvodu nebylo potřeba, aby zkouškové dveře s danými opatřeními pokračovaly dalšími operacemi v lakovně, kterými je např. utěsnění spojů, ochrana spodní části karoserie a zbylé operace lakování. Takže byly zkouškové dveře vždy zablokovány a odstaveny z linky po procesu, kdy došlo k vytvrzení antikorozi základní barvy po KTL a zároveň k důležitému vytvrzení nanesených lepidel během svařování dveří. Zjednodušený přehled procesního postupu předúprav a KTL s vytvrzením základní antikorozi barvy včetně vytvrzení lepidel po procesu svařování je s přibližnými procesními parametry zobrazen v tabulce 4.

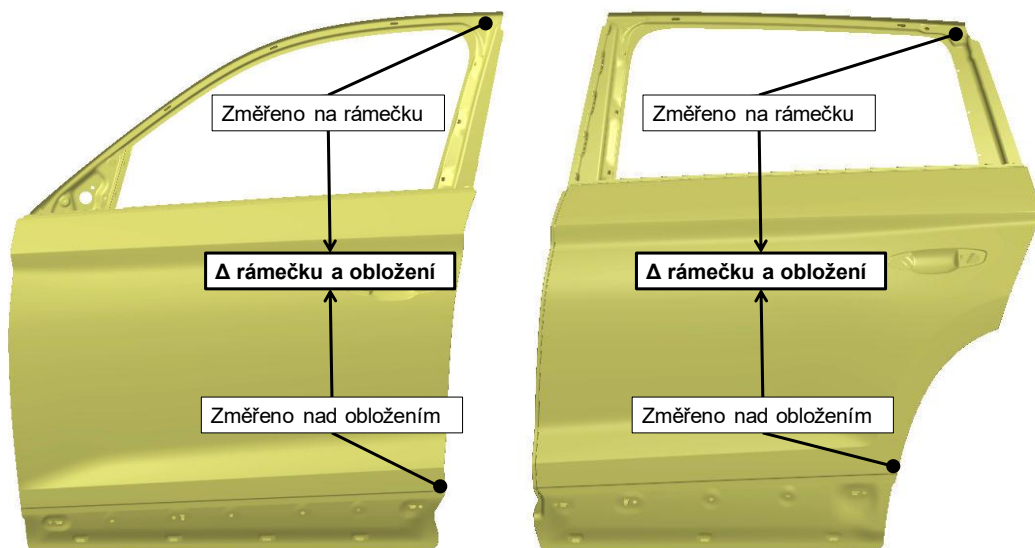
**Tabulka 4: Zjednodušený přehled procesního postupu předúprav a KTL s přibližnými procesními parametry [1][15][16][17][18][30]**

	<b>Popis operace</b>	<b>Přibližné parametry</b>
<b>Předúpravy</b>	Odmaštění - sprcha i ponor	Čas: 5 min Teplota: 50 °C
	Oplach - sprcha	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
	Aktivace - ponor	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
	Fosfátování - ponor	Čas: 3 min Teplota: 50 °C
	Oplachy - sprcha i ponor	Čas: 1 min Teplota: 25 °C
	Pasivace	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
	Oplach - ponor	Čas: 0,5 min Teplota: 25 °C
<b>KTL</b>	Katodické ponorné nanášení základové barvy (KTL)	Čas: 3 min Teplota: 30 °C
	Oplachy - sprcha, ponor i sprcha demi vodou	Čas: 1,5 min Teplota: 25 °C
	Sušení a vytvrzení základové barvy	Čas: 30 min Teplota: 180 °C



## 4.2 Volba znaků kvality změny tvaru bočních dveří

Za měřitelné znaky kvality jsem zvolil bod na rámečku vnitřního plechu dveří a bod nad linií bočního obložení vnějšího plechu dveří, jak je zobrazeno pro přední i zadní dveře na obrázku 4.10. Polohu těchto bodů jsem zvolil s ohledem na plošné lícování dveří a zároveň na vzdálenosti poloh bodů, aby byla co největší a došlo tak k co nejvýraznějšímu projevu rozdílu mezi bodem na rámečku a nad obložením. Takto zvolené znaky kvality budou vypovídat o potřebné informaci, kterou získám pro analýzu a výsledné vyhodnocení tzv. přetočení dveří, které může ovlivnit požadované kvalitativní a funkční vlastnosti jako např. plošné a obvodové lícování, zavírací rychlosti, ovládací síly, aerodynamické charakteristiky vozu, aerohluky a těsnění, jak jsem již dříve zmínil.



Obrázek 4.10: Zobrazená poloha znaků kvality na rámečku a nad obložením dveří

### 4.3 Metodika měření dveří

Zvolené měřitelné znaky kvality byly v průběhu jednotlivých fází výrobního procesu měřeny odlišnou metodikou, která se odlišovala ustavením dveří nebo použitím měřicího zařízení. Odlišné ustavení bylo použito z důvodu, abych dokázal analyzovat chování dveří přímo odpovídající fázi daného výrobního procesu. Různá měřicí zařízení byla použita z důvodu kapacitního vytížení měrového střediska nebo nesplnění mých požadavků pro měření. Použití různých měřicích zařízení bylo voleno s ohledem na zachování přesnosti měření, aby nedošlo ke zkreslení získaných dat a výsledného vyhodnocení. Metodika měření dveří po jednotlivých fázích výrobního procesu je popsána v následujících podkapitolách.

Každé dveře jsou během fáze výrobního procesu svařování očíslovány výrobním identifikačním číslem dílu. Pod tímto číslem je možné dveře po měření dohledat v systému. Jakmile jsou dveře na okované karoserii, tak se při měření pro dohledání označuje karoserie v měrovém protokolu výrobním identifikačním číslem neboli KNR vozu. V případě měření dvou zkouškových sad dveří najednou jsem musel správně přiřadit jednotlivé sady dveří ke konkrétním KNR karoseriím. Při měření dveří po KTL, které nebyly měřeny na stejné karoserii jako při měření těchto dveří před KTL, jsem musel dveře před začátkem měření označit štítkem pro pozastavení dílu a požádat obsluhu měřicího zařízení, aby do protokolu měření označila měření jednotlivých dveří, nikoliv KRN karoserie, protože dvě zkouškové sady dveří byly v tomto případě měřeny na stejné karoserii. Pokud by k tomuto označení nedošlo, tak by nebylo možné k sobě přiřadit měření z jednotlivých fází výrobních procesů.

Štítek pro pozastavení dílu byl použit z důvodu, aby nedošlo k záměně dveří nebo tyto dveře nebyly bez povolení odvezeny obsluhou z měrového střediska. Zkouškové dveře jsem blokoval na měrovém středisku do doby, než byla provedena kontrola a zpracování dat z měření. Na štítku pro pozastavený díl jsem vyplnil identifikační číslo dílu a jeho název pro označení měření a další údaje. Důvodem pozastavení dílu byly jednotlivé zkoušky opatření.

**DÍL POZASTAVEN**

Číslo dílu: .....

Název dílu: .....

Číslo dodacího listu /KNR.....

Středisko: .....

Datum:..... Kusů

Důvod pozastavení:

Podpis / razítko: .....

Obrázek 4.11: Štítek pro pozastavení dílu používaný při zkouškách

### 4.3.1 Měření svařených dveří

Měření svařených dveří probíhalo na souřadnicovém měřicím stroji (dále pouze SMS) DEA BRAVO HP v provedení se dvěma horizontálními rameny a měřicím zápěstím ve 3osém provedení určeném i pro aplikace bezkontaktního měření karoserií vozů.

Měření standardně probíhalo kontaktní sondou v režimu bodového snímání, ale v několika případech i bezkontaktní sondou v režimu skenování. Pro bodové snímání byl použit snímací systém s prodloužením snímacího doteku o délce 332 mm a snímacím dotekem o tvaru kuličky z rubínu o průměru 2 mm pro měření předních i zadních bočních dveří. Skenování bylo využito v několika případech z důvodu možnosti zpracování dat pro porovnávací skeny mezi fází výrobního procesu svařených dveří a dveří v okované karoserii pro lepší představu o stavu plošných změn po celém vnějším obvodu dveří. Pro skenování byl použit skenovací proužkový CMS laser. Při bodovém snímání i skenování dveří na SMS DEA BRAVO HP byla největší dovolená chyba měření 20  $\mu\text{m}$ . V obou případech bylo měření

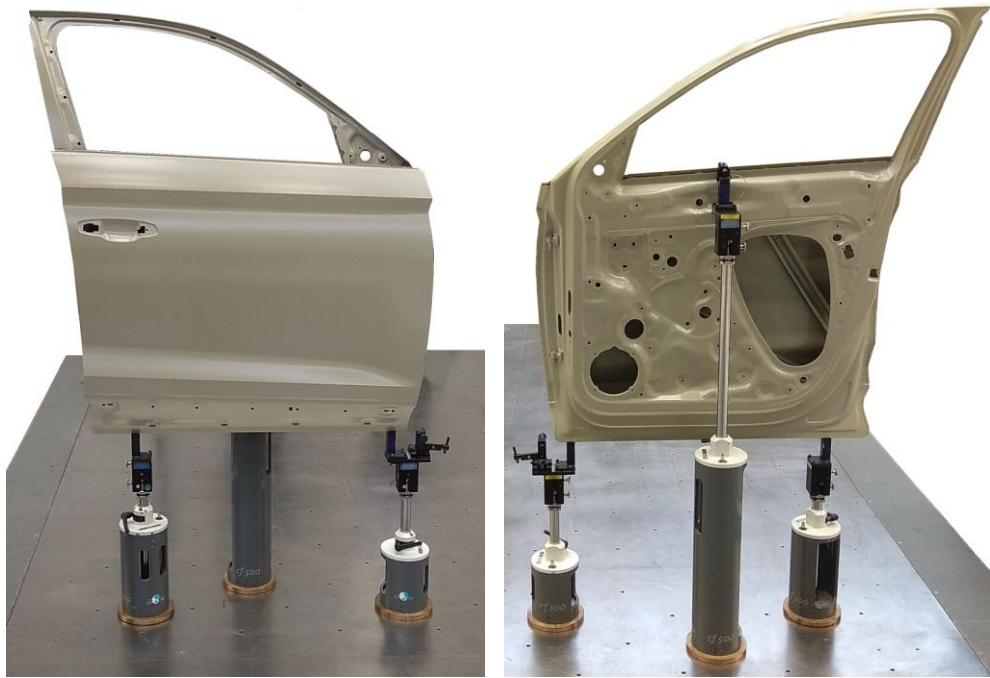
přesnější minimálně o jeden desetinný číselný řád než vyhodnocované znaky kvality, takže se jednalo o vhodné systémy měření pro zkoušky. [33][34]

Při bodovém snímání probíhalo měření standardním způsobem s využitím automatického měřicího programu. Při skenování jsem měl požadavek na měření ploch plechů dveří po celém vnějším obvodu dveří.

Dveře byly ustaveny na referenční body pomocí variabilního upínacího systému FIVE U-nique s konfigurací přípravků pro přesné upnutí dveří, který má magnetickou dosedací plochu a na kovové desce je s ním možné manipulovat pomocí tlaku vzduchu vedeného do upínacího systému. SMS byl vybavený speciálním polohovacím unašečem, který společně se softwarem navede obsluhu SMS k zástavbě upínacích přípravků na referenční pozice pomocí modulových podpěr. Při uložení dveří na tyto přípravky byly dveře tzv. ve volném stavu. Tato zástavba upínacího systému je zobrazena na obrázku 4.12. Ustavení pravých předních dveří v upínacím systému FIVE U-nique je potom zobrazeno na obrázku 4.13. Na obrázku je zobrazeno ustavení dveří po KTL, jejichž měření nebylo součástí této práce, ale ustavení svařených dveří bylo identické. [35]



**Obrázek 4.12: Zástavba upínacího systému FIVE U-nique**



**Obrázek 4.13: Ustavení pravých předních dveří v upínacím systému FIVE U-nique**

Zkušební svařené dveře určené pro měření byly z pracoviště svařovny na měrové středisko převáženy v technologickém vozíku, který je určený pro manipulaci s dveřmi, z důvodu zabránění nebo minimalizování možné deformace způsobené v průběhu manipulace. Zobrazení celé sady dveří založené v technologickém vozíku je na obrázku 4.14.



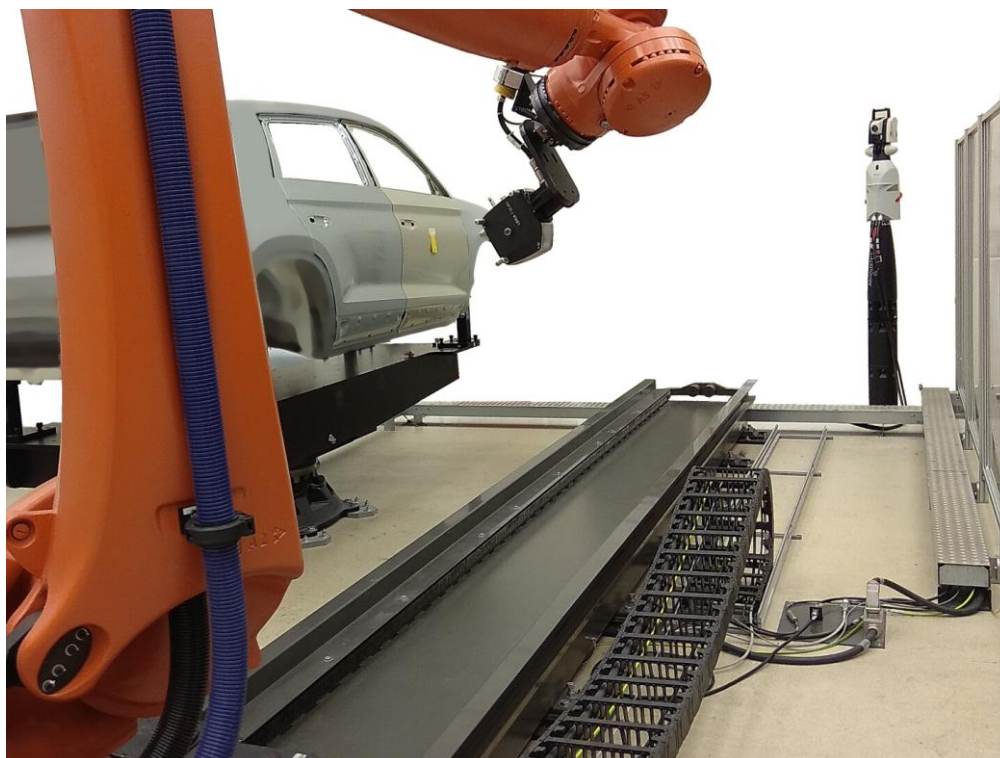
**Obrázek 4.14: Celá sada dveří založená v technologickém vozíku**

### 4.3.2 Měření dveří na okované karoserii před a po KTL

Měření dveří na okované karoserii před a po KTL probíhalo na SMS DEA BRAVO HA a v automatizované robotické měřicí buňce. V obou případech probíhalo měření v režimu skenování.

SMS DEA BRAVO HA bylo v provedení se dvěma horizontálními rameny a měřicím zápěstím ve 3osém provedení určeném pro aplikaci bezkontaktního měření karoserií vozů v režimu skenování. Pro skenování byl použit skenovací proužkový CMS laser.

Automatizovaná robotická měřicí buňka se skládala z laser trackeru Leica Absolute Tracker a průmyslového robota KUKA, na jehož výměnné hlavici byl laser scanner Leica T-Scan. Zde dochází při měření k využití 6 os robota, 7. osou je lineární pohyb robota po kolejnici a 8. osou je otočný stůl, na němž je v upínacím systému ustavená karoserie vozu. Princip měření spočívá v bezdrátovém propojení laser trackeru s laser scannerem, kdy v první řadě laser tracker pomocí laseru sleduje polohy zrcátek laser scanneru a v druhém případě pomocí kamery sleduje polohy světelných diod (LED). Automatizovaná robotická měřicí buňka je zobrazena na obrázku 4.15. V případě skenování na SMS DEA BRAVO HA byla největší dovolená chyba měření 20  $\mu\text{m}$  a při skenování pomocí laser scanneru max.  $\pm 60 \mu\text{m}$ . V obou případech bylo měření přesnější minimálně o jeden desetinný číselný řád než vyhodnocované znaky kvality, takže se jednalo opět o vhodné systémy měření pro zkoušky. [36][37]

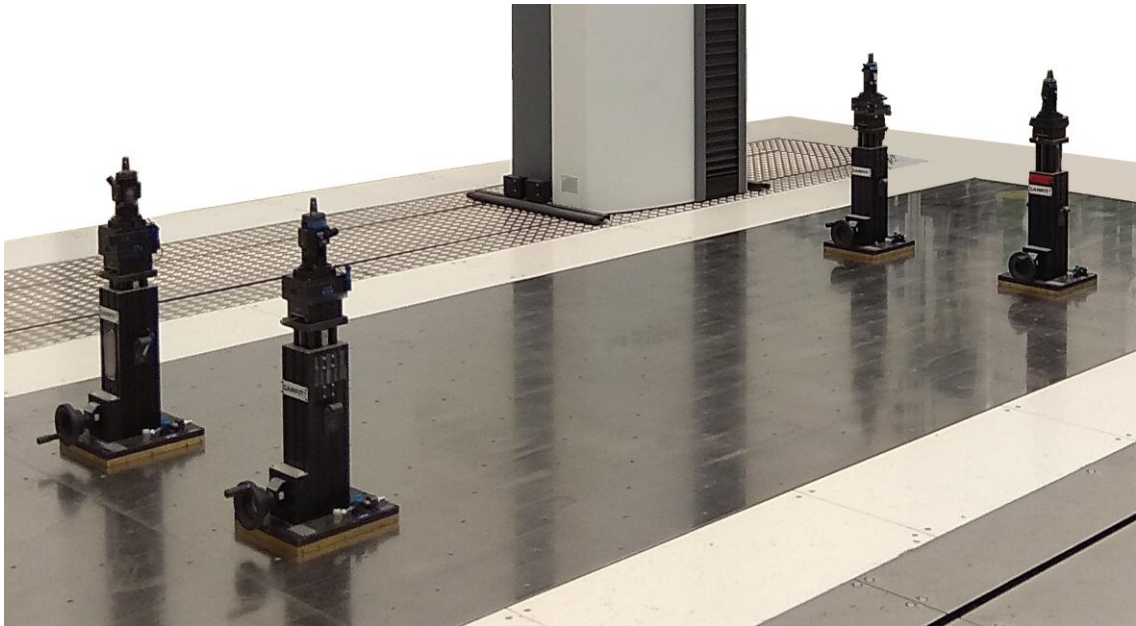


**Obrázek 4.15: Automatizovaná robotická měřicí buňka**

Při skenování jsem požadoval měření ploch plechů dveří po celém vnějším obvodu předních i zadních dveří. Při měření na okované karoserii byla tedy měřena spára a k ní navazující vnější plochy dveří a karoserie. Tomuto požadavku nevyhovovalo měření v automatizované robotické měřicí buňce, protože v automatickém programu pro měření zadních dveří nebyl součástí zvolený znak kvality nacházející se nad linií bočního obložení dveří. Z tohoto důvodu bylo měření v robotické měřicí buňce využito pouze jednou, při zkoušce bez opatření lemu bočních dveří, jejíž součástí byly pouze dvě sady předních dveří.

Při měření byly dveře před i po KTL nasazeny na závěsech v okované karoserii tak, aby se při měření projevil vliv montáže dveří na karoserii, kdy v případě fáze výrobního procesu před KTL ještě nejsou vytvrzena lepidla aplikovaná při svařování a po KTL jsou již lepidla ve dveřích vytvrzena.

Okovaná karoserie byla pomocí jeřábu přemístěna na podpěrný a upínací systém ZEISS CARFIT složený ze 4 podpěrných sloupů tzv. hubů s ustavovacími výměnnými moduly, jejichž součástí byly čepy, pro vyrovnání a zajištění karoserie při měření. Zástavba podpěrného a upínacího systému ZEISS CARFIT pro ustavení karoserie je zobrazen na obrázku 4.16.

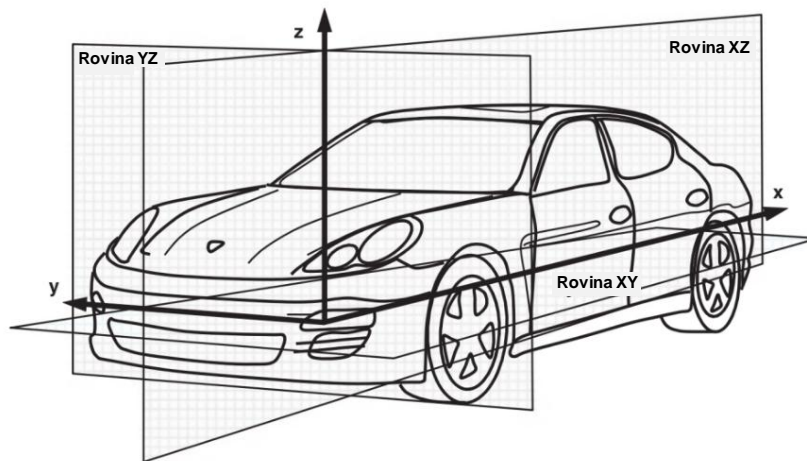


Obrázek 4.16: Zástavba podpěrného a upínacího systém ZEISS CARFIT

K ustavení karoserie dojde při dosednutí 4 otvorů umístěných v hlavních nosných dílech podlahy karoserie do čepů upínacího systému a jejich zajištění. Tyto 4 otvory jsou referenčními pozicemi, ve kterých jsou definovány body RPS (systém referenčních bodů).

RPS body jsou stanoveny souřadnicemi (X, Y, Z) odpovídající vzdálenosti od počátku globálního souřadnicového systému vozu, který je umístěn uprostřed osy přední nápravy. Osa X působí v podélném směru vozidla. Osa Y odpovídá ose přední nápravy a osa Z potom působí ve směru výšky vozidla, viz obrázek 4.17. Referenční body jsou navrženy už při konstrukci výrobku s ohledem na určitou stabilizaci dílu v prostoru, aby bylo dosaženo tvarové stálosti a byla zajištěna opakovatelnost dílů při ustavení na přípravky během výrobního procesu nebo měření. Těmito referenčními body pro ustavení bývají plochy, otvory nebo čepy. Pro ustavení se využívá pravidla 3-2-1. Vzhledem k tomu, že má každé těleso v prostoru 6 stupňů volnosti, pro zajištění stabilního ustavení je potřeba celkem 6 bodů v souřadnicovém systému. Dle tohoto pravidla je potřeba v jedné rovině stanovit 3 body, ve druhé 2 body a ve třetí 1 bod s co nejvzdálenějšími pozicemi jednotlivých bodů od sebe v každé rovině. [38][39][40]





Obrázek 4.17: Globální souřadnicový systém vozidla [40]

Zástavba podpěrného a upínacího systém ZEISS CARFIT probíhala stejným způsobem, který byl popsán při ustavení dveří do upínacího systému FIVE U-nique. V případě měření v automatizované robotické měřicí buňce byla okovaná karoserie ustavena podobným způsobem na otočný stůl, což bylo patrné na obrázku 4.15.

Okovaná karoserie se zkušebními dveřmi před KTL byla převážena z pracoviště svařovny na transportním nosném rámu určeném pro manipulaci, tzv. skid na obrázku 4.18. Zkušební dveře po KTL určené pro měření byly v lakovně po odstavení mimo linku demontovány z okované karoserie po KTL a na měrové středisko jsem je převážel v technologickém vozíku. Na měrovém středisku jsem demontoval dveře ze sériově měřené okované karoserie a dveře po KTL jsem nasadil na závěsy této karoserie a zadal požadavek na měření zvolených znaků kvality u takto připravených dveří v karoserii.

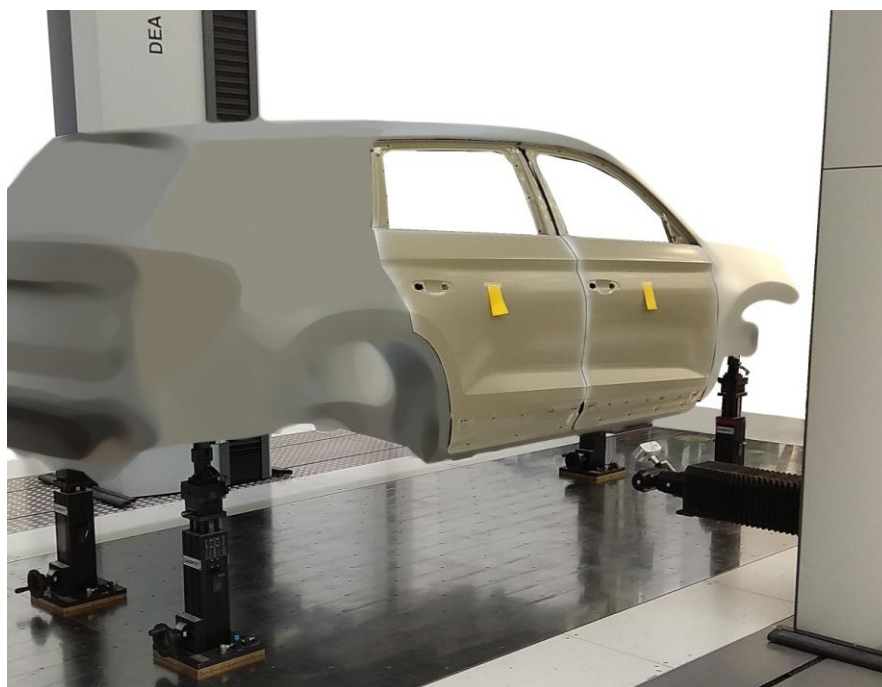


Obrázek 4.18: Transportní nosný rám určený pro manipulaci s karoserií, tzv. skid

Měření dveří před KTL na ustavené okované karoserii na podpěrném a upínacím systému ZEISS CARFIT je zobrazeno na obrázku 4.19. Dveře po KTL na okované karoserii jsou potom na obrázku 4.20.



**Obrázek 4.19: Dveře před KTL na ustavené okované karoserii na podpěrném a upínacím systému ZEISS CARFIT**



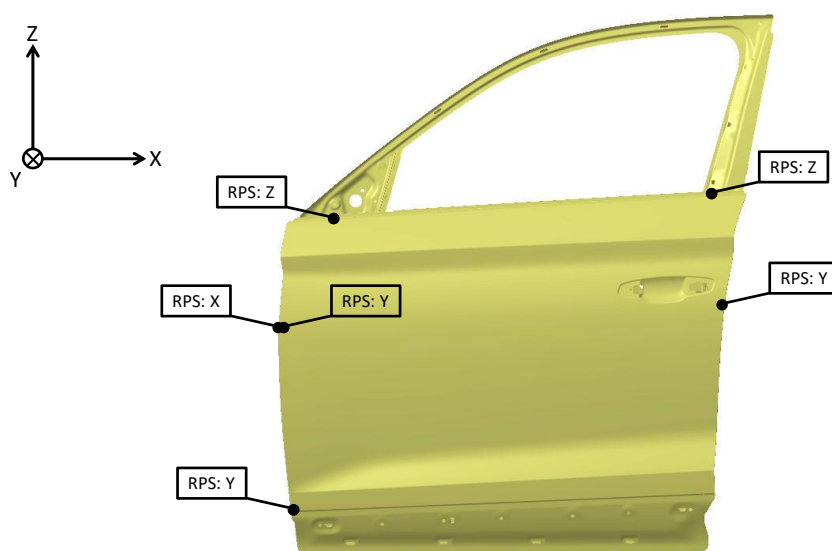
**Obrázek 4.20: Dveře po KTL na ustavené okované karoserii na podpěrném a upínacím systému ZEISS CARFIT**

### 4.3.3 Zpracování změřených dat

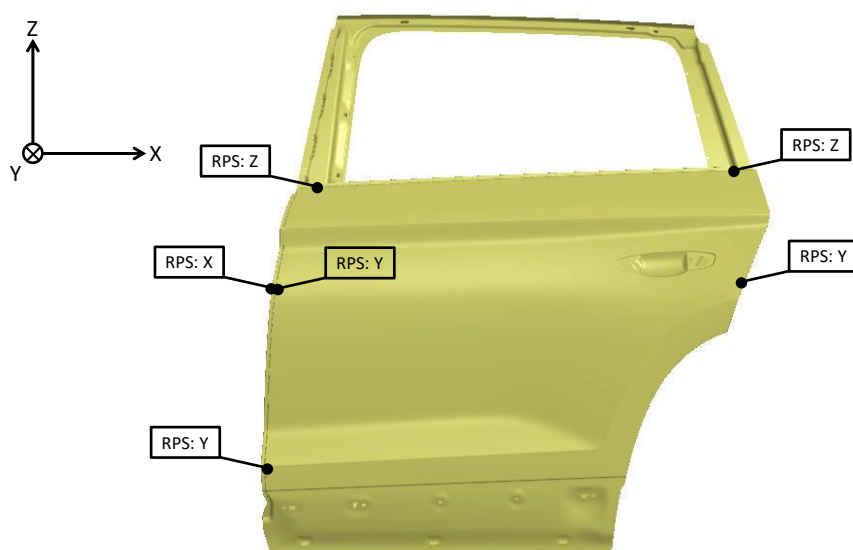
V případě měření v režimu bodového snímání jsou na konci měřicího programu zkontrolovány výsledky měření. Pokud nejsou nalezeny žádné abnormality, jsou do měrového protokolu vyplněny informace, mezi které patří např. označení identifikačního čísla dílu, a protokol je odeslán a uložen do systému řešení problémů (dále SPL), což je databáze společnosti pro práci s měrovými protokoly, zkušebními a dalšími listy.

Během měření v režimu skenování se data ukládají ve formě tzv. mraků bodů a na konci měření jsou data exportována do softwaru Polyworks. Pro následnou úpravu se skeny s tzv. mraky bodů načtou v Polyworksu. Nepotřebné části mraků bodů se pro snadnější a rychlejší práci smažou a zbylé mraky bodů se vyrovnají na CAD data modelu dveří. Následně proběhne kontrola vyrovnání mraků bodů na CAD data modelu, kontrola šumu s případným odmazáním, a zdali vyhodnocované body sedí na mracích bodů. Zde jsem vyžadoval, aby skeny byly vždy vyhodnoceny pouze na RPS dveří, nikoliv na RPS vozu, jak je standardní. Při standardním měření okované karoserie se vyhodnocují dveře na RPS okované karoserie. Výsledkem je součet chyb rozměrnosti dveří a ustavení dveří v karoserii. Při vyhodnocení na RPS dveří se vyhodnocuje pouze rozměrnost a tvar samotných dveří.

Vyrovnání na RPS předních a zadních dveří je zobrazeno na obrázcích 4.21 a 4.22. Na závěr se takto upravené a zpracované skeny uloží do měrového protokolu, označí se identifikačním číslem dílu a nahrají se na stránky TeamWeb měrového střediska do knihovny měrových protokolů.



Obrázek 4.21: Zobrazené vyrovnání na RPS předních dveří



Obrázek 4.22: Zobrazené vyrovnání na RPS zadních dveří

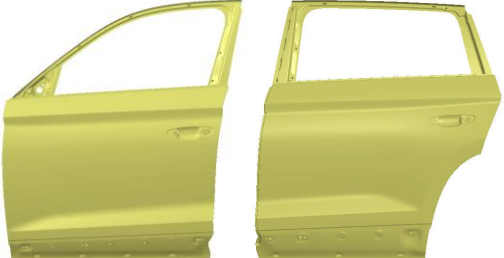
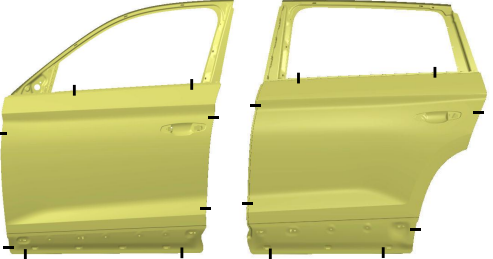
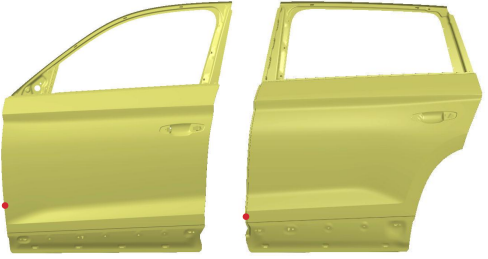
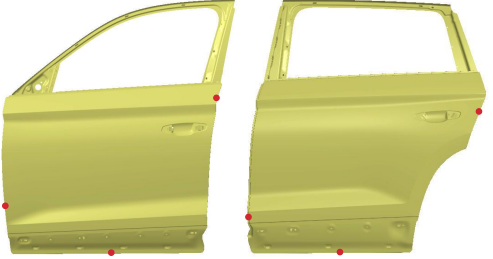
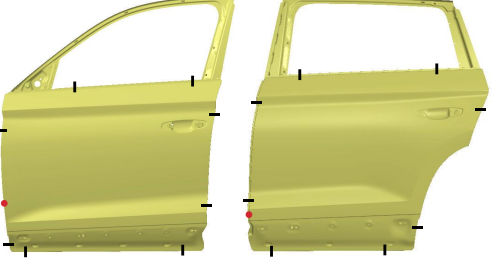
## 4.4 Zkoušky opatření proti změnám tvaru bočních dveří

Pro zmapování změn tvaru bočních dveří byla provedena série zkoušek na dveřích jednoho modelu vozu.

Abych zjistil, jak mění dveře svůj tvar během jednotlivých fází výrobního procesu, kdy jsou dveře pouze zalemovány a dochází v určité míře k vzájemnému pohybu vnitřního a vnějšího plechu dveří, realizoval jsem zkoušku dveří bez opatření, tedy se žádným pojištěním lemu dveří. Následně jsem provedl zvlášť zkoušky dvou technologií pojištění lemu dveří, jejichž kombinace se aktuálně využívá jako opatření proti změně tvaru bočních dveří. Jednou zkouškou bylo využití technologie ražení 8 pojistných prolisů a druhou pojištění pomocí jednoho svarového bodu. Další zkouškou v řadě bylo zmapování aktuálního stavu, kdy se využívá kombinace technologie ražení 8 pojistných prolisů i svařování jednoho svarového bodu. Poslední naplánovanou zkouškou bylo opatření se 3 body pojistných svarů. Přehled provedených zkoušek a počet jejich pojistných opatření je zobrazen v tabulce 5. Přesné pozice těchto opatření jsou zobrazeny u každé zkoušky v následujících podkapitolách a na obrázku 4.23, kde je přehled všech těchto opatření.

Tabulka 5: Přehled provedených zkoušek s počty jednotlivých pojistných opatření

Opatření	Pojistný prolis [ks]	Pojistný svar [ks]
<b>Žádné</b>	0	0
<b>Pojistné prolisy</b>	8	0
Pojistný svar	0	1
<b>Pojistný svar a prolisy</b>	8	1
<b>3 pojistné svary</b>	0	3

Opatření	Svar ● Prolis —
<b>Žádné</b>	
<b>Pojistné prolisy</b>	
<b>1 bod pojistného svaru</b>	
<b>Pojistný svar a prolisy</b>	
<b>3 body pojistných svarů</b>	

Obrázek 4.23: Přehled všech zkuškových opatření a jejich pozic na dveřích

Ve většině zkoušek byla zkoušková opatření s ohledem na finanční a časovou náročnost provedena na 2 sadách dveří, v několika případech na nižším počtu, který je upřesněn dále.

Vzhledem k předpokladu, že výsledky zkoušky dveří bez opatření nebudou dosahovat požadovaného kvalitativního výsledku a zároveň se jedná o již zmíněné velmi finančně a časově náročné zkoušky, byla zkouška provedena pouze na 2 sadách předních dveří (2x levé přední dveře a 2x pravé přední dveře). Při zkoušce pojistných prolisů byla provedena zkouška jedné celé sady všech dveří a vzhledem k výsledku již nebyla prováděna tato zkouška na další sadě dveří. Zbylé zkoušky, mezi které patří zkouška opatření s jedním pojistným svarem, s pojistným svarem a pojistnými prolisy a 3 pojistnými svary, byly provedeny vždy na 2 kompletních sadách bočních dveří. Pro přehlednější představu o provedených zkouškách opatření a počtech dveří, na nichž bylo dané technologické opatření aplikováno je zobrazeno v tabulce 6, kde LP jsou levé přední, PP jsou pravé přední, LZ jsou levé zadní a PZ jsou pravé zadní dveře. Celkem bylo na zkoušky použito 32 dveří. Z toho 24 dveří sloužilo pouze k účelům zkoušek.

**Tabulka 6: Přehled zkoušek a počty zkouškových dveří s aplikovanými opatřeními**

Opatření	Počet zkouškových bočních dveří [ks]			
	LP	PP	LZ	PZ
<b>Žádné</b>	2	2	0	0
<b>Pojistné prolisy</b>	1	1	1	1
Pojistný svar	2	2	2	2
<b>Pojistný svar a prolisy</b>	2	2	2	2
<b>3 pojistné svary</b>	2	2	2	2

#### 4.4.1 Zkouška bez opatření

Tato zkouška byla provedena za účelem zjištění výchozí změny tvaru dveří během jednotlivých fází výrobního procesu bez aplikace jakéhokoliv opatření ve formě pojištění lemu dveří. Během této zkoušky mohlo tedy docházet k vzájemnému pohybu vnitřního a vnějšího plechu dveří. Zde by měl být patrně výrazný rozdíl mezi zvolenými znaky kvality na rámečku a nad linií bočního obložení dveří. Jak již bylo zmíněno, zkouška proběhla pouze u předních dveří, které jsou zobrazeny na následujícím obrázku bez jakéhokoliv opatření.

##### **Přední dveře, opatření: žádné**

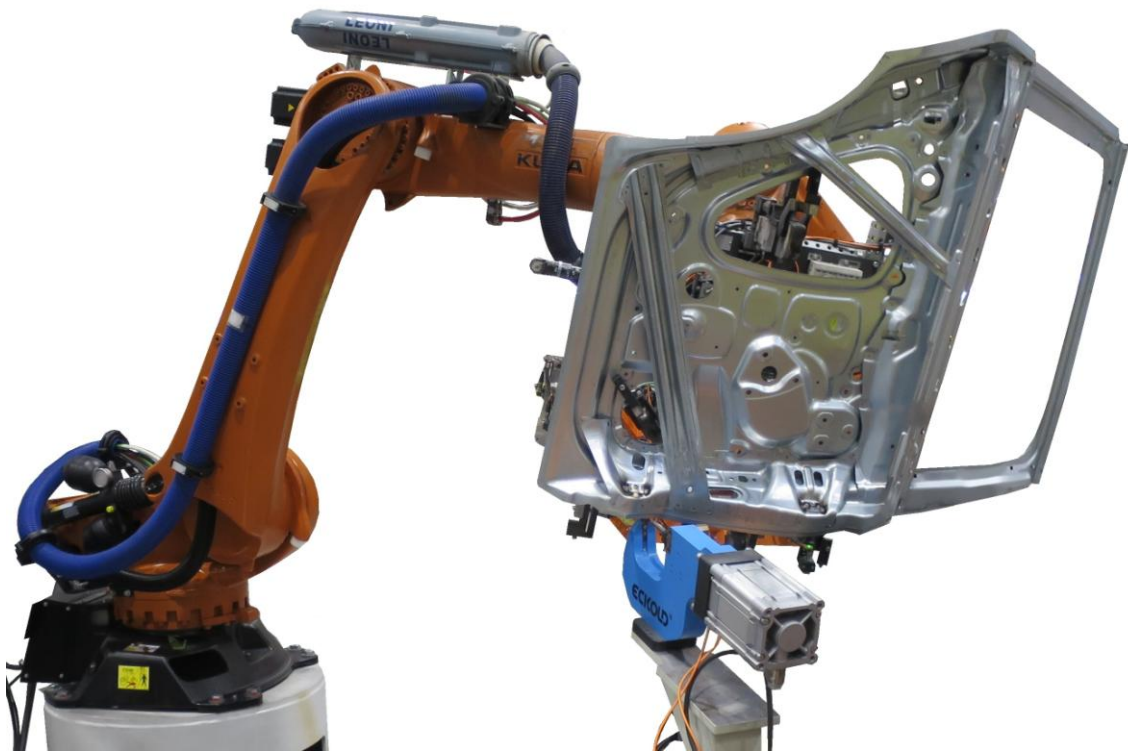


**Obrázek 4.24: Zkouškové přední dveře bez opatření**



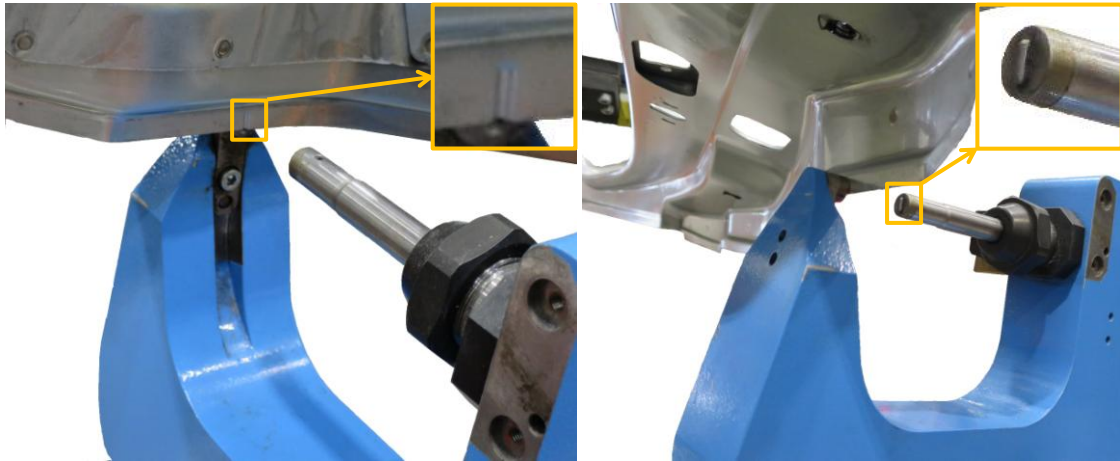
#### 4.4.2 Zkouška opatření s pojistnými prolisy

Zkoušku s pojistnými prolisy jsem provedl z důvodu využití pouze jedné technologie a zjištění jejího vlivu na změnu tvaru dveří. Účelem tohoto opatření je tvarový spoj mezi vnitřním a vnějším plechem dveří při zalemování, aby došlo ke snížení vzájemného pohybu těchto plechů před vytvrzením lepidel po KTL. Zároveň nedojde k narušení vnějšího pohledového plechu, kterým je vnější plech dveří. Na obrázku 4.25 je zobrazeno robotické pracoviště s ražením pojistných prolisů v automatizované buňce.

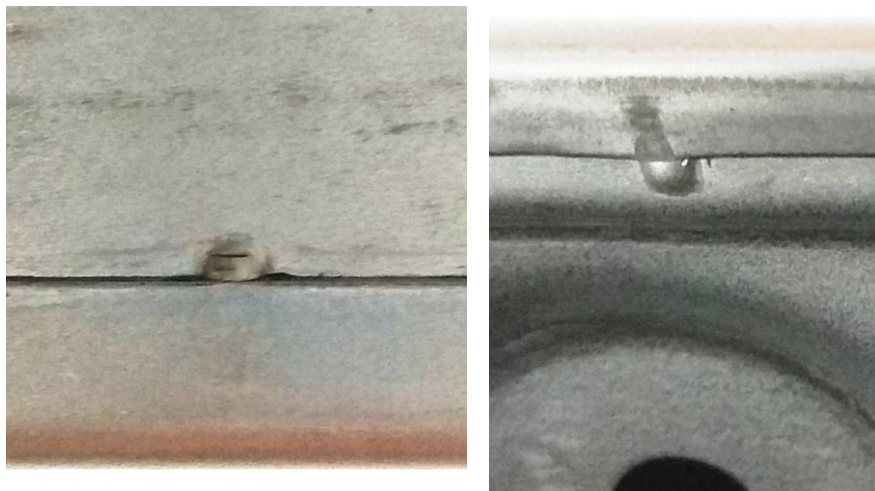


Obrázek 4.25: Robotické pracoviště s ražením pojistných prolisů v automatizované buňce

K ražení dochází na vnitřním plechu dveří, což je detailněji zobrazeno na obrázku 4.26. Z obrázku je patrné, že výstupek prolisu vznikne na vnitřní straně tohoto plechu. Pojistné prolisy po zalemování vnějším plechem dveří jsou zobrazeny na obrázku 4.27. K ražení těchto prolisů dochází po obvodu dílu. Pozice všech prolisů jsou pro snadnější orientaci zobrazeny na obrázku 4.28. Toto opatření je časově velmi náročné, protože robot se musí napolohovat na všech 8 pozic a zároveň se musí aplikovat ražení 8 prolisů.

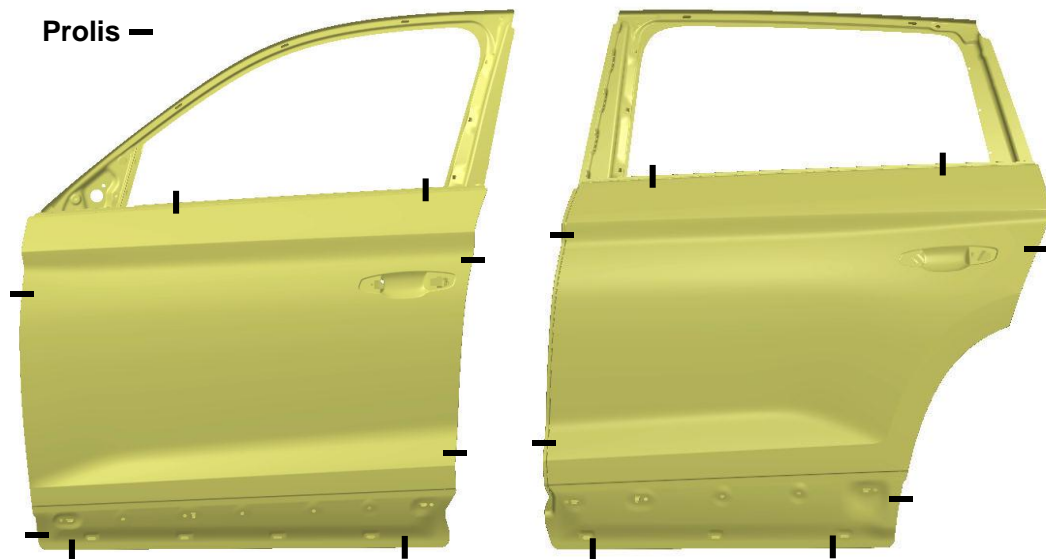


Obrázek 4.26: Detail ražení pojistných prolisů na vnitřní plech dveří, pohledy z obou stran



Obrázek 4.27: Vlevo je pojistný prolis po zalemování v oblasti obložení a vpravo v oblasti šachty dveří

### Přední a zadní dveře, opatření: pojistné prolisy

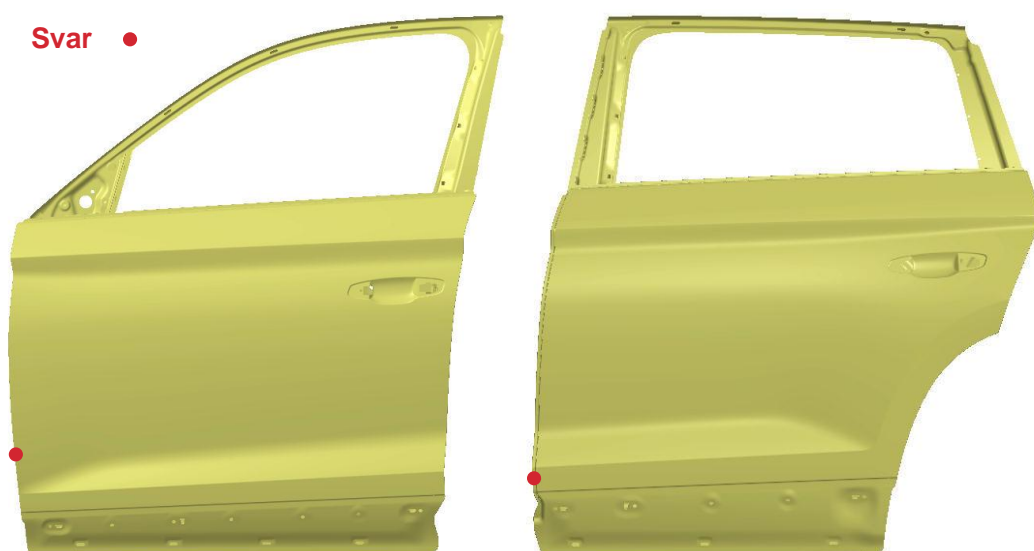


Obrázek 4.28: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením pojistných prolisů

### 4.4.3 Zkouška opatření s pojistným svarem

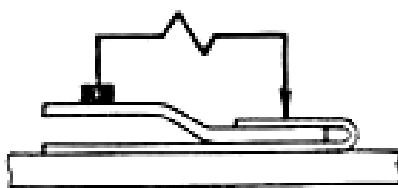
Další zkouškou využívající pouze jedné technologie bylo opatření s jedním bodem pojistného svaru. Účelem tohoto opatření je opět zabránit pohybu mezi vnitřním a vnějším plechem dveří, ale tentokrát trvalým a nerozebíratelným spojením s využitím technologie klasického odporového svařování. Bodový svar se nacházel u předních i zadních dveří na straně závěsů, poloha tohoto svaru na obou dveřích je zobrazena na obrázku 4.29.

#### Přední a zadní dveře, opatření: 1 bod pojistného svaru



Obrázek 4.29: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením 1 bodu pojistného svaru

Aby ani zde nebyla narušena pohledová strana vnějšího plechu dveří, bylo využito zařízení VarioPicker pro vytvoření jednostranného bodového svaru, po kterém nebude na vnější straně dveří viditelné místo svařování. Princip tohoto svařování spočívá v nepřímém bodovém svařování s bočním proudem. Svary se vyrábí tak, že elektrody jsou umístěny v různých osách z jedné strany svařovaných dílů. Jedna elektroda je svařovací a druhá plní funkci uzemnění. V praxi to vypadá tak, že svařovací elektroda přijde do kontaktu s vypodloženým vnějším plechem dveří v místě lemu a zemnicí elektroda přijde do kontaktu s vnitřním plechem dveří. Takové schéma je zobrazeno na obrázku 4.30. [41]



Obrázek 4.30: Schéma nepřímého bodového svařování s bočním proudem [41]

V porovnání s částečnou želatinací, která byla dříve využívána, zde nedojde k ohřevu dílu, kdy docházelo k tepelné deformaci součásti v případě, když nebyla součást ustavena v přípravku, který by deformaci zabránil. Zařízení VarioPicker je zobrazeno na obrázku 4.31. Oproti předchozímu opatření s pojistnými prolisy je toto opatření mnohem rychlejší, protože se robot napoložuje pouze na jednu pozici, kde proběhne svaření. Výsledné svary jsou potom zobrazeny na obrázku 4.32. [42]



Obrázek 4.31: Zařízení VarioPicker [42]

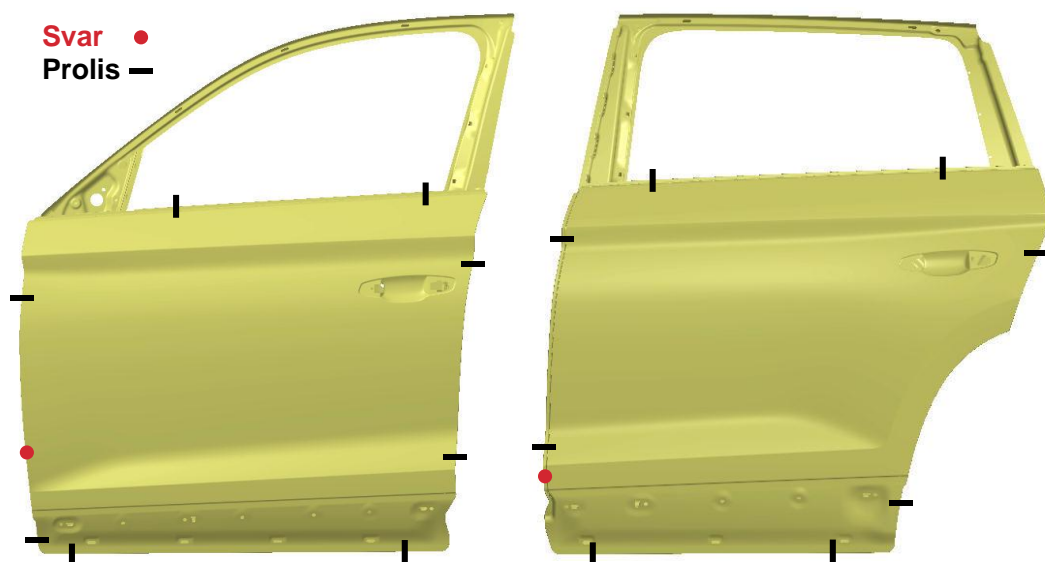


Obrázek 4.32: Vlevo je bod pojistného svaru na předních a vpravo na zadních dveřích

#### 4.4.4 Zkouška opatření s pojistným svarem a prolisy

Tato zkouška byla zároveň zmapováním aktuálního stavu sériového pojištění lemu dveří u zkušebního modelu vozu. Při této zkoušce byly využity technologie popsané u předcházejících dvou zkoušek a zároveň je tato zkouška kombinací předchozích zkoušek, protože se shodují i pozice pojistných opatření. Pozice svaru i prolisů je zobrazena na obrázku 4.33. K zabránění vzájemného pohybu mezi vnitřním a vnějším plechem dveří zde dochází nerozebíratelným svarovým spojením i tvarovým spojením mezi vnitřním a vnějším plechem dveří po zalemování díky vyraženým prolisům na 8 pozicích.

##### Přední a zadní dveře, opatření: pojistný svar + prolisy



Obrázek 4.33: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením pojistného svaru a prolisů

Toto opatření je časově nejnáročnější, protože robot se musí napolohovat celkem na 9 pozic určených pro ražení pojistných prolisů i svaření svarového jednostranného bodu. Zároveň se u tohoto opatření z důvodu využití pojistných prolisů vyskytují případy, kdy v oblasti těchto prolisů se po vytvrzení, které proběhne po KTL v lakovně, vytlačí lepidlo předem nanesené ve svařovně, viz obrázek 4.34.



**Obrázek 4.34: Vytlačené lepidlo v oblasti lemu s pojistným prolisem**

Tento problém se samozřejmě týkal i předchozí zkoušky opatření s pojistnými prolisy. V těchto lemových oblastech (spojení vnějšího a vnitřního plechu dveří), jejichž součástí jsou i pojistné prolisy, se po KTL aplikuje těsnění lemu. Aplikace housenky těsnicího tmelu z PVC probíhá v celé délce na obvodové lemy pomocí spárovací pistole, zobrazeno na obrázku 4.35. Zde je důležitou podmínkou, aby došlo k dokonalému překrytí lemu. Nanášená housenka těsnicího tmelu musí být nanášena bez přerušování a nesmí být zvlňená. V případě nedostatečného překrytí, přerušování návaznosti nebo zvlňení housenky je nutné setřít těsnicí tmel po celé této délce, začistit oblast lemu a nanést novou housenku těsnicího tmelu. V případě nedostatečného času na nápravu je nutné nechat dveře s celou karoserií vyřadit mimo výrobní linku a opravu provést později.

Pokud je v místě pojistného prolisu vytlačené lepidlo po vytvrzení, tak dojde k chybnému nanesení housenky a je nutná náprava, jak bylo popsáno výše. Tím vzniká vyšší pracnost a zároveň nevhodné využití materiálu.



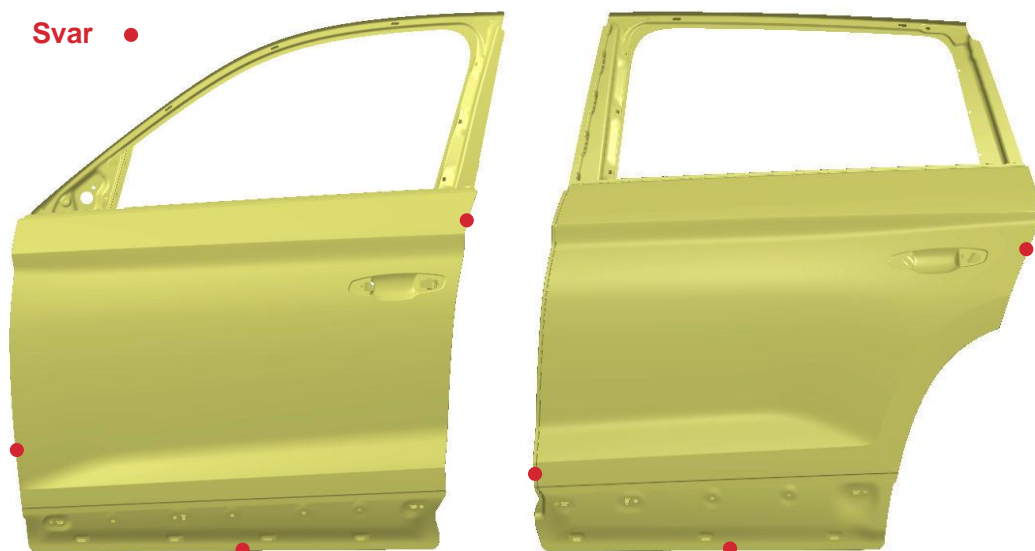
Obrázek 4.35: Vlevo aplikace těsnicího tmelu a vpravo správně aplikovaná housenka

#### 4.4.5 Zkouška opatření se 3 pojistnými svary

Poslední zkouškou, která by se kvalitativně měla podobat předchozí zkoušce s opatřením pojistného svaru a pojistnými prolisy je zkouška opatření se 3 pojistnými svary.

K zabránění vzájemného pohybu mezi vnitřním a vnějším plechem dveří zde dochází nerozebíratelným spojením ze 3 svarových bodů, jejichž pozice jsou zobrazeny na obrázku 4.36.

### Přední a zadní dveře, opatření: 3 body pojistných svarů

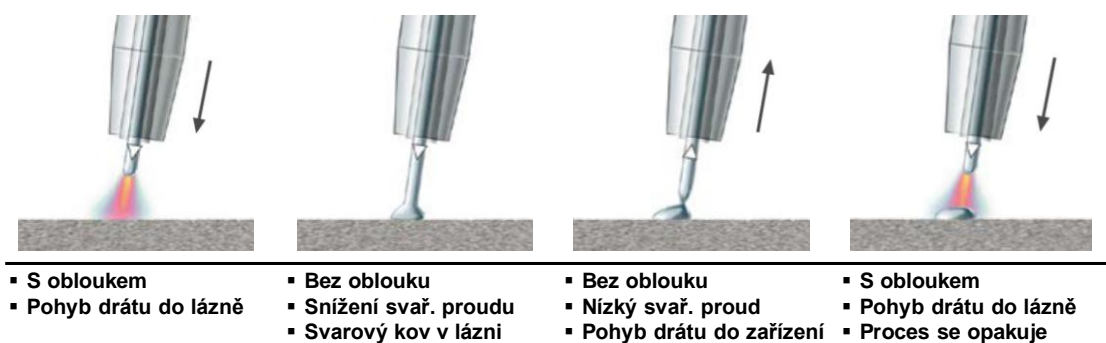


Obrázek 4.36: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením 3 bodů pojistných svarů

V případě jednostranného bodového svaru v pozici na straně dveří se závěsy, na obrázku vlevo, se jedná o svary zhotovené technologií odporového svařování na zařízení VarioPicker, stejně jako u předchozích zkoušek. Zbylé dva body svarů u předních i zadních dveří byly pro účel zkoušky vytvořeny náhradní technologií, ručně metodou svařování CMT (Cold Metal Transfer).

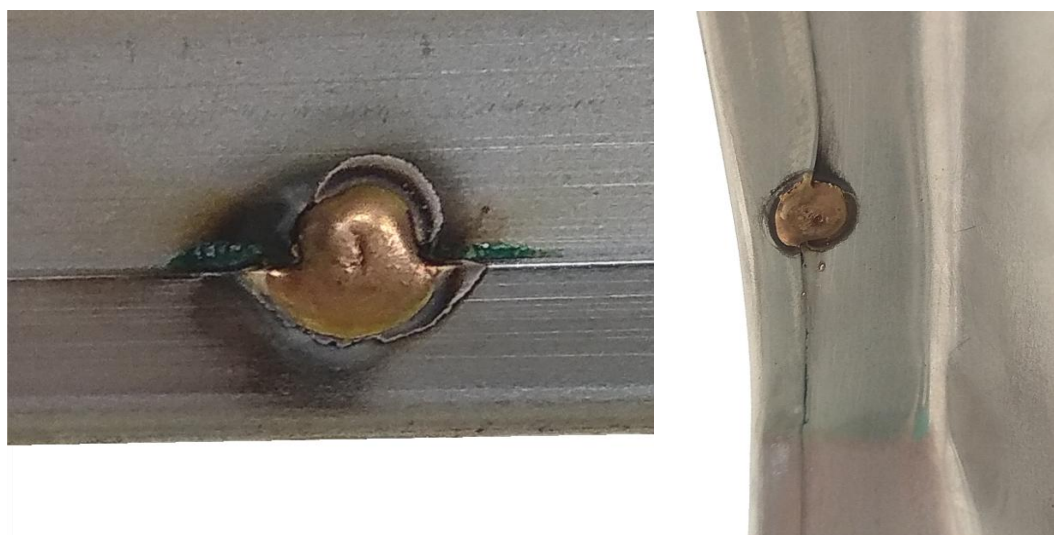
Při porovnání s konvenčními technologiemi MIG nebo MAG dochází u jejich modifikované technologie, kterou je CMT, k méně vnesenému teplu do okolí svarového spoje. Tedy k nižšímu teplotnímu zatížení dílu. Rozdílem oproti konvenčním technologiím je to, že proces je digitálně řízen zařízením. Jakmile zařízení detekuje zkrat, pomáhá oddělit odtavující se kapičku zasunutím svarového drátu směrem do zařízení. K tomuto zasunutí dojde až 130x za sekundu a dochází také k poklesu svařovacího proudu. Zároveň během standardního pohybu svařovacího drátu směrem dopředu, kdy dochází k tomuto automatickému zasunutí svařovacího drátu zařízením, samotný svařovací oblouk méně ovlivní svarové místo. Mezi další výhody oproti konvenčnímu svařování patří např. přenos svarového kovu se zanedbatelným rozstříkem, stabilní oblouk a vyšší rychlost svařování. Svařovací proces CMT je zobrazen na obrázku 4.37. [43][44]





Obrázek 4.37: Svařovací proces technologií CMT [43]

Zkouškové svarové body vytvořené ručně metodou CMT jsou zobrazeny na obrázku 4.38.



Obrázek 4.38: Vlevo je CMT bod na dolní hraně obložení a vpravo nad zámek předních dveří

V případě zavedení této zkoušky v sériové výrobě by byly všechny 3 bodové svary zhotoveny stejnou metodou svařování na zařízení VarioPicker. Toto by znamenalo, oproti předchozí zkoušce a zároveň i aktuálnímu stavu sériového pojištění lemu dveří, zjednodušení z důvodu použití pouze jedné technologie a zároveň i jednoho stroje pro pojišťování. V aktuální sérii jsou totiž používány dvě technologie (ražení i svařování), potažmo dva různé stroje. Další výhodou oproti předchozímu opatření s pojistným svarem a prolisy by byla úspora času, protože robotu se stačí napolohovat pouze na 3 pozice pro svařování místo 9 pozic určených pro ražení pojistných prolisů i svaření jednoho jednostranného svarového bodu.

## 4.5 Zpracování získaných hodnot

Zpracování získaných hodnot jsem provedl v několika následujících etapách.

Měrový protokol každých zkouškových dveří jsem dohledal pomocí výrobního identifikačního čísla. V případě měření kontaktní sondou v režimu bodového snímání jsem zkouškové dveře vyhledal v databázi SPL a v případě měření bezkontaktní sondou v režimu skenování na TeamWebu. V těchto protokolech jsem si našel naměřené hodnoty zvolených znaků kvality a pro každé zkouškové dveře je zapsal do předem připravených tabulek v programu MS Excel. Tabulka určená pro změřené znaky kvality levých předních dveří je zobrazena na obrázku 4.39. Tabulky jsem si připravil i pro levé zadní dveře a pravé přední i zadní dveře.

LP dveře										
Fáze výrobního procesu	Opatření Označení vzorku	Žádné		Prolisy	Svar: 1 bod		Svar+ Prolisy		Svary: 3 body	
		Žádné 1	Žádné 2		Svar 1b 1	Svar 1b 2	Svar+Prolis 1	Svar+Prolis 2	Svar 3b 1	Svar 3b 2
Svařené	Změřeno na rámečku [mm]	0,75	0,90	0,08	0,67	0,52	0,41	-0,23	0,45	0,23
	Změřeno nad obložení [mm]	-0,60	-0,68	-0,02	-0,40	-0,23	-0,35	-0,08	-0,38	-0,15
	Δ rámečku a obložení [mm]	1,35	1,58	0,10	1,07	0,75	0,76	0,15	0,83	0,38
	Počátek na rámečku [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Počátek nad obložení [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Δ přetočení [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Okované	Změřeno na rámečku [mm]	2,00	1,72	0,77	0,62	0,77	0,33	-0,37	0,32	0,17
	Změřeno nad obložení [mm]	-1,49	-1,18	-0,44	-0,34	-0,52	-0,14	0,05	-0,15	-0,13
	Δ rámečku a obložení [mm]	3,49	2,90	1,21	0,96	1,29	0,47	0,42	0,47	0,30
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	1,25	0,82	0,70	-0,05	0,26	-0,08	-0,14	-0,13	-0,06
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-0,89	-0,50	-0,42	0,06	-0,29	0,20	0,13	0,23	0,02
	Δ přetočení [mm]	2,14	1,32	1,12	0,11	0,54	0,28	0,27	0,35	0,08
Okované po KTL	Změřeno na rámečku [mm]	2,34	2,23	1,77	0,52	0,56	0,44	-0,38	0,45	0,22
	Změřeno nad obložení [mm]	-1,67	-1,50	-1,35	-0,38	-0,45	-0,31	0,02	-0,26	-0,20
	Δ rámečku a obložení [mm]	4,01	3,73	3,12	0,90	1,01	0,75	0,40	0,71	0,42
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	1,59	1,33	1,70	-0,15	0,04	0,04	-0,16	0,00	-0,01
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-1,07	-0,83	-1,34	0,02	-0,22	0,04	0,09	0,12	-0,05
	Δ přetočení [mm]	2,66	2,15	3,03	0,17	0,26	0,00	0,25	0,12	0,04

Obrázek 4.39: Tabulka určená pro změřené znaky kvality a vypočítané hodnoty pro analýzy

Jak je patrné ze zobrazené tabulky, rozdělil jsem ji na 3 části odpovídající 3 fázím výrobního procesu dveří, po kterém probíhala jednotlivá měření, jak již bylo popsáno, jedná se o fázi svařených dveří, dveří na okované karoserii a na okované karoserii po KTL. Dále jsem tabulku rozdělil na sloupce dle jednotlivých opatření s označením vzorku dveří. Neupravená tabulka navíc obsahovala i označení dveří dle výrobního identifikačního čísla. I když ve většině případů došlo během zkoušky určitého opatření k měření dvou sad dveří, ze žádných hodnot jsem nevypočítával průměry. Především z důvodu, abych dokázal analyzovat trend každých dveří samostatně, protože jsem předpokládal,

že by nemuselo vždy dojít k totožnému trendu u dvou sad dveří s totožným opatřením. Tím by mohlo dojít k výslednému zkreslení výsledků.

V každé fázi byly vždy z měrových protokolů doplněny vybrané znaky kvality, tedy změřené hodnoty na rámečku (změřeno na rámečku) a nad linií bočního obložení dveří (změřeno nad obložení). Z těchto dvou hodnot jsem vždy vypočítal absolutní hodnotu rozdílu ( $\Delta$  rámeček a obložení). U fáze výrobního procesu jsem vždy pro následnou analýzu tyto hodnoty považoval za počáteční a pro grafické zobrazení jako nulové. V tabulce se jedná o řádky, které jsou součástí fáze výrobního procesu svařených dveří, nazvané jako počátek na rámečku, počátek nad obložení a  $\Delta$  přetočení. U následujících fází dveří na okované karoserii a na okované karoserii po KTL jsem počátek na rámečku u svařených dveří nahradil rozdílem vůči rámečku na svařených dveřích ( $\Delta$  vůči svař. rámečku) a počátek nad obložení jsem nahradil rozdílem vůči obložení na svařených dveřích ( $\Delta$  vůči svař. obložení). V obou případech se vždy jedná o rozdíl změřené hodnoty daného znaku kvality určité fáze výrobního procesu vůči změřené hodnotě odpovídajícího znaku kvality z fáze výrobního procesu svařených dveří. Oproti fázi výrobního procesu svařených dveří se tedy jedná o určitou odchylku v průběhu výrobního procesu při následujících fázích.  $\Delta$  přetočení u fáze dveří na okované karoserii před i po KTL je absolutní hodnota rozdílu rámečku a obložení ( $\Delta$  rámeček a obložení) vůči rozdílu rámečku a obložení ( $\Delta$  rámeček a obložení) fáze výrobního procesu svařených dveří.

Tyto vypočítané hodnoty v tabulce, mezi které patří:

- $\Delta$  rámeček a obložení,
- $\Delta$  vůči svař. rámečku,
- $\Delta$  vůči svař. obložení,
- $\Delta$  přetočení,

jsem vypočítal pomocí následujících vzorců.

Výpočet absolutní hodnoty rozdílu rámečku a obložení dveří:

$$\begin{aligned}\Delta \text{ rámeček a obložení}_{S,O,K} &= \\ &= \left| \text{změřeno na rámečku}_{S,O,K} - \text{změřeno nad obložení}_{S,O,K} \right|\end{aligned}\quad (4.1)$$

Výpočet hodnoty rozdílu daného rámečku vůči rámečku na svařených dveřích:

$$\begin{aligned}\Delta \text{ vůči svař. rámečku}_{O,K} &= \\ &= \text{změřeno na rámečku}_{O,K} - \text{změřeno na rámečku}_S\end{aligned}\quad (4.2)$$

Výpočet hodnoty rozdílu daného obložení vůči obložení na svařených dveřích:

$$\begin{aligned}\Delta \text{ vůči svař. obložení}_{O,K} &= \\ &= \text{změřeno nad obložení}_{O,K} - \text{změřeno nad obložení}_S\end{aligned}\quad (4.3)$$

Výpočet absolutní hodnoty přetočení dveří:

$$\Delta \text{ přetočení}_{O,K} = \left| \Delta \text{ rámeček a obložení}_S - \Delta \text{ rámeček a obložení}_{O,K} \right| \quad (4.4)$$

Kde dolní indexy S, O a K představují jednotlivé fáze výrobního procesu dveří:

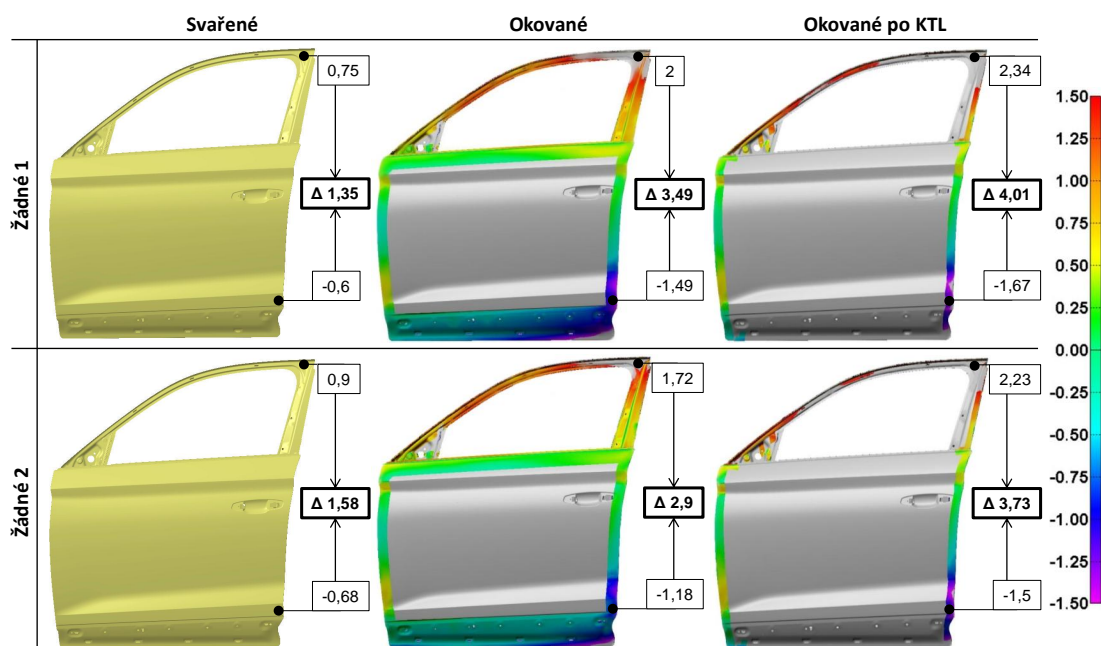
S je fáze výrobního procesu svařených dveří,

O je fáze výrobního procesu dveří na okované karoserii,

K je fáze výrobního procesu dveří na okované karoserii po KTL.

Pouze změřené hodnoty znaku kvality na rámečku a nad obložení dveří, kterými jsou hodnoty označené v tabulce jako změřeno na rámečku a změřeno nad obložení a vypočítané absolutní hodnoty  $\Delta$  rámečku a obložení, jsem pro lepší přehlednost vynesl přímo na skeny nebo popř. na obrázek modelu dveří

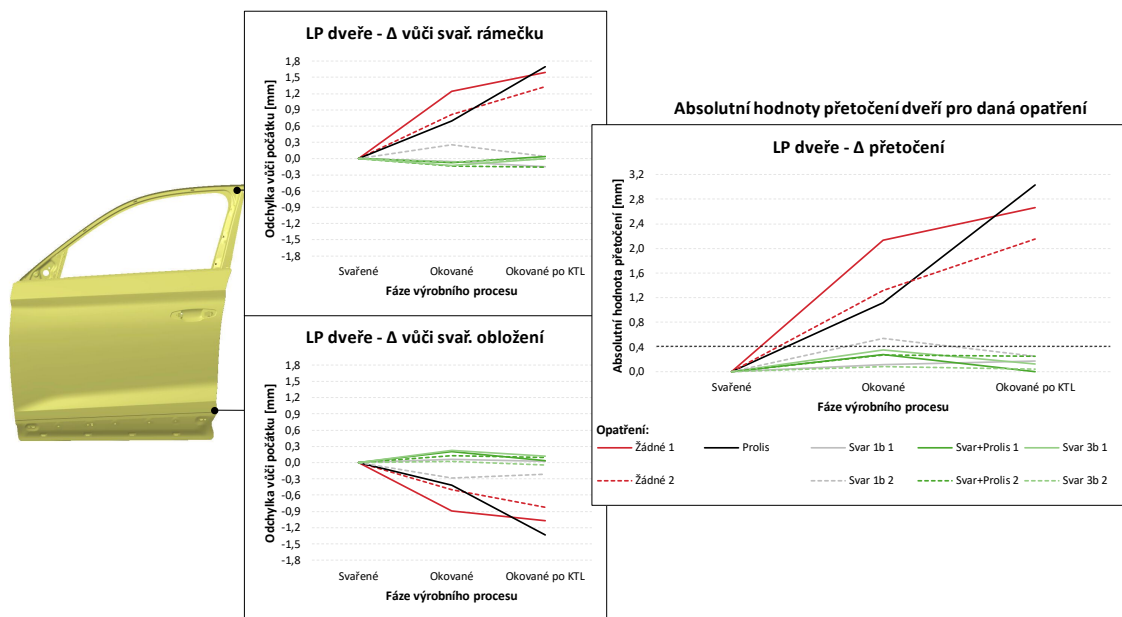
v případě měření bodovým snímáním. Takovéto názorné grafické rozvržení podkladu (dále layout) určeného pro analýzu zkoušky bez opatření je zobrazen na obrázku 4.40. V levé části layoutu je popsáno o jaké zkouškové dveře a tedy i zkoušku se jedná. Nahoře je potom napsáno, které fázi výrobního procesu odpovídají naměřené hodnoty a vpravo je potom barevná škála v rozsahu od 1,5 mm do -1,5 mm, která odpovídá barevnému zbarvení skenů. Všechny hodnoty na layoutu jsou vždy v milimetrech.



Obrázek 4.40: Názorný layout určený pro analýzu zkoušek opatření v milimetrech

Zbylé vypočítané hodnoty jako  $\Delta$  vůči svař. rámečku,  $\Delta$  vůči svař. obložení a  $\Delta$  přetočení, které jsou v tabulce zvýrazněny tučně, jsem pro analýzu vynesl do spojnicového grafu se značkami. Díky tomuto grafickému zpracování jsem mohl v průběhu analýzy sledovat trendy jednotlivých zkoušek v průběhu celého výrobního procesu. Pro zjednodušené porovnání napříč jednotlivými levými a pravými předními i zadními dveřmi jsem pro všechny grafy zvolil stejný rozsah svislých os. Pro rozdíl vůči svařnému rámečku a vůči svařnému obložení jsem zvolil rozsah od 1,8 mm do -1,8 mm. Pro absolutní hodnotu rozdílu přetočení dveří jsem zvolil rozsah svislé osy do 3,2 mm. Tyto rozsahy svislých os jsem vždy volil podle zkouškových dveří, u nichž bylo dosaženo nejvyšší hodnoty. Na vodorovné

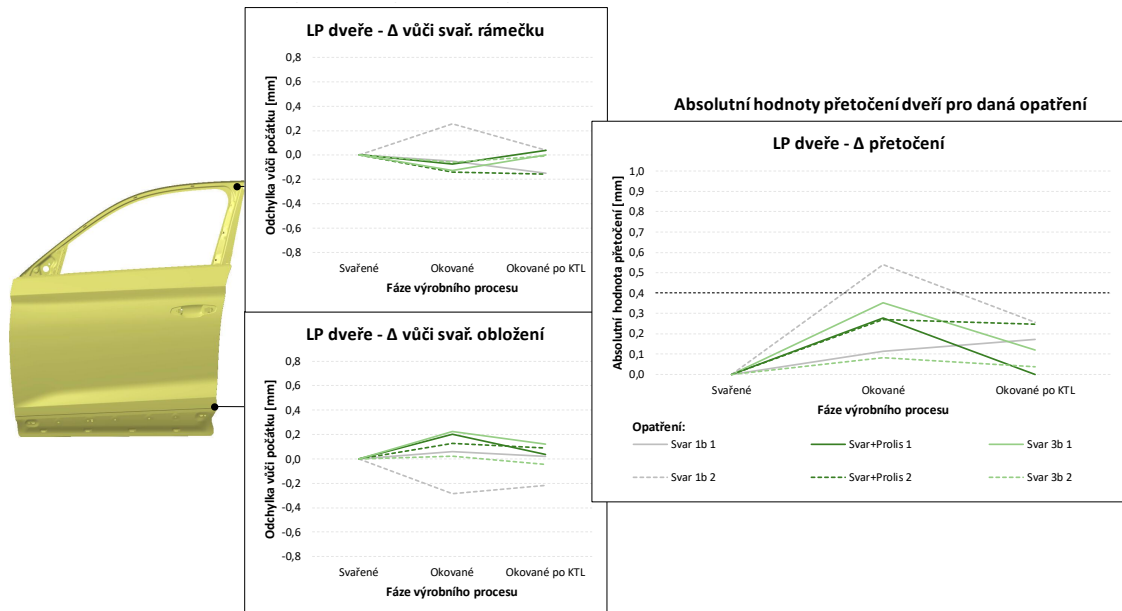
ose jsem označil jednotlivé fáze výrobního procesu dveří a spojnice představují zkouškové dveře. Zkouškové dveře se stejným opatřením byly zbarveny stejnou barvou pro zjednodušení při porovnávání, pouze styl čáry spojnice byl souvislý nebo přerušovaný. K layoutu s grafy, který je zobrazen na obrázku 4.41, jsem přiložil pro jednodušší orientaci i obrázek konkrétních dveří s vyznačenými pozorovanými znaky kvality. V grafu s absolutními hodnotami přetočení dveří ( $\Delta$  přetočení) je tučně zvýrazněna čárkovaná vodorovná čára mřížky, která odpovídá hodnotě na svislé ose 0,4 mm. Tato hodnota je zvolenou kvalitativní mezí, pod kterou by se měly optimálně pohybovat výsledné absolutní hodnoty jednotlivých rozdílů přetočení dveří. Překročení této meze bude tolerováno pouze ve zdůvodněných případech.



Obrázek 4.41: Názorný layout s grafy určenými pro analýzy opatření

Z důvodu velikého rozsahu předchozích grafů jsem pro detailnější zobrazení grafů pro výslednou analýzu opatření s pojistným svarem, s pojistným svarem a pojistnými prolisy a pro opatření se 3 pojistnými svary zvolil nižší rozsah. Pro rozdíl vůči svařnému rámečku a vůči svařnému obložení jsem zvolil rozsah od 0,8 mm do -0,8 mm. Pro absolutní hodnotu rozdílu přetočení dveří jsem zvolil rozsah svislé osy do 1 mm. Tyto rozsahy svislých os jsem opět volil

dle zkuškových dveří, u nichž bylo dosaženo nejvyšší hodnoty. Detailnější layout s grafy je zobrazen na obrázku 4.42.



Obrázek 4.42: Názorný detailní layout s grafy určenými pro výslednou analýzu opatření

Pro vyhodnocení analýz všech dveří jsem vytvořil tabulky s absolutními hodnotami přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím z důvodu porovnání jednotlivých opatření, která byla předmětem zkoušek. Pro lepší přehlednost jsem výsledné hodnoty označil barevně:

- Úroveň meze  $\leq 0,44$  mm,
- Mírný přesah meze  $\leq 0,54$  mm,
- Přesah meze  $> 0,55$  mm.

## 4.6 Analýzy zpracovaných hodnot

Detailní postupné analýzy všech opatření jsem názorně a samostatně provedl pro levé přední dveře (označeno jako LP dveře) v následujících podkapitolách. S přibývajícími opatřeními budu do spojnicového grafu se značkami postupně přidávat jednotlivé zkouškové dveře odpovídající danému opatření.

Pro zbylé pravé přední dveře (PP dveře), levé zadní dveře (LZ dveře) a pravé zadní dveře (PZ dveře) jsem provedl zjednodušené analýzy s příloženými layouty v přílohách.

### 4.6.1 LP dveře - analýza bez opatření

Zkouška bez opatření sloužila pouze k zjištění změny tvaru dveří bez jakéhokoliv vlivu pojištění lemu. U prvních zkušebních dveří označených jako Žádné 1 byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota 0,75 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 2 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 2,34 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 1,25 mm a po KTL k přesahu 1,59 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,6 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -1,49 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -1,67 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k tzv. utopení o -0,89 mm a po KTL k utopení o -1,07 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 1,35 mm, u dveří na okované karoserii 3,49 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 4,01 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči



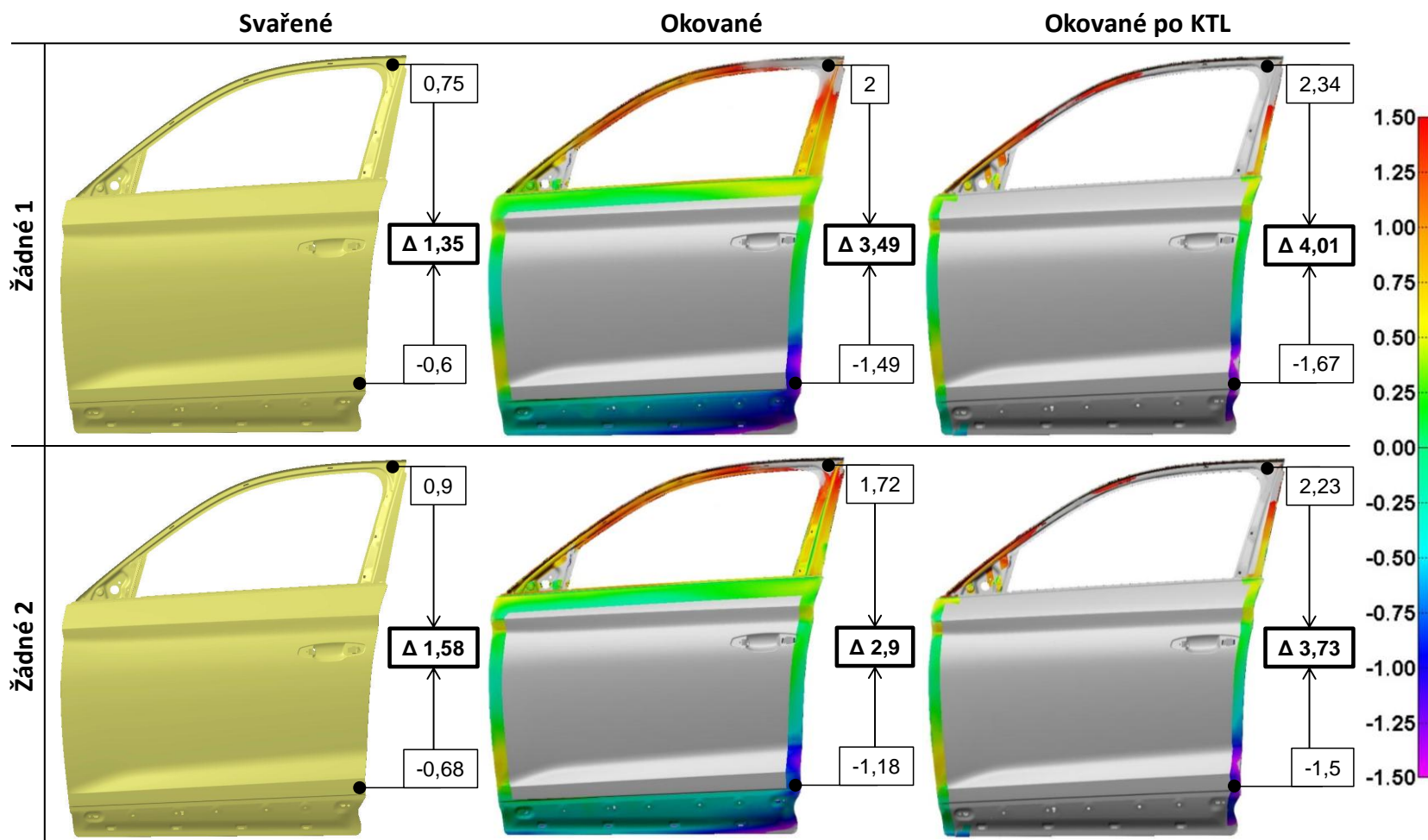
svařeným dveřím je 2,14 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 2,66 mm.

U druhých zkušebních dveří označených jako Žádné 2 byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota 0,9 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 1,72 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 2,23 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 0,82 mm a po KTL opět k přesahu 1,33 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,68 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -1,18 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -1,5 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k utopení o -0,5 mm a po KTL k utopení o -0,83 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 1,58 mm, u dveří na okované karoserii 2,9 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 3,73 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 1,32 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím je 2,15 mm.

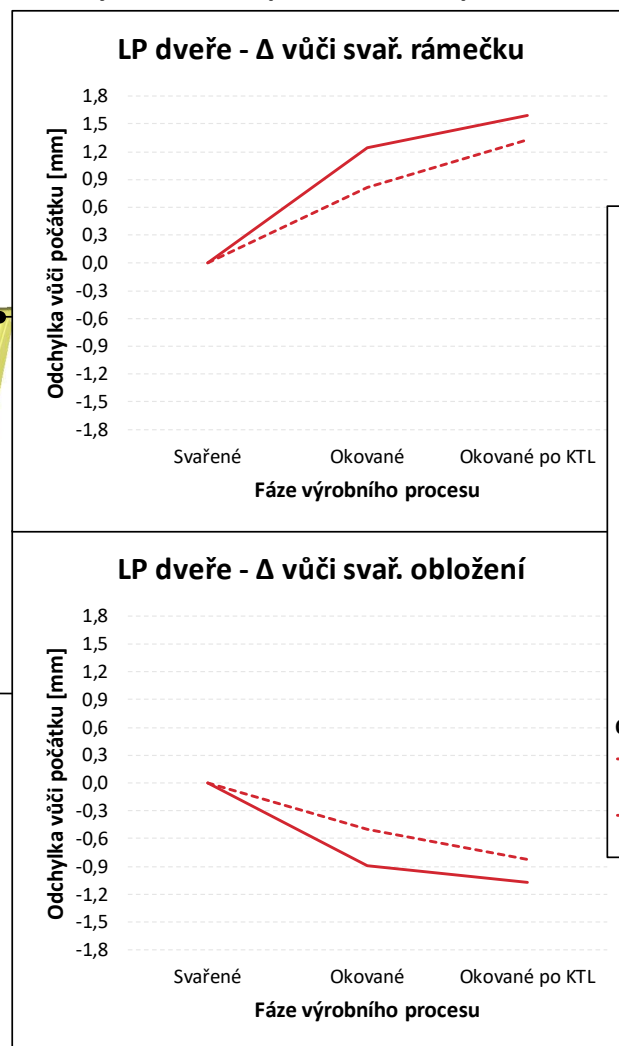
Z grafického zobrazení je potom pro zjednodušenou představu vidět, že na rámečku obou zkušebních dveří v průběhu výrobního procesu dochází ke zvyšujícímu se přesahu až na přibližnou hodnotu 1,6 mm. Takový jev lze označit jako rostoucí trend přesahu. Úplným opakem je průběh v oblasti nad linií obložení obou dveří. Zde dochází ke zvyšujícímu se utopení až k hodnotě -1,1 mm oproti původně svařeným dveřím, tedy ke klesajícímu trendu. Takto výrazně odlišné trendy se projeví ve výsledném rozdílu přetočení obou dveří, kde je rostoucí trend dosahující přibližně hodnoty až 2,7 mm.

Tímto došlo k poznání a prokázání změny tvaru dveří bez pojištění lemu v průběhu procesu. Některé hodnoty lze vyčíst z obrázku 4.43. Tyto i zbylé přesné hodnoty obsažené v grafech na obrázku 4.44 jsou součástí tabulky v příloze 1.

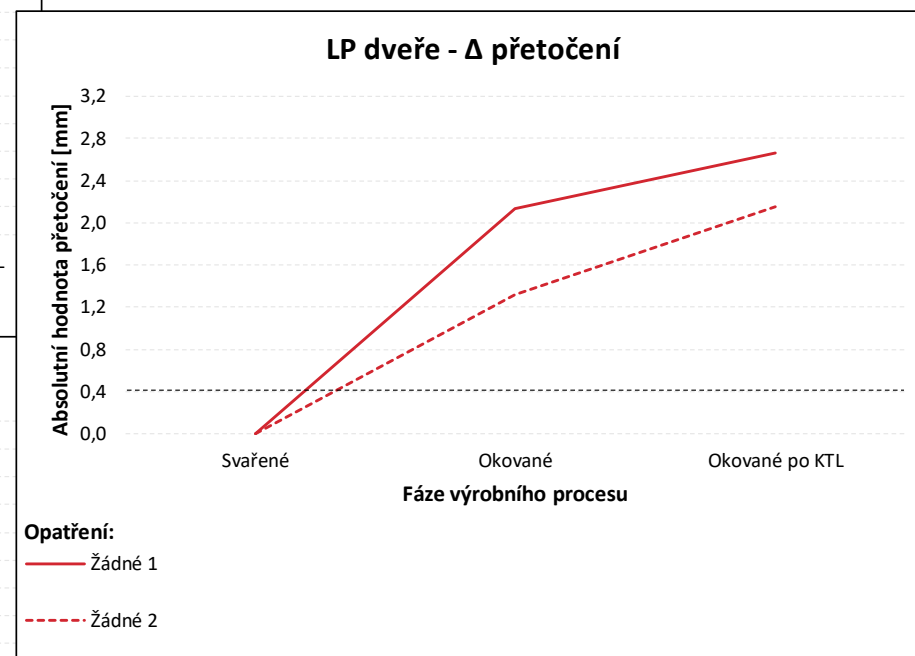
## Levé přední dveře, opatření: žádné



Obrázek 4.43: Výsledek zkoušky bez opatření u levých předních dveří v milimetrech



Absolutní hodnoty přetočení dveří pro daná opatření



Obrázek 4.44: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro žádné opatření u levých předních dveří

## 4.6.2 LP dveře - analýza opatření s pojistnými prolisy

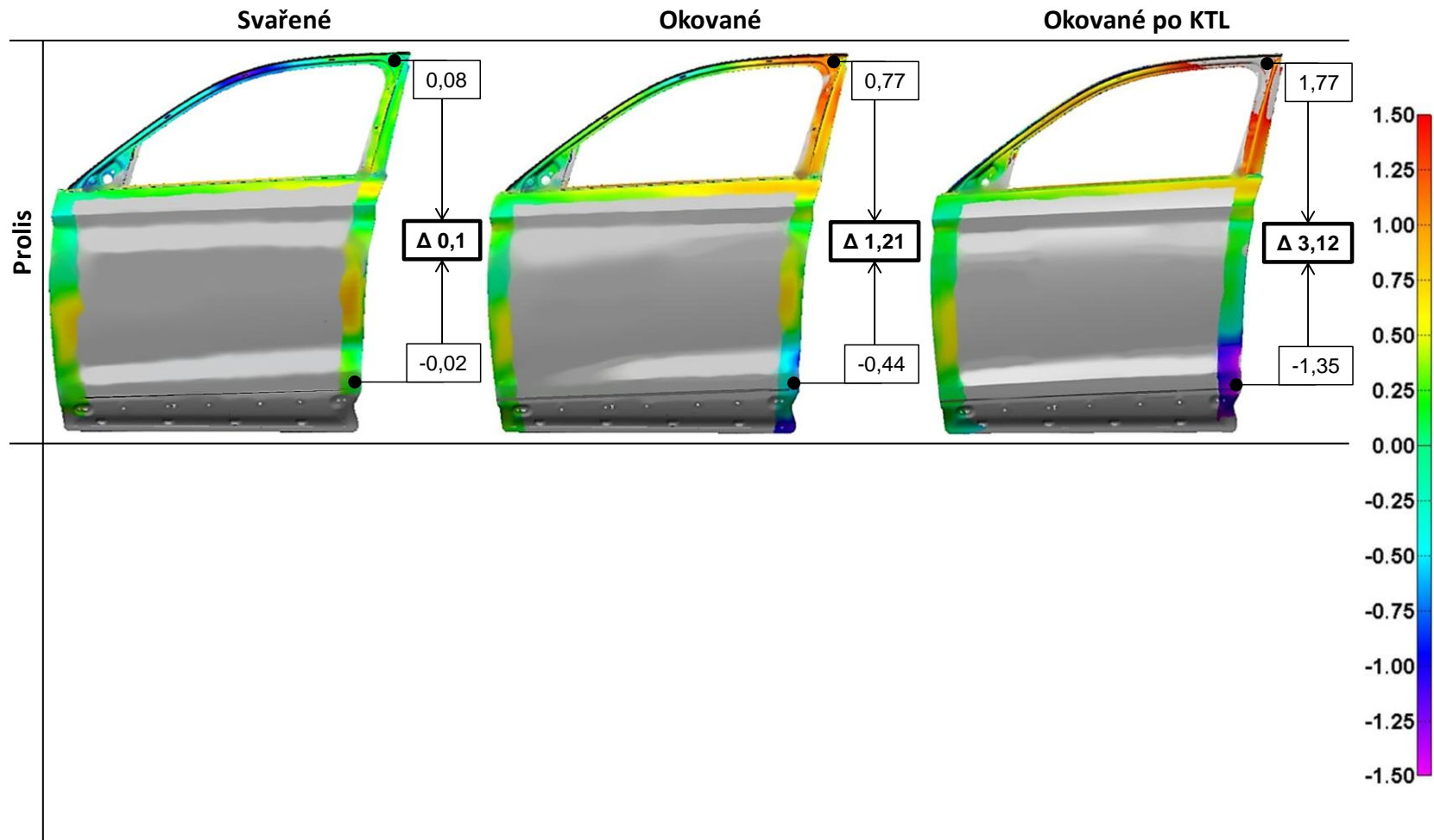
Při zkoušce opatření s pojistnými prolisy bylo použito pouze jedné technologie ražení. Její účel spočíval ve zjištění účinnosti pojištění lemu dveří pomocí pojistných prolisů. Vzhledem k výsledku zkoušky na jedné sadě nebylo potřeba provádět zkoušku na další sadě dveří. U zkušebních dveří označených jako Prolis byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota 0,08 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 0,77 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 1,77 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 0,7 mm a po KTL k přesahu 1,7 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,02 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -0,44 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -1,35 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k utopení o -0,42 mm a po KTL k utopení o -1,34 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 0,1 mm, u dveří na okované karoserii 1,21 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 3,12 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 1,12 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 3,03 mm.

Z grafického zobrazení je zřejmé, že na rámečku zkušebních dveří v průběhu výrobního procesu dochází ke zvyšujícímu se přesahu až na hodnotu 1,7 mm. Takový jev lze označit jako rostoucí trend přesahu. Úplným opakem je průběh v oblasti nad linií obložení dveří. Zde dochází ke zvyšujícímu se utopení až k hodnotě -1,4 mm oproti původně svařeným dveřím, tedy ke klesajícímu trendu. Takto výrazně odlišné trendy se projeví ve výsledném rozdílu přetočení dveří, kde je rostoucí trend dosahující přibližně hodnoty 3 mm.

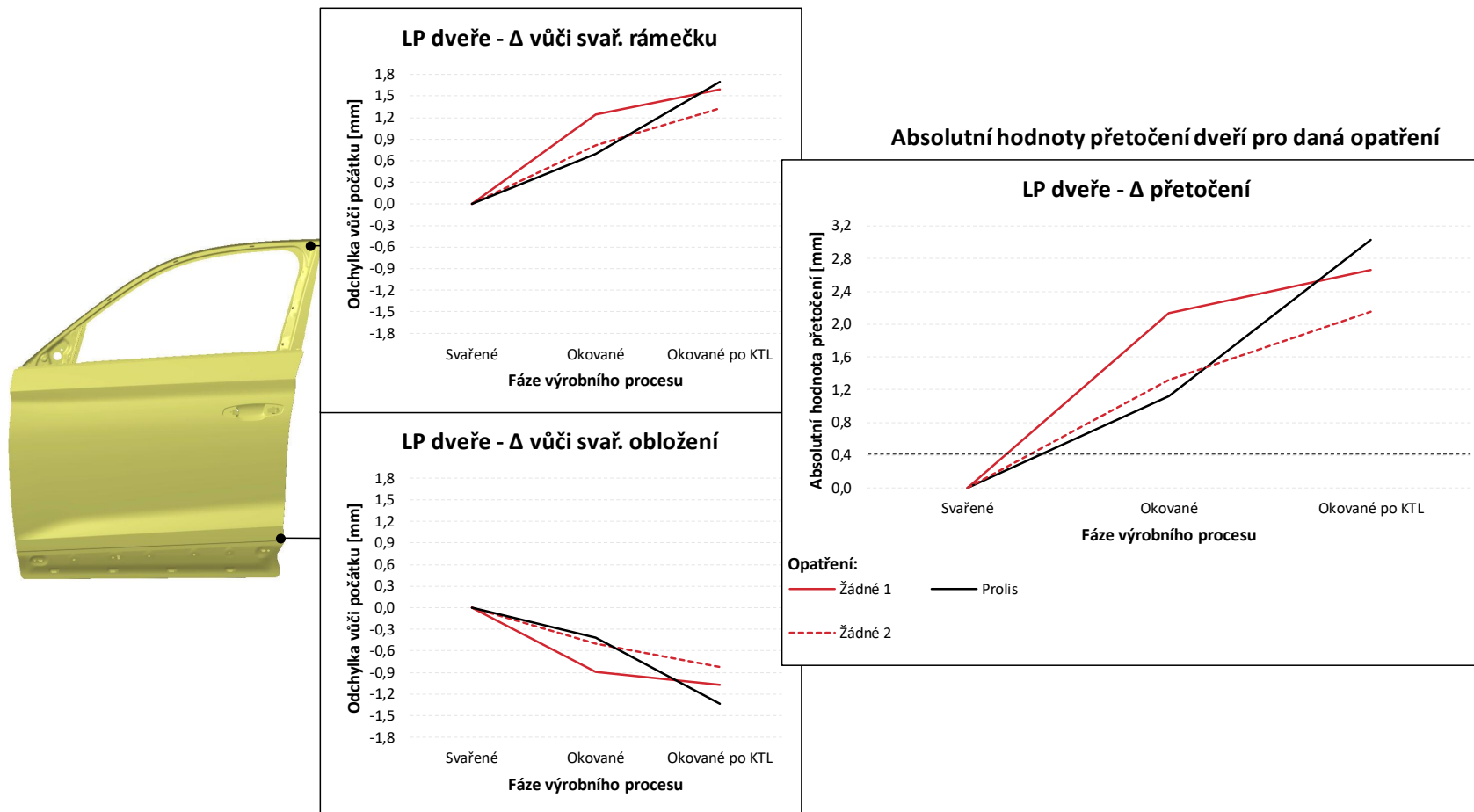
Oproti předchozí zkoušce bez opatření se jedná o stejné trendy s tím rozdílem, že u pojistných prolisů nastane výraznější zhoršení po KTL.

Některé hodnoty lze vyčíst z obrázku 4.45. Tyto i zbylé přesné hodnoty obsažené v grafech na obrázku 4.46 jsou součástí tabulky v příloze 1.

## Levé přední dveře, opatření: pojistné prolisy



Obrázek 4.45: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u levých předních dveří v milimetrech



Obrázek 4.46: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro daná 2 opatření u levých předních dveří



### 4.6.3 LP dveře - analýza opatření s pojistným svarem

Při zkoušce opatření s jedním pojistným svarem bylo použito opět pouze jedné technologie, ale v tomto případě se jednalo o technologii svařování. Její účel sloužil ke zjištění účinnosti pojištění lemu dveří pomocí pouze jednoho pojistného svaru. U zkušebních dveří označených jako Svar 1b 1 byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota 0,67 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 0,62 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 0,52 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k zanedbatelnému utopení o -0,05 mm a po KTL k utopení o -0,15 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,4 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -0,34 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -0,38 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k zanedbatelnému přesahu o 0,06 mm a po KTL opět k zanedbatelnému přesahu o 0,02 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 1,07 mm, u dveří na okované karoserii 0,96 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 0,9 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 0,11 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 0,17 mm.

U druhých zkušebních dveří označených jako Svar 1b 2 byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota 0,52 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 0,77 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 0,56 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení

dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 0,26 mm a po KTL k zanedbatelnému přesahu o 0,04 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,23 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -0,52 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -0,45 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k utopení o -0,29 mm a po KTL k utopení o -0,22 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 0,75 mm, u dveří na okované karoserii 1,29 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 1,01 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 0,54 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 0,26 mm.

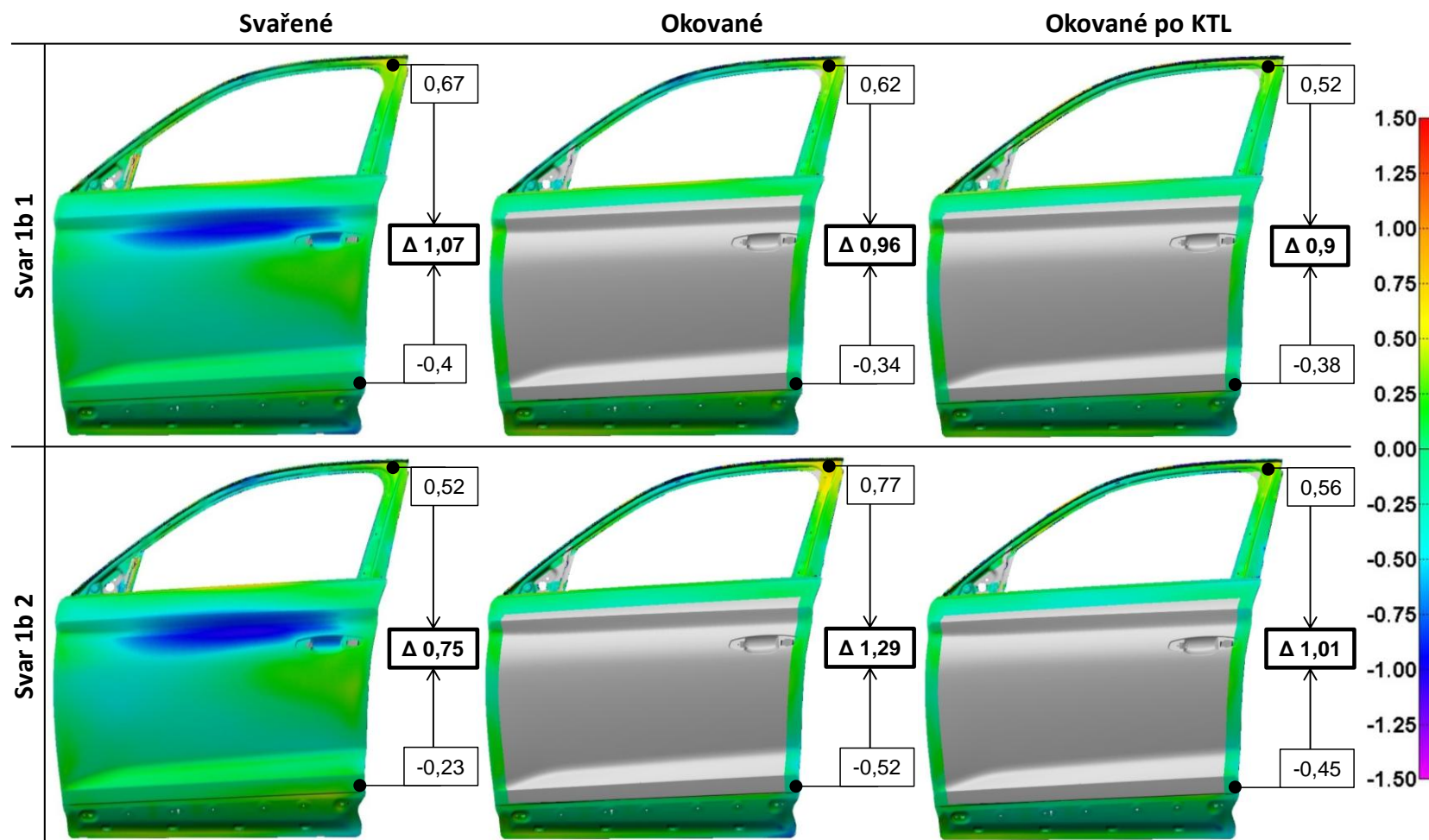
Z grafického zobrazení je zřejmé, že na rámečku u prvních zkušebních dveří docházelo během výrobního procesu k postupnému utápění oproti původně svařeným dveřím na konečnou hodnotu -0,15 mm. Zde je patrný mírně klesající trend. Nad obložením došlo k zanedbatelnému přesahu, což je možné označit za stabilní průběh beze změn během výrobního procesu. Tyto výsledky se pozitivně projevily i na vyhodnocených absolutních hodnotách přetočení, kdy byl zaznamenán pouze mírně stoupající trend a došlo k dosažení na konci procesu po KTL k absolutní hodnotě dosahující pouze 0,2 mm.

V případě druhým dveří nedošlo k žádnému trendu, protože ve fázi dveří na okované karoserii nastal nejprve přesah přibližně 0,3 mm, ale následně k vrácení na výchozí hodnotu svařených dveří. Podobný průběh nastal nad obložením, pouze s rozdílem, že ve fázi dveří na okované karoserii bylo dosaženo utopení -0,3 mm a poté k mírnému návratu do původního stavu s utopením asi -0,2 mm. Tento opačný průběh dveří na okované karoserii je patrný z absolutní hodnoty přetočení, kdy došlo nejprve k překročení hodnoty 0,5 mm a následně ke snížení této hodnoty pod 0,3 mm, což je srovnatelná výsledná hodnota s prvními dveřmi po KTL.

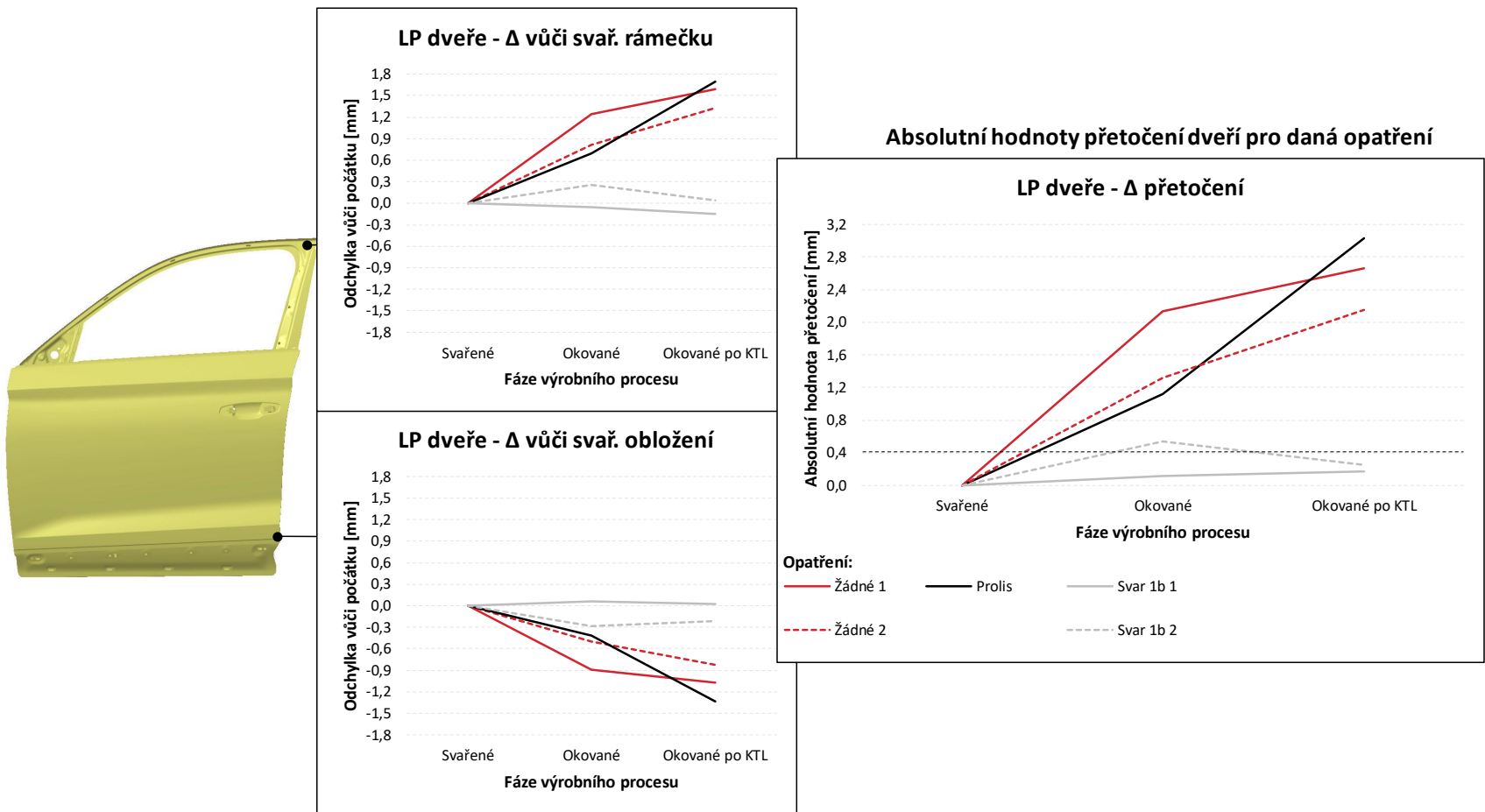
Pokud dosažený výsledek z této zkoušky porovnáme s předchozími zkouškami, je zřejmé, že došlo k výraznému zlepšení. Pojistný svar má oproti předchozím zkouškám značně pozitivní vliv na pojištění lemu dveří.

Některé hodnoty lze vyčíst z následujícího obrázku 4.47. Tyto i zbylé přesné hodnoty obsažené v grafech na obrázku 4.48 jsou součástí tabulky v příloze 1.

## Levé přední dveře, opatření: 1 bod pojistného svaru



Obrázek 4.47: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u levých předních dveří v milimetrech



Obrázek 4.48: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro daná 3 opatření u levých předních dveří

#### 4.6.4 LP dveře - analýza opatření s pojistným svarem a prolisy

Zkouška opatření s jedním pojistným svarem a pojistnými prolisy byla zároveň i zmapováním aktuálního opatření používaného v sériové výrobě. Jedná se o kombinaci dvou technologií, kterými je ražení prolisů i svařování bodových svarů.

První zkušební dveře byly označeny jako Svar+Prolis 1 a na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota 0,41 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 0,33 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 0,44 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k zanedbatelnému utopení o -0,08 mm a po KTL naopak k zanedbatelnému přesahu 0,04 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,35 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -0,14 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -0,31 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 0,2 mm a po KTL k zanedbatelnému přesahu 0,04 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 0,76 mm, u dveří na okované karoserii 0,47 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 0,75 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 0,28 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím je 0 mm.

U druhých zkušebních dveří označených jako Svar+Prolis 2 byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota -0,23 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota -0,37 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno

-0,38 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k utopení o -0,14 mm a po KTL opět k utopení o -0,16 mm. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,08 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota 0,05 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno 0,02 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 0,13 mm a po KTL k mírnému přesahu o 0,09 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 0,15 mm, u dveří na okované karoserii 0,42 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 0,4 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 0,27 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 0,25 mm.

U prvních zkušebních dveří je z grafického zobrazení zřejmé, že na rámečku dveří nedošlo k žádnému trendu. Ve fázi dveří na okované karoserii došlo nejprve k zanedbatelnému utopení -0,08 mm a poté k zanedbatelnému přesahu o hodnotě 0,04 mm vůči svařeným dveřím. Podobný průběh nastal nad obložením, pouze s rozdílem, že ve fázi dveří na okované karoserii nastal přesah o 0,2 mm a poté vůči svařeným dveřím k návratu do původního stavu se zanedbatelným přesahem 0,04 mm. Tento opačný průběh dveří na okované karoserii je patrný z absolutní hodnoty přetočení, kdy bylo dosaženo nejprve přibližně 0,3 mm a následně ke snížení této hodnoty na 0 mm, tedy stejná hodnota jako u svařených dveří.

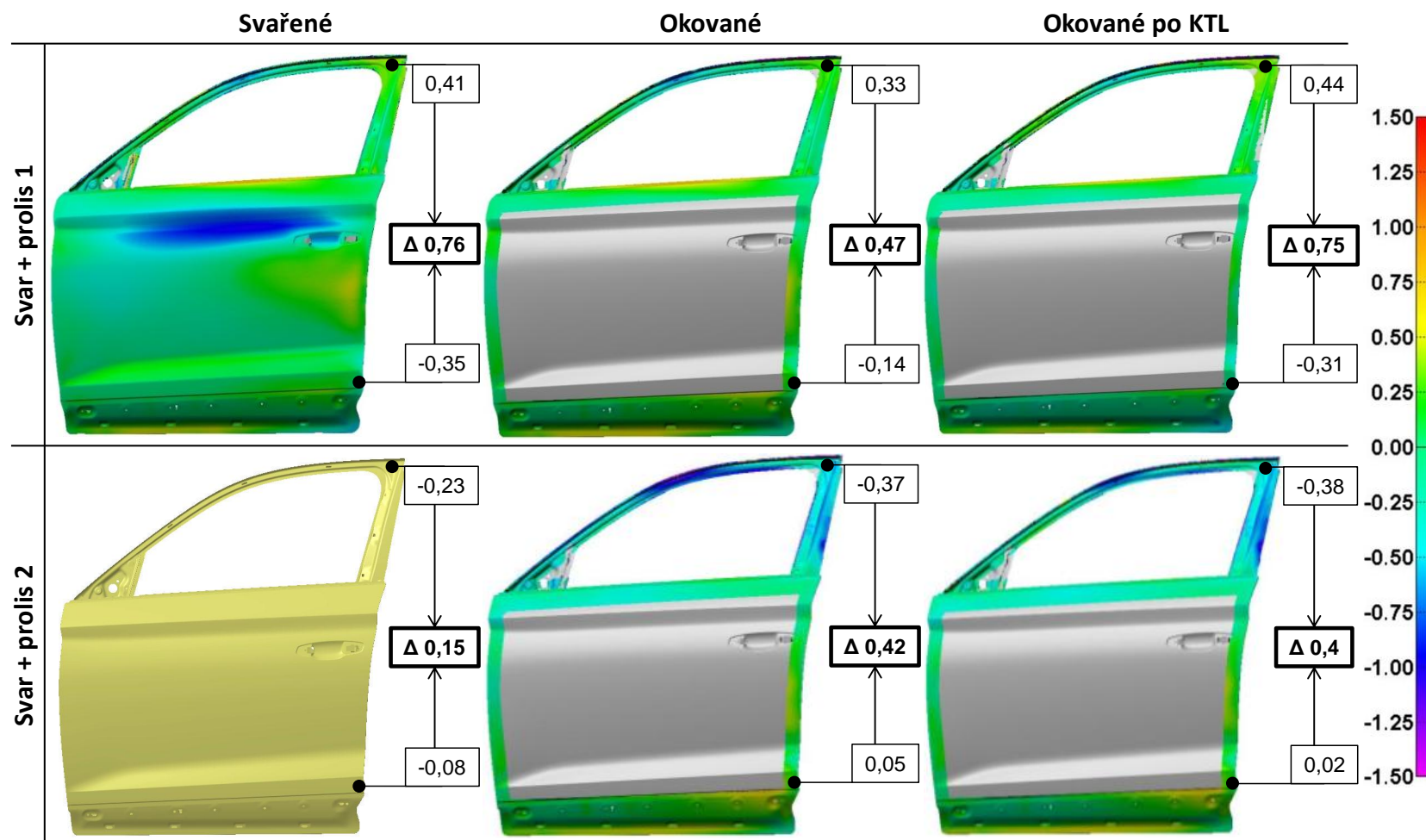
Během výrobního procesu na rámečku druhých dveří docházelo ke klesajícímu trendu, tedy k postupnému utápění proti svařeným dveřím na hodnotu -0,16 mm. Nad obložením došlo během procesu výroby k přesahu o přibližné hodnotě 0,1 mm. Výsledné absolutní hodnoty přetočení se během procesu pohybovaly v rozsahu od 0,2 mm do 0,3 mm. Ke zvýšení došlo pouze po procesu montáže dveří na okovanou karoserii a poté byl proces stabilní.

Jedná se zatím o nejlépe dosažený výsledek, ale i tak je vidět, že pojistné svary mají na pojištění lemu v průběhu výrobního procesu minimální vliv a nejdůležitější roli zde hraje svarový bod.

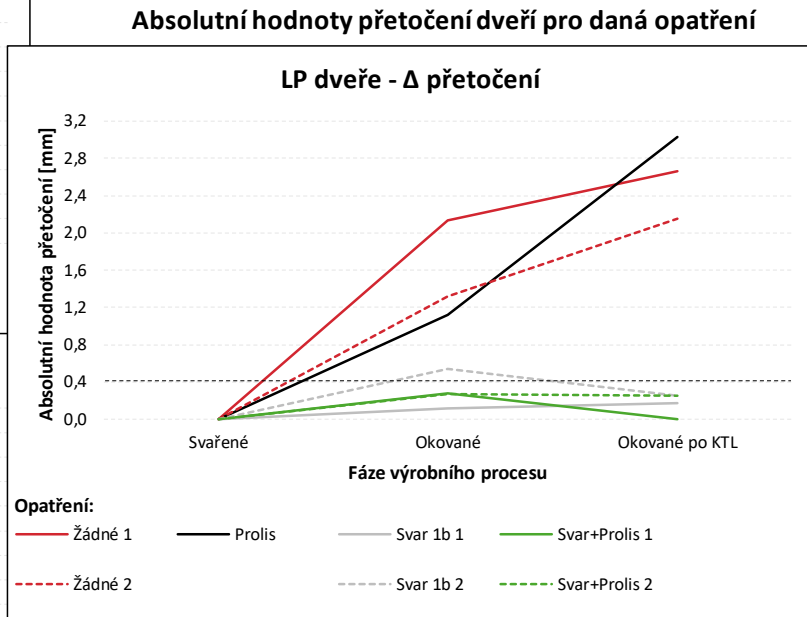
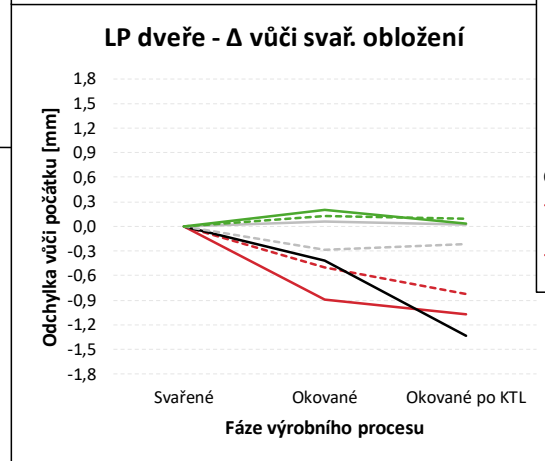
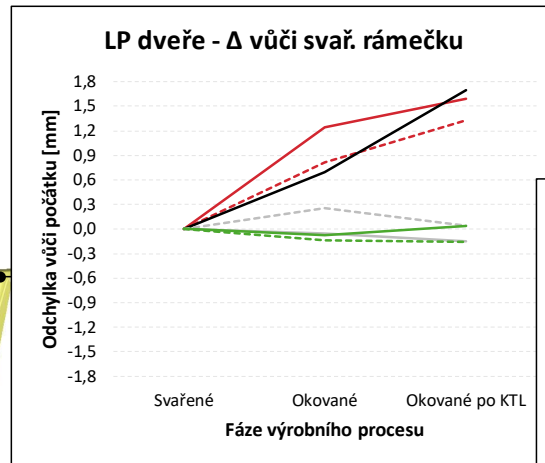
Některé hodnoty lze vyčíst z obrázku 4.49. Tyto i zbylé přesné hodnoty obsažené v grafech na obrázku 4.50 jsou součástí tabulky v příloze 1.



## Levé přední dveře, opatření: pojistný svar + prolisy



Obrázek 4.49: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u levých předních dveří v milimetrech



Obrázek 4.50: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro daná 4 opatření u levých předních dveří

#### 4.6.5 LP dveře - analýza opatření se 3 pojistnými svary

Při zkoušce opatření se 3 pojistnými svary bylo použito opět pouze jedné technologie, ale v tomto případě se jednalo o technologii svařování. Vzhledem ke zjištění z předchozích zkoušek, že na pojištění lemu má hlavní vliv svařování, došlo k rozšíření této technologie o aplikování 3 svarových bodů. Účelem tedy bylo zjistit účinnost pojištění lemu dveří pomocí 3 pojistných svarů.

U prvních zkušebních dveří označených jako Svary 3b 1 byla na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování změřena hodnota 0,45 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 0,32 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno 0,45 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k utopení o -0,13 mm a po KTL nedošlo vůči svařeným dveřím ke změně. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,38 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -0,15 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -0,26 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k přesahu o 0,23 mm a po KTL k přesahu 0,12 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly potom u svařených dveří 0,83 mm, u dveří na okované karoserii 0,47 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 0,71 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílů přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 0,35 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 0,12 mm.

Druhé zkušební dveře byly označeny jako Svary 3b 2. Na rámečku svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota 0,23 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena na rámečku hodnota 0,17 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo na rámečku změřeno

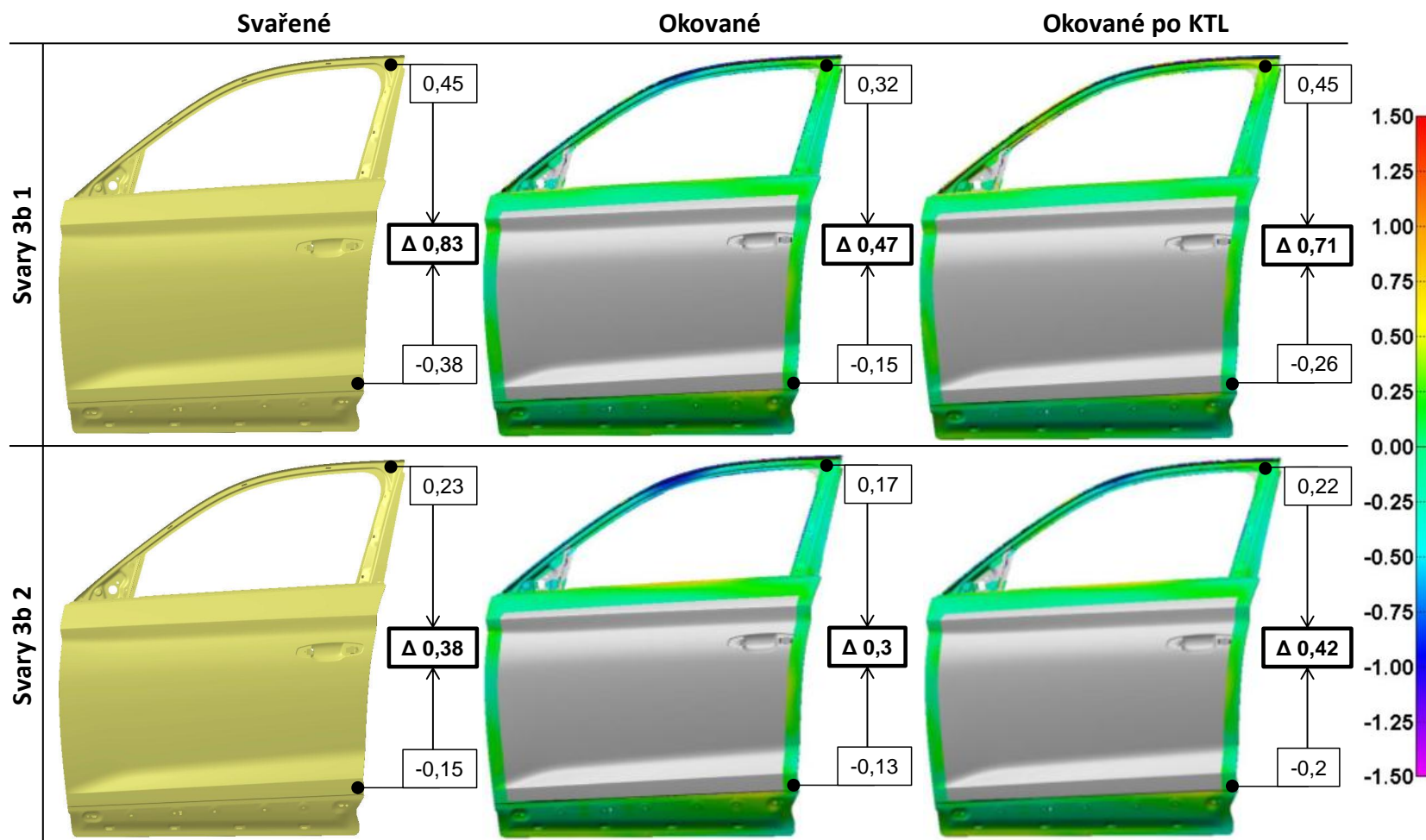
0,22 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k zanedbatelnému utopení o -0,06 mm a po KTL nedošlo vůči svařeným dveřím ke změně. Nad linií bočního obložení svařených dveří po fázi výrobního procesu svařování byla změřena hodnota -0,15 mm. Následně po fázi výrobního procesu, kdy došlo k montáži dveří na okovanou karoserii, byla změřena nad obložením hodnota -0,13 mm. V poslední fázi, která se týkala těchto dveří na okované karoserii po KTL bylo nad obložením změřeno -0,2 mm. Z vypočtených rozdílů fází výrobního procesu dveří na okované karoserii a dveří na okované karoserii po KTL vůči fázi svařených dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy v okované karoserii k zanedbatelnému přesahu o 0,02 mm a po KTL k zanedbatelnému utopení o -0,05 mm. Vypočítané hodnoty rozdílů na rámečku a nad obložením byly u svařených dveří 0,38 mm, u dveří na okované karoserii 0,3 mm a u dveří na okované karoserii po KTL 0,42 mm. Výsledná vypočítaná absolutní hodnota rozdílu přetočení dveří na okované karoserii vůči svařeným dveřím je 0,08 mm a dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím 0,04 mm.

Z grafického zobrazení je vidět, že na rámečku u prvních zkušebních dveří nedošlo k žádnému trendu. Ve fázi dveří na okované karoserii došlo nejprve k utopení o -0,13 mm a poté nedošlo vůči svařeným dveřím ke změně. Podobný průběh nastal nad obložením, pouze s rozdílem, že ve fázi dveří na okované karoserii nastal přesah o 0,23 mm a poté vůči svařeným dveřím opět přesah 0,12 mm. Tento opačný průběh rámečku a obložení dveří na okované karoserii je patrný z absolutní hodnoty přetočení, kdy bylo dosaženo nejprve 0,35 mm a následně během procesu nastalo snížení na přibližnou hodnotu 0,1 mm.

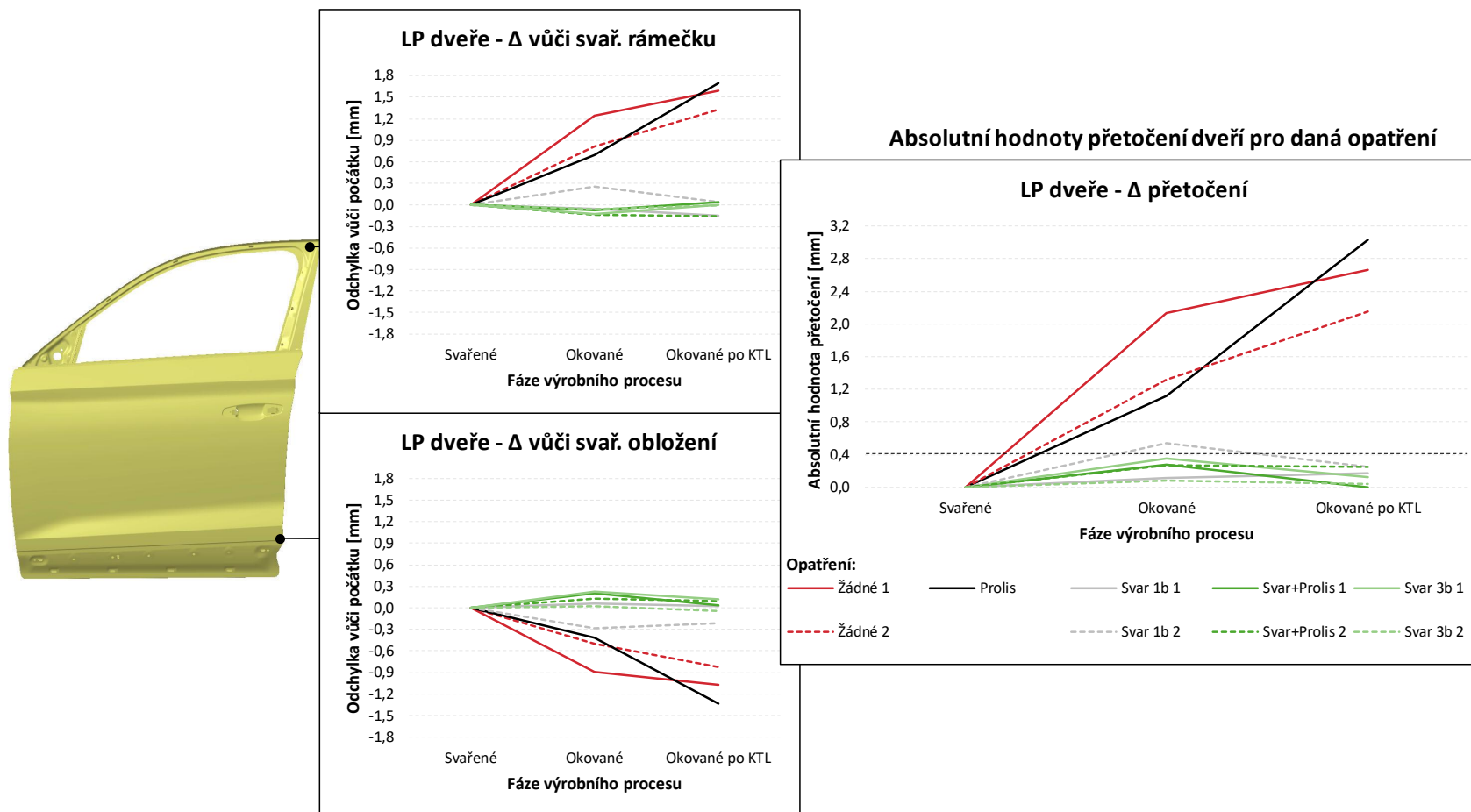
Během výrobního procesu na rámečku i nad obložením u druhých zkušebních dveří došlo k mírným změnám. Při porovnání s oběma dveřmi z předchozí zkoušky zde bylo dosaženo lepších výsledků absolutních hodnot přetočení.

Některé hodnoty lze vyčíst z obrázku 4.51. Tyto i zbylé přesné hodnoty obsažené v grafech na obrázku 4.52 jsou součástí tabulky v příloze 1.

## Levé přední dveře, opatření: 3 body pojistných svarů



Obrázek 4.51: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u levých předních dveří v milimetrech



Obrázek 4.52: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u levých předních dveří

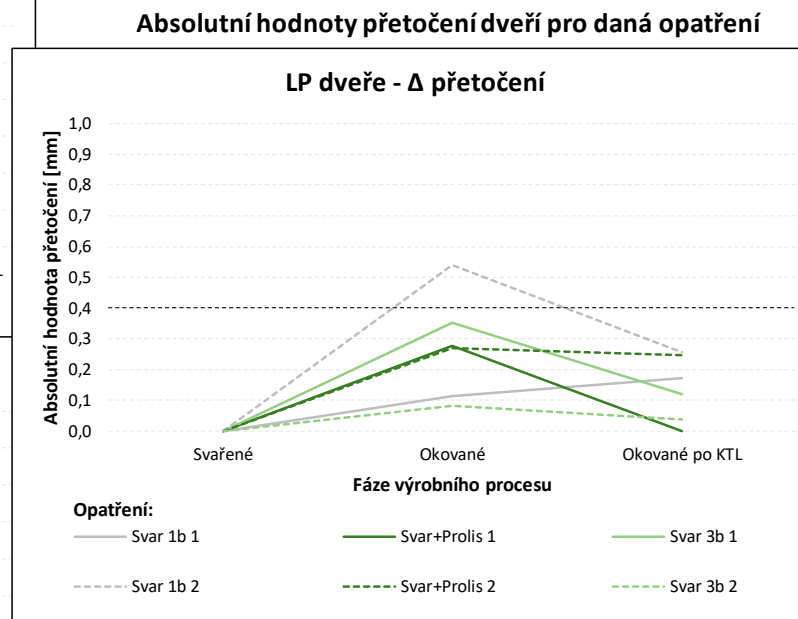
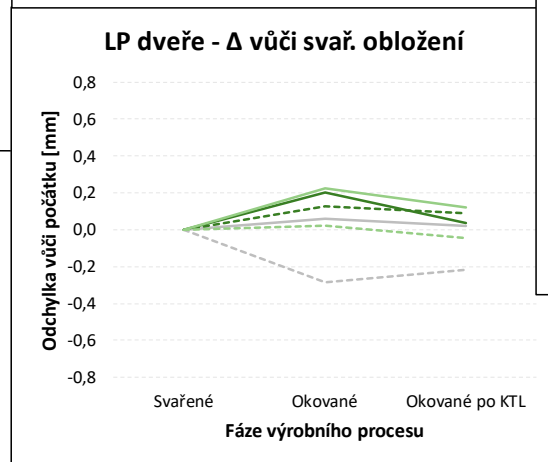
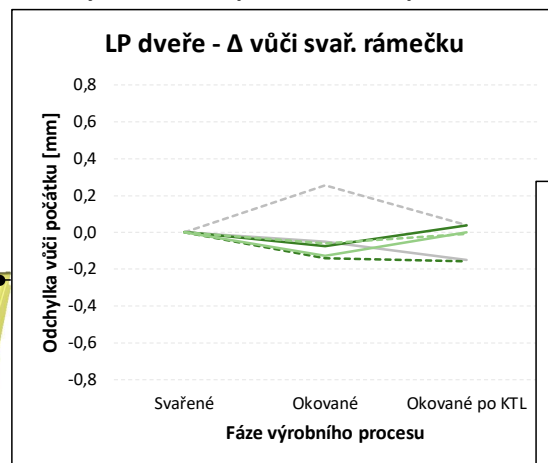
#### 4.6.6 LP dveře - vyhodnocení analýz

Při analýze opatření levých předních dveří s pojistnými prolisy jsem zjistil, že tato technologie má na pojištění lemu během výrobního procesu minimální nebo žádný vliv, protože nepříznivé průběhy na rámečku i nad obložením dveří jsou přibližně shodné s dveřmi bez opatření. Stejně nepříznivý průběh je tedy pozorovatelný i u sledovaného rozdílu přetočení, kde bylo dosaženo nejvyšší absolutní hodnoty rozdílu dveří na okované karoserii po KTL vůči svařeným dveřím až 3 mm. Z tohoto důvodu neberu tyto dvě zkoušky dále v potaz a pro vyhodnocení jsem zpracoval detailní grafy zbylých opatření s nejlépe dosaženými výsledky, viz obrázek 4.53.

U opatření dveří s pojistným svarem bylo zjištěno, že má značný pozitivní vliv na pojištění lemu dveří, ale pouze samotný jeden svar se jeví jako nestabilní z důvodu rozptylu mezi jednotlivými zkušebními dveřmi a nejspíše nedojde k opatření po celé délce lemu. Jedny zkuškové dveře v průběhu procesu mírně překročily mez 0,4 mm. Při opatření jednoho pojistného svaru společně s pojistnými prolisy, což bylo zároveň i zmapování aktuálního stavu, se potvrdil minimální vliv pojistných prolisů a důležitá role pojistného svaru na pojištění lemu během jednotlivých fází výrobního procesu. Oproti opatření s jedním svarem došlo k mírnému zlepšení a stabilizaci procesu. V porovnání s předchozími zkouškami, bylo nejlepšího výsledku dosaženo u opatření se 3 pojistnými svary. Zde byly výsledné absolutní hodnoty přetočení u obou zkušebních dveří nejnižší. Porovnání absolutních hodnot přetočení dveří na okované karoserii před a po KTL vůči svařeným dveřím pro daná opatření je v tabulce 7.

Tabulka 7:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u levých předních dveří

Opatření - LP dveře	Označení dveří	Před KTL [mm]	Po KTL [mm]
<b>Žádné</b>	Žádné 1	2,14	2,66
	Žádné 2	1,32	2,15
<b>Prolisy</b>	Prolis	1,12	3,03
<b>Svar: 1 bod</b>	Svar 1b 1	0,11	0,17
	Svar 1b 2	0,54	0,26
<b>Svar + Prolisy</b>	Svar+Prolis 1	0,28	0
	Svar+Prolis 2	0,27	0,25
<b>Svary: 3 body</b>	Svar 3b 1	0,35	0,12
	Svar 3b 2	0,08	0,04



Obrázek 4.53: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u levých předních dveří



#### 4.6.7 PP dveře - analýzy jednotlivých opatření

Na rámečku obou zkušebních pravých předních dveří bez opatření v průběhu výrobního procesu docházelo k rostoucímu trendu přesahu dosahujícího hodnotu 1 mm. Nad obložením dveří došlo naopak nejprve po fázi dveří na okované karoserii k utopení v rozsahu od -0,5 mm do -0,8 mm oproti původně svařeným dveřím. Tento rozsah hodnot byl stabilní až po fázi dveří na okované karoserii po KTL. Tyto výrazně lišící se trendy na rámečku a nad obložením dveří se projevily ve výsledném rozdílu přetočení obou dveří, kde je rostoucí trend dosahující přibližně hodnoty až 1,7 mm.

U opatření s pojistnými prolisy je na rámečku zkušebních dveří v průběhu výrobního procesu značný rostoucí trend přesahu až na konečnou hodnotu 1,3 mm. K opačnému trendu dochází nad obložením dveří, kde bylo dosaženo hodnoty utopení -0,9 mm oproti svařeným dveřím. Tyto výrazně odlišné trendy jsou výsledkem absolutní hodnoty rozdílu přetočení dveří s rostoucím trendem, který dosahuje konečné hodnoty až 2,2 mm. Oproti předchozí zkoušce bez opatření se jedná o podobné trendy s tím rozdílem, že u pojistných prolisů nastane výraznější zhoršení až na dveřích po KTL.

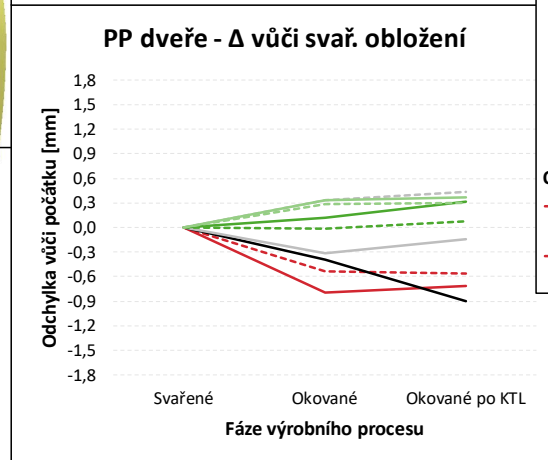
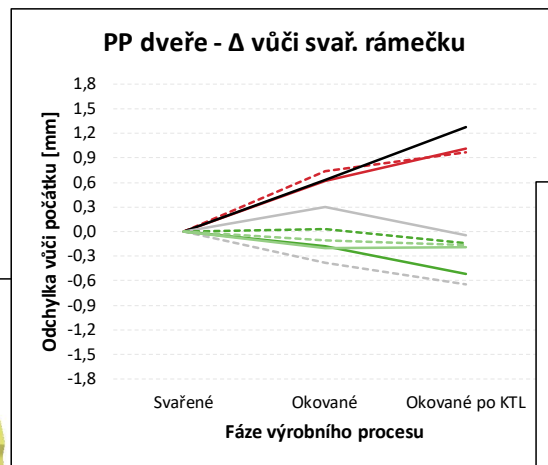
Při zkoušce opatření dveří s pojistným svarem byl během výrobního procesu na rámečku prvních dveří zjištěn přesah až 0,3 mm, naopak u druhých dveří došlo k trendu, kdy se postupně zvyšovalo utopení dveří až na cca -0,7 mm. Nad obložením dveří došlo u obou dveří k opačnému průběhu. U prvních dveří došlo k utopení až na hodnotu -0,3 mm a u druhých dveří k rostoucímu trendu přesahu nad hodnotu 0,4 mm. Takto opačné průběhy se projevily ve vyhodnocení přetočení dveří, kdy u obou dveří nejdříve došlo k rozdílu oproti svařeným dveřím přibližně o 0,7 mm, ale následně došlo k rozdílu v rozsahu 0,1 mm až 1 mm. Současně byla v průběhu procesu překročena mez 0,4 mm. Porovnáním dosaženého výsledku u této zkoušky s předchozí zkouškou došlo k výraznému zlepšení. Pojistný svar má značně pozitivní vliv na pojištění lemu dveří.

Zkouškou a zároveň zmapováním aktuálního stavu sériového opatření dveří s pojistným svarem a pojistnými prolisy bylo zjištěno, že na rámečku u obou dveří došlo k trendu, při kterém se zvyšovalo utopení dveří v rozmezí od -0,1 mm do -0,5 mm. Nad obložením obou dveří došlo naopak k rostoucímu trendu přesahu

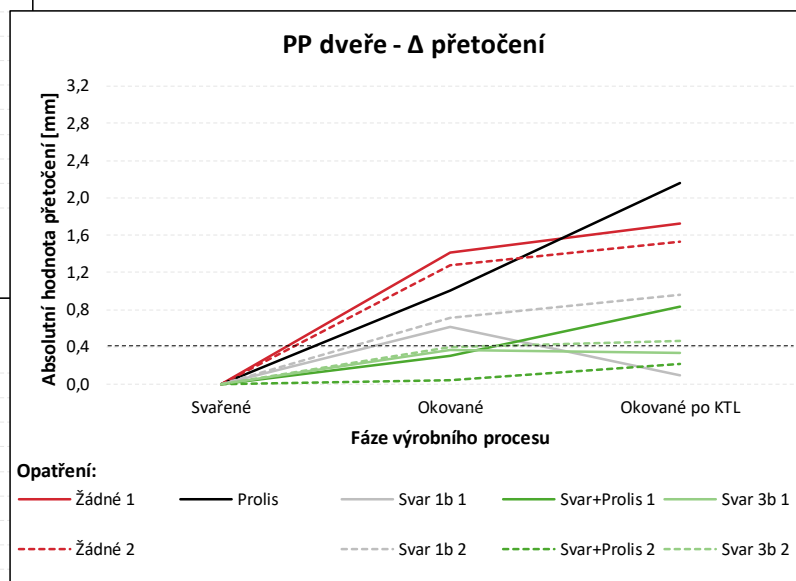
v rozmezí od 0,1 mm do 0,3 mm. Tyto opačné trendy na rámečku a nad obložením se projeví ve vyhodnocení přetočení, u kterého se výsledné přetočení vůči svařeným dveřím pohybovalo v rozmezí od 0,2 mm do 0,8 mm a během procesu došlo u prvních zkušebních dveří k překročení meze 0,4 mm. V porovnání s předchozí zkouškou s pojistným svarem, zde došlo k mírnému zlepšení. Prolisy, které jsou zde navíc, mají tedy minimální pojistný vliv na lem dveří a nejdůležitější je stále pojistný svar.

Poslední zkouškou u pravých předních dveří bylo opatření se 3 pojistnými svary. Zde došlo na rámečku dveří k mírnému trendu, při kterém se u obou dveří zvyšovalo utopení na konečnou hodnotu -0,2 mm. Nad obložením došlo nejprve u obou dveří po montáži na okovanou karoserii k rostoucímu trendu přesahu na přibližnou hodnotu 0,35 mm a následné stabilizaci až do konečné fáze procesu. Jednotlivé trendy se projeví ve vyhodnocení přetočení. Po montáži dveří došlo k přetočení oproti svařeným dveřím o cca 0,4 mm a tato hodnota přibližně zůstala až do konce procesu. U druhých zkušebních dveří došlo k zanedbatelnému překročení meze. Oproti předchozí zkoušce došlo k výraznému snížení rozpětí přetočení v průběhu procesu a mírné stabilizaci po montáži dveří na okovanou karoserii.

Grafické zpracování jednotlivých opatření v průběhu procesu, které je součástí analýzy pravých předních dveří, je na následujícím obrázku 4.54. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou součástí tabulky v příloze 2. Grafické zpracování měření s naměřenými hodnotami a jejich vypočítanými rozdíly jsou zobrazeny v přílohách 3 až 7.



### Absolutní hodnoty přetočení dveří pro daná opatření



Obrázek 4.54: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u pravých předních dveří

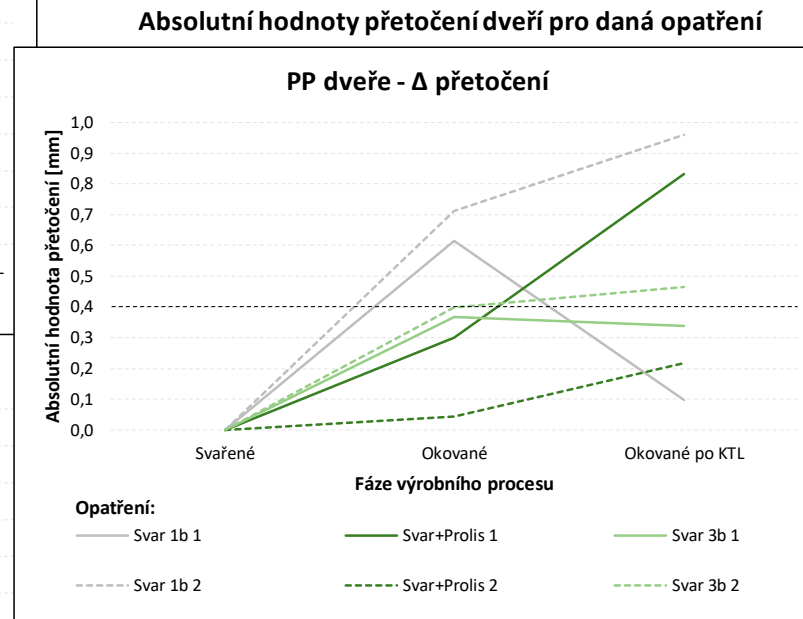
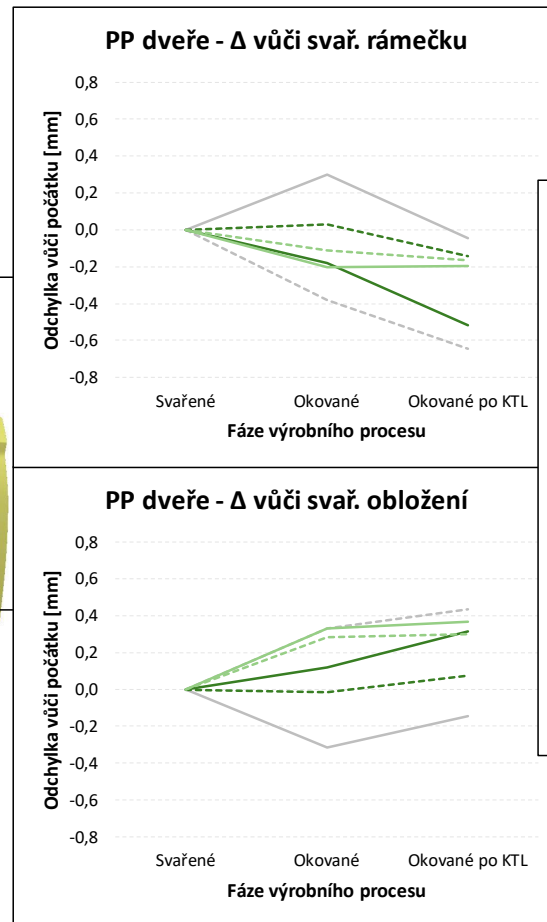
#### 4.6.8 PP dveře - vyhodnocení analýz

Během analýzy opatření pravých předních dveří s pojistnými prolisy jsem zjistil, že tato technologie má na pojištění lemů v průběhu výrobního procesu minimální vliv, protože nežádoucí průběhy na rámečku i nad obložením dveří jsou přibližně shodné s dveřmi bez opatření. Navíc u pojistných prolisů nastane výrazné zhoršení až na dveřích po KTL. U výsledného přetočení bylo po KTL dosaženo nejvyšší hodnoty odpovídající cca 2,2 mm. Pro výsledné vyhodnocení beru v potaz pouze zbylá opatření, která jsou zobrazena v přehlednějším grafu na obrázek 4.55.

Při analýze opatření s pojistným svarem jsem odhalil, že pojistný svar má žádoucí vliv na pojištění lemu dveří. Každopádně v průběhu procesu byla u obou dveří při přetočení překročena mez 0,4 mm. Při opatření jednoho pojistného svaru a pojistnými prolisy nastalo mírné zlepšení, což znamená, že prolisy mají minimální vliv na pojištění lemu dveří během jednotlivých fází výrobního procesu. I zde došlo v jednom případě k výraznému překročení meze jako u zkoušky s jedním pojistným svarem. V porovnání s předchozími zkouškami bylo u opatření se 3 pojistnými svary dosaženo nejlepších výsledků. Nastalo výrazné snížení rozpětí přetočení v průběhu procesu a mírné stabilizaci po montáži dveří na okovanou karoserii. Zanedbatelné překročení meze, které nastalo u druhých zkušebních dveří, neberu v potaz. Porovnání absolutních hodnot přetočení dveří na okované karoserii před a po KTL vůči svařeným dveřím pro daná opatření je v tabulce 8.

Tabulka 8:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u pravých předních dveří

Opatření - PP dveře	Označení dveří	Před KTL [mm]	Po KTL [mm]
<b>Žádné</b>	Žádné 1	1,42	1,73
	Žádné 2	1,28	1,53
<b>Prolisy</b>	Prolis	1,01	2,16
<b>Svar: 1 bod</b>	Svar 1b 1	0,62	0,10
	Svar 1b 2	0,71	0,96
<b>Svar + Prolisy</b>	Svar+Prolis 1	0,30	0,83
	Svar+Prolis 2	0,05	0,22
<b>Svary: 3 body</b>	Svar 3b 1	0,37	0,34
	Svar 3b 2	0,40	0,47



Obrázek 4.55: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u pravých předních dveří

#### 4.6.9 LZ dveře - analýzy jednotlivých opatření

U levých zadních dveří nebyla provedena zkouška bez opatření. Tato zkouška u předních dveří sloužila pouze pro moji představu o tom, jak se mění tvar dveří bez aplikace opatření na lemech dveří. Takovéto zkoušky jsou velmi finančně a časově náročné, jak jsem již zmiňoval. A předpoklad, že u dveří bez pojištěného lemu dveří nebude dosažena požadovaná kvalita a dojde k výrazné nežádoucí změně tvaru dveří, byl předchozími zkouškami u předních dveří potvrzen.

První zkouškou u levých zadních dveří bylo opatření s pojistnými prolisy. Na rámečku zkušebních dveří byl z počátku výrobního procesu mírně rostoucí trend přesahu, ale po KTL došlo k výrazné změně přesahu na hodnotu 1,1 mm. Nad obložením docházelo k opačnému trendu, zde docházelo nejprve k mírnému utopení a po KTL opět k výrazné změně utopení na hodnotu necelých -0,7 mm. Po montáži dveří na okovanou karoserii bylo dosaženo absolutní hodnoty rozdílu přetočení dveří vůči svařeným dveřím 0,2 mm, ale výrazně odlišné trendy po KTL způsobily přesah meze 0,4 mm o necelé 0,3 mm.

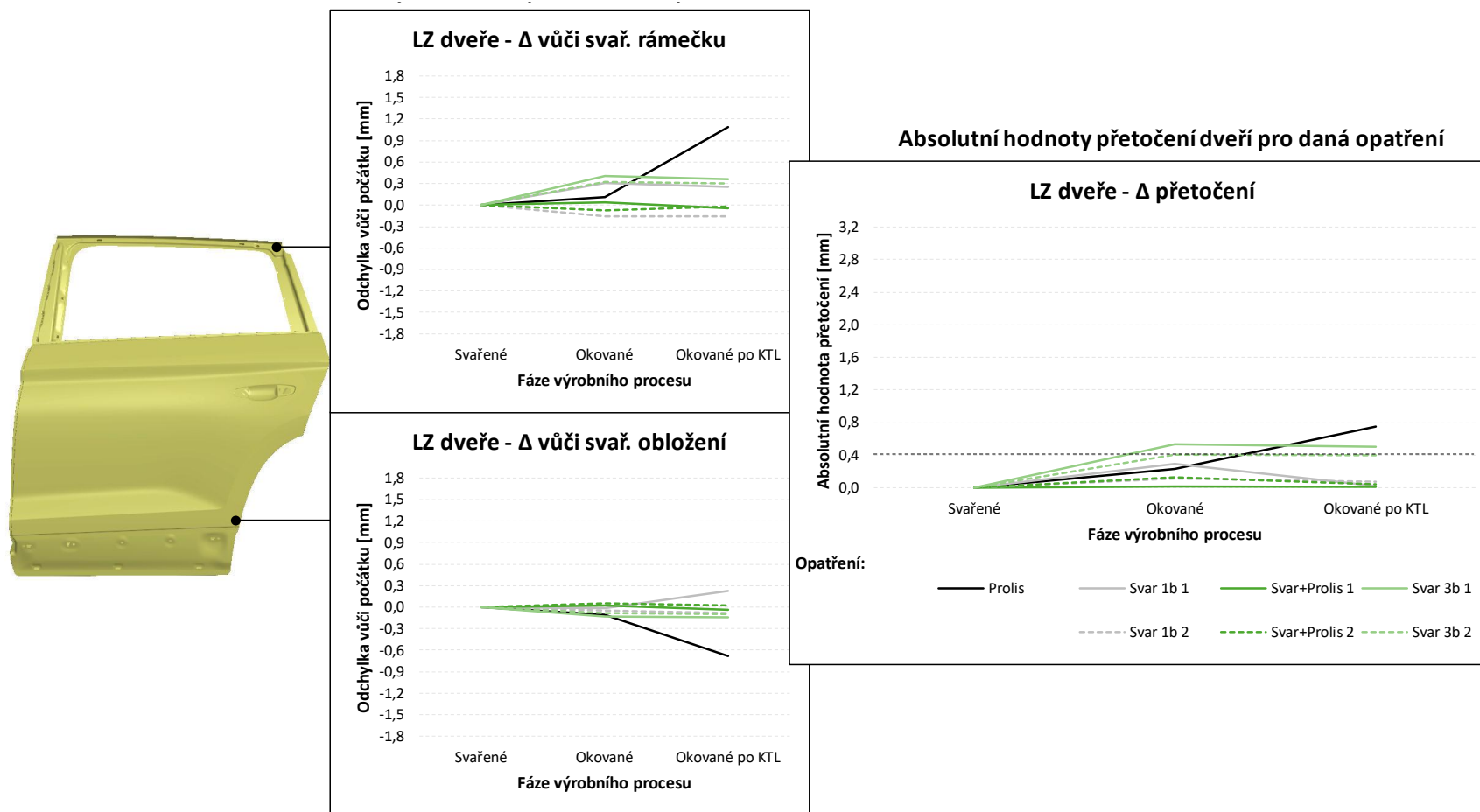
Během následující zkoušky opatření dveří s pojistným svarem došlo na rámečku u obou zkušebních dveří k opačným trendům. Po montáži dveří na okovanou karoserii nastal přesah a utopení v rozmezí od 0,3 mm do cca -0,2 mm a tento rozsah zůstal stabilní i po KTL. Nad obložením nastalo nejprve u obou dveří zanedbatelné utopení, takže do fáze procesu montáže dveří na závěsy byl tvar dveří stabilní, ale po KTL došlo u prvních dveří k přesahu o přibližné hodnotě 0,2 mm. Absolutní hodnota přetočení se pohybovala do 0,1 mm s výjimkou prvních dveří, kdy nastalo po montáži dveří do okované karoserie k nárůstu na hodnotu 0,3 mm. Oproti předchozí zkoušce s prolisy došlo ke zlepšení ve výsledném přetočení přibližně o 0,7 mm. Pojistný svar má tedy výrazně vyšší vliv na pojištění lemu dveří než pojistné prolisy.

Při provedení zkoušky a zároveň zmapování aktuálního stavu výrobní série, čímž je opatření dveří s pojistným svarem a pojistnými prolisy, jsem zjistil stabilní průběh na rámečku i nad obložením se zanedbatelnými změnami do 0,1 mm. U prvních zkušebních dveří nedošlo během celého výrobního procesu ke změně tvaru dveří. U druhých dveří byl průběh podobný dveřím u zkoušky opatření pojistného svaru s překročením hodnoty přetočení přes 0,1 mm po montáži dveří

do okované karoserie. Při porovnání s jedním pojistným svarem došlo během této zkoušky ke zlepšení v jednom případě, u druhých dveří byly dosaženy v obou zkouškách stejné průběhy.

Poslední zkouškou u levých zadních dveří bylo opět opatření se 3 pojistnými svary. Na rámečku dveří došlo po zavěšení dveří na závěsy do okované karoserie u obou dveří k přesahu v rozmezí od 0,3 mm do 0,4 mm a toto rozmezí bylo zachováno do konce procesu po KTL. Nad obložením nastalo po zavěšení na závěsy k mírnému utopení o cca -0,1 mm a po KTL byla tato hodnota zachována. Tyto změny po montáži dveří do okované karoserie se projeví rozsahem absolutní hodnoty v rozmezí od 0,4 mm do 0,5 mm, ale jako tomu bylo u rámečku i obložení, i zde bylo toto rozmezí zachováno i po KTL. V porovnání s ostatními zkouškami zde došlo v jednom případě k překročení meze o cca 0,1 mm, ale důležité je podotknout stabilizaci dveří po zavěšení na závěsy.

Grafické zpracování jednotlivých opatření v průběhu procesu, které je součástí analýzy levých zadních dveří, je na následujícím obrázku 4.56. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou součástí tabulky v příloze 8. Grafické zpracování měření s naměřenými hodnotami a jejich vypočítanými rozdíly jsou zobrazeny v přílohách 9 až 12.



Obrázek 4.56: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u levých zadních dveří



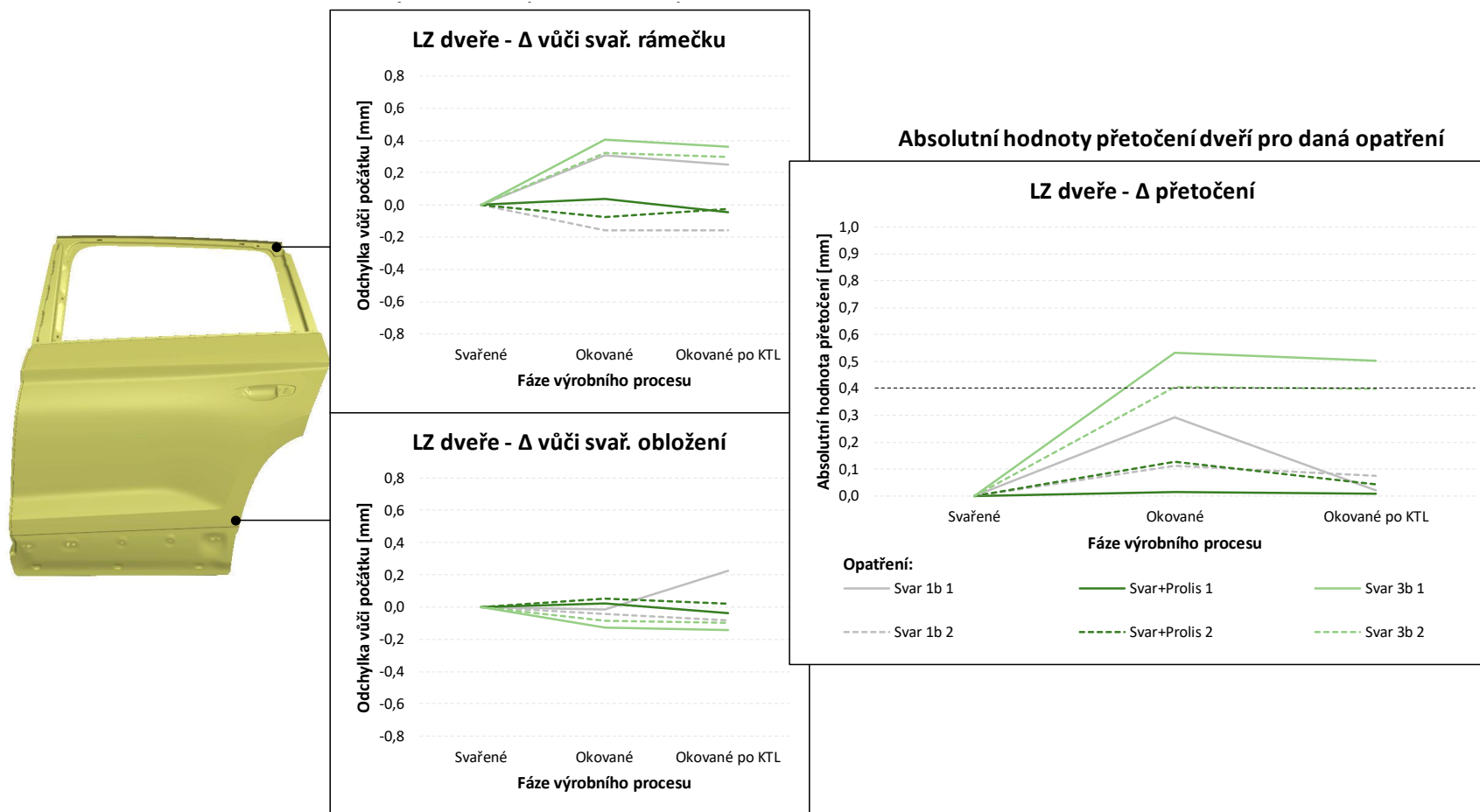
#### 4.6.10 LZ dveře - vyhodnocení analýz

U zkoušky opatření s pojistnými prolisy byla překročena mez a výsledná hodnota přetočení dosahovala necelých 0,8 mm. Vzhledem k výsledkům u předních dveří bych i zde očekával obdobného výsledku u dveří bez opatření v případě provedení zkoušky. Pro výsledné vyhodnocení se proto zaměřím pouze na zbylá tři opatření, která jsou zobrazena v přehlednějším grafu na obrázku 4.57.

Výrazný vliv na pojištění lemu dveří má pojistný svar, protože oproti pojistným prolisům došlo ke snížení přetočení o přibližných 0,7 mm na hodnotu nepřesahující 0,1 mm. Při opatření dveří s pojistným svarem i pojistnými prolisy došlo ke zlepšení pouze v jednom případě a není tedy zřejmý pozitivní vliv pojistných prolisů na změnu dveří. U opatření se 3 pojistnými prolisy bylo dosaženo rozpětí přetočení v rozmezí 0,4 mm až 0,5 mm a v jednom případě došlo k mírnému překročení meze o 0,1 mm, ale ke změně došlo pouze po montáži dveří na okovanou karoserii. Nejlepších výsledků bylo u zadních levých dveří dosaženo u sériového opatření s jedním pojistným svarem a pojistnými prolisy. Porovnání absolutních hodnot přetočení dveří na okované karoserii před a po KTL vůči svařeným dveřím pro daná opatření je v tabulce 9.

Tabulka 9:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u levých zadních dveří

Opatření - LZ dveře	Označení dveří	Před KTL [mm]	Po KTL [mm]
<b>Prolisy</b>	Prolis	0,23	0,75
Svar: 1 bod	Svar 1b 1	0,29	0,02
	Svar 1b 2	0,11	0,07
<b>Svar + Prolisy</b>	Svar+Prolis 1	0,02	0,01
	Svar+Prolis 2	0,13	0,05
<b>Svary: 3 body</b>	Svar 3b 1	0,53	0,50
	Svar 3b 2	0,41	0,40



Obrázek 4.57: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u levých zadních dveří

#### 4.6.11 PZ dveře - analýzy jednotlivých opatření

Ani u pravých zadních dveří nebyla provedena zkouška bez opatření lemu dveří ze stejného důvodu jako u levých zadních dveří.

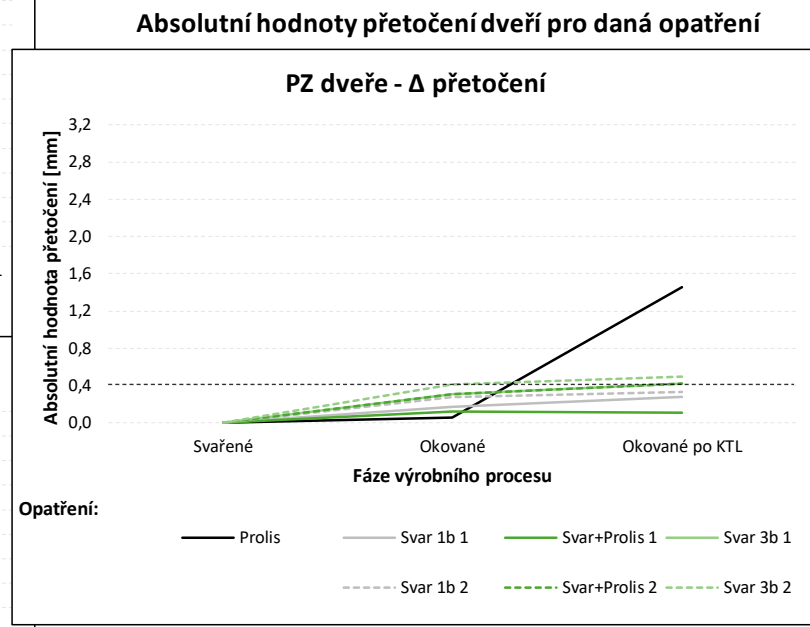
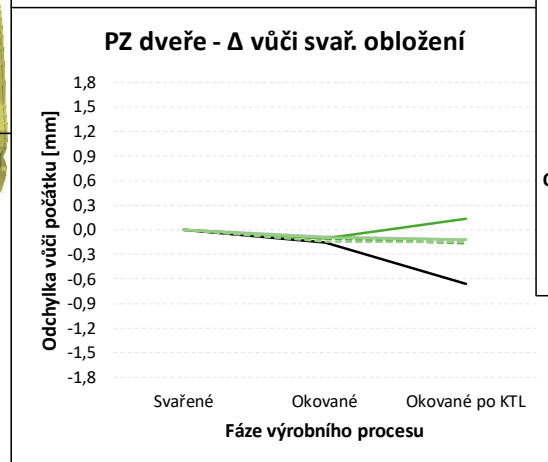
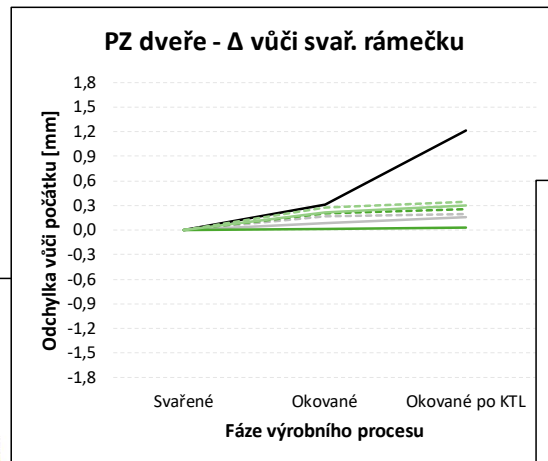
První zkouškou bylo u pravých zadních dveří opět opatření s pojistnými prolisy. U těchto zkušebních dveří došlo na rámečku k rostoucímu trendu přesahu až na konečnou hodnotu 1,2 mm po KTL. Nad obložením došlo k opačnému trendu, zde byla hodnota utopení necelých -0,7 mm. Při montáži na okovanou karoserii došlo na rámečku a nad obložením k úplnému přetočení vůči svařeným dveřím, což se projevilo po montáži jako žádná změna absolutní hodnoty přetočení. K výrazné změně došlo až po KTL, kdy bylo přetočení dosahující až 1,5 mm a byla tak překročena mez bezmála o 1,1 mm.

Poté následovala zkouška opatření s pojistným svarem. U obou zkušebních dveří došlo ke stejnému rostoucímu trendu a průběhu přesahu až na přibližnou hodnotu 0,2 mm. Naopak u obou dveří nad obložením nastalo po montáži dveří na okovanou karoserii k mírnému utopení o -0,1 mm a tato hodnota zůstala přibližně stabilní dále během procesu. Tyto výsledky se projevily rostoucím trendem absolutní hodnoty přetočení dveří na konečnou hodnotu 0,3 mm. V porovnání s pojistnými prolisy nastalo zlepšení u přetočení dveří na konci procesu po KTL o 1,1 mm. Z tohoto výsledku je zřejmý pozitivní vliv samotného pojistného svaru na lem dveří.

U zkoušky opatření s pojistným svarem a pojistnými prolisy došlo ke zmapování aktuálně sériového stavu. Na rámečku prvních dveří došlo k zanedbatelným změnám, u druhých dveří se projevilo rostoucí trend přesahu až na hodnotu necelých 0,3 mm. Nad obložením byla hodnota po montáži dveří na okovanou karoserii u obou dveří -0,11 mm, došlo tedy k mírnému utopení. Následně došlo po KTL u prvních dveří k přesahu přes 0,1 mm a u druhých dveří pokračoval trend se zvětšujícím se utopením na necelých -0,2 mm. Výsledkem bylo přetočení v rozsahu od 0,1 mm do 0,4 mm s dosažením meze na této úrovni. Při porovnání s jedním pojistným svarem došlo během této zkoušky ke zlepšení v jednom případě, v druhém naopak ke zhoršení.

Na závěr u zkoušky levých zadních dveří s opatřením 3 pojistných prolisů došlo na rámečku k rostoucímu trendu přesahu u obou dveří na hodnotu překračující 0,2 mm. Naopak opět u obou zkušebních dveří došlo nad obložením po montáži dveří na okovanou karoserii k mírnému utopení o cca -0,1 mm a tato hodnota zůstala stabilní i po procesu KTL. Z absolutních hodnot je zřejmé, že v obou případech došlo k rostoucímu trendu. U prvních dveří přetočení dosáhlo meze 0,4 mm a u druhých dveří došlo k mírnému překročení této meze o 0,1 mm. V porovnání s jedním pojistným prolisem došlo ke zhoršení přibližně o 0,2 mm. Při srovnání této zkoušky s opatřením jednoho pojistného svaru a prolisy došlo v jednom případě na shodný průběh přetočení dveří.

Grafické zpracování jednotlivých opatření v průběhu procesu, které je součástí analýzy pravých zadních dveří, je na následujícím obrázku 4.58. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou součástí tabulky v příloze 13. Grafické zpracování měření s naměřenými hodnotami a jejich vypočítanými rozdíly jsou zobrazeny v přílohách 14 až 17.



Obrázek 4.58: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u pravých zadních dveří

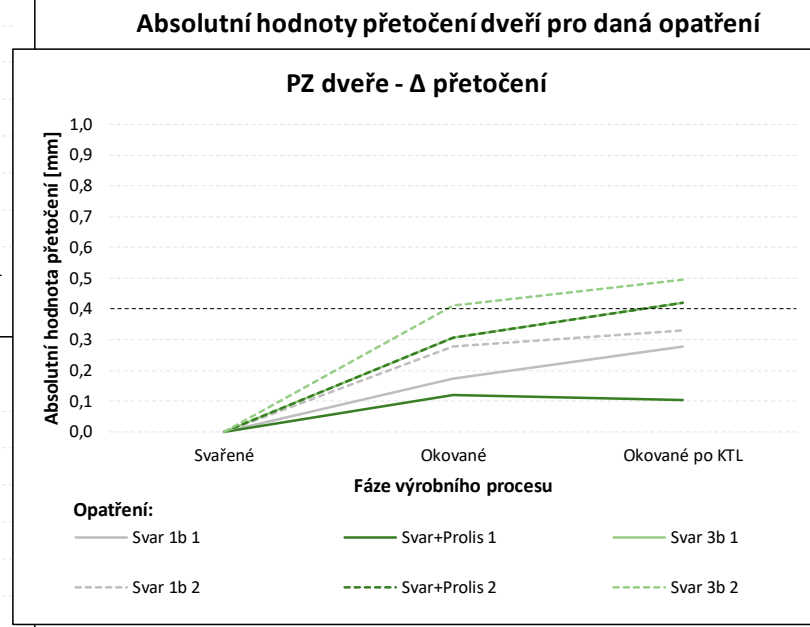
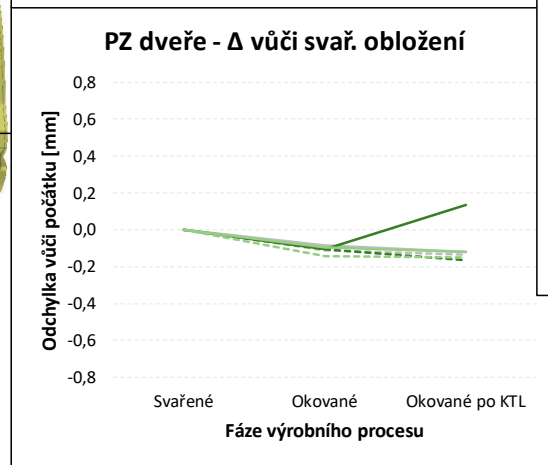
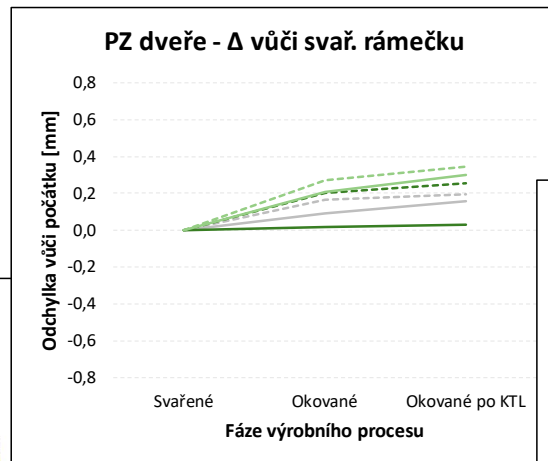
#### 4.6.12 PZ dveře - vyhodnocení analýz

Při zkoušce opatření s pojistnými prolisy u pravých zadních dveří došlo k překročení meze s přetočením dosahujícím 1,5 mm. Pokud by nedošlo k použití opatření, očekával bych vzhledem k výsledkům u předních dveří podobného výsledku. Výsledné vyhodnocení proto provedu pouze na zbylá tři opatření s nejlepšími výsledky, které jsou zobrazeny v grafu na obrázku 4.59.

Pozitivní vliv na tvar dveří v průběhu výrobního procesu měl pojistný svar. Na rozdíl od opatření s pojistnými prolisy nedošlo k překročení meze a nastalo snížení výsledného přetočení po KTL o 1,1 mm. U opatření dveří s pojistným svarem i pojistnými prolisy byl rozsah výsledného přetočení 0,1 mm až 0,4 mm. Oproti pojistnému svaru došlo k podobným výsledkům a nebylo tedy u obou dveří zaznamenáno zlepšení způsobené vlivem pojistných prolisů. Během opatření se 3 pojistnými prolisy došlo v jednom případě k překročení meze o 0,1 mm. Jinak byly průběhy srovnatelné s předchozími zkouškami, pouze s vyšším přesahem na rámečku, což se projevilo i ve zvýšené hodnotě přetočení vůči ostatním zkouškám o necelé 0,2 mm. Nejlepších výsledků u obou zkouškových pravých zadních dveří bylo dosaženo u opatření s jedním pojistným svarem. Porovnání absolutních hodnot přetočení dveří na okované karoserii před a po KTL vůči svařeným dveřím pro daná opatření je v tabulce 10.

Tabulka 10:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u pravých zadních dveří

Opatření - PZ dveře	Označení dveří	Před KTL [mm]	Po KTL [mm]
<b>Prolisy</b>	Prolis	0,05	1,46
<b>Svar: 1 bod</b>	Svar 1b 1	0,17	0,28
	Svar 1b 2	0,28	0,33
<b>Svar + Prolisy</b>	Svar+Prolis 1	0,12	0,11
	Svar+Prolis 2	0,30	0,42
<b>Svary: 3 body</b>	Svar 3b 1	0,31	0,42
	Svar 3b 2	0,41	0,50



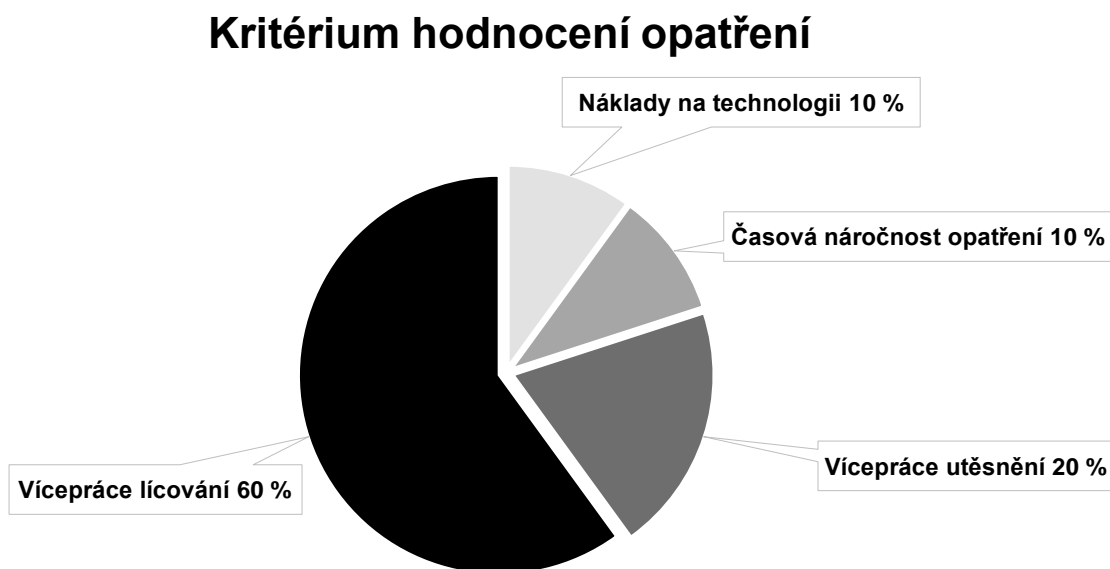
Obrázek 4.59: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u pravých zadních dveří

## 5 Vícekriteriální analýza variant opatření

Po poznání výrobního procesu a vyhodnocení všech analýz je možné získané výsledky využít pro vícekriteriální analýzu variant všech opatření a z výsledku by mělo být patrné nejlepší opatření dle stanovených kritérií a jejich vah.

Za kritéria byly zvoleny především kvalitativní parametry spojené s lícováním dveří v průběhu výrobního procesu a těsněním lemových spojů. Zohledněny byly také parametry týkající se nákladů na výrobní technologii a celkovou časovou náročnost opatření. Celková váha 100 % byla mezi tato zmíněná kritéria rozdělena následovně:

- náklady na technologii - 10 %,
- časová náročnost opatření - 10 %,
- vícepráce utěsnění - 20 %,
- vícepráce lícování - 60 %.



Obrázek 5.1: Výšečový graf znázorňující procentuální váhu jednotlivých kritérií



Z pohledu kvality a stability výrobního procesu jsem největší váhu přiřadil k vícepráci lícování, protože s vyšší tvarovou nestabilitou dveří vzniká i větší vícepráce při lícování. Vzhledem k tomu, že lícování probíhá jak na svařovně při montáži dveří na okovanou karoserii, tak i během montáže zbylých dílů na dveře, přiřadil jsem vícepráci největší důležitost o váze 60 %. Jak již bylo popsáno, s využitím technologie ražení prolisů je spojeno vytlačování lepidla naneseného během procesu svařování. K tomuto vytlačování lepidla dochází při jeho vytvrzování v místech lemových spojů s prolisy na lakovně. Po vytvrzení lepidel následuje aplikace těsnící housenky na lemové spoje a někdy dochází kvůli vytlačenému lepidlu k nekvalitnímu nanesení housenky a poté je nutná oprava. Z tohoto důvodu dávám vícepráci utěsnění váhu 20 %. Zbývá dvě uvažovaná kritéria nejsou z pohledu kvality důležitá, takže mají obě po 10 %. Výsledný součet vah tedy dává celkem 100 %.

Pro přesnější ohodnocení jednotlivých opatření vzhledem k daným kritériím jsem zvolil bodovou stupnici následovně:

- 10 bodů = největší význam (nejlepší),
- 1 bod = nejmenší význam (nejhorší).

U žádného opatření nedošlo k využití jediné technologie pojišťování lemu dveří, a proto má z hlediska finanční úspory největší význam ohodnocený 10 body. Při porovnání technologie ražení a svařování je levnější technologií ražení prolisů a proto jsem opatření s prolisy obodoval 8 body. U opatření s jedním svarovým bodem nebo se třemi by byla při sériové výrobě využita stejná metoda svařování pro zhotovení všech svarů, takže zde hodnotím tuto technologii 5 body. Nejmenší význam na finanční úsporu má opatření s jedním pojistným svarem a prolisy, protože dochází k využití technologie svařování i ražení, proto hodnotím 1 bodem.

Největší význam na úsporu výrobního času má výroba dveří bez opatření, proto jsem ohodnotil 10 body. Nejrychlejší variantou pojištění lemu je jeden svarový bod, který hodnotím 8 body. Následně 7 body hodnotím opatření se 3 svarovými body. Větší rozdíl následuje u opatření s prolisy, kde se robot musí napolohovat postupně na všech 8 poloh pro ražení 8 prolisů, proto hodnotím 2 body. Časově

nejnáročnější je opatření s jedním svarovým bodem a prolisy, kde dochází celkem ke zhotovení všech 9 pojištění, na které se musí robot napolohovat.

U kritéria s víceprací utěsnění je snadné hodnocení. Opatření, jejichž součástí jsou prolisy, jsem ohodnotil za 1 bod. Pouze u pojištění s prolisy dochází k vytlačení lepidla v místech prolisů po vytvrzení. Zbylá opatření jsou ohodnocena 10 body.

Při hodnocení kritéria vícepráce lícování vycházím z výsledků jednotlivých analýz. Při žádném opatření a při opatření s pojistnými prolisy dochází k výrazné nežádoucí změně tvaru dveří, což znamená značně náročné lícování na svařovně a později i na montážní lince při kompletaci dveří. Tyto dvě opatření hodnotím za 1 bod, protože nemají žádný vliv na snížení vícepráce, naopak způsobují problémy s tvarovou stabilitou dveří. Vzhledem ke skutečnosti, že jeden svarový bod byl v několika případech méně stabilní než opatření s jedním pojistným svarem a současně s 8 prolisy a také než opatření se třemi pojistnými svary, hodnotím jeden svarový bod 8 body. Zbylá dvě opatření, opatření s pojistným svarem a prolisy a také opatření se 3 pojistnými svary, hodnotím za 10 bodů. Opatření se 3 pojistnými svary především z důvodu, že po montáži dveří na okovanou karoserii u nich nedochází ke změně vyhodnocovaného přetočení a výrobní proces je po výrobní fázi montáže dveří stabilní.

Z váženého hodnocení opatření je zřejmé, že nejhůře se na 5. a 4. místě umístily zkoušky bez opatření a s pojistnými prolisy. Zde je patrné, že pojistné prolisy jsou zbytečné, protože na tvarovou stabilitu dveří mají minimální vliv a jejich náklady na technologii a časovou náročnost jsou neopodstatněné. Stejného výsledku dostaneme, když porovnáme opatření s pouze jedním pojistným svarem a opatření s pojistným svarem a pojistnými prolisy. Zbytečné náklady na technologii (2 výrobní zařízení), časová náročnost a vícepráce s utěsněním je způsobena opět pojistnými prolisy, které jsou zbytečné a proto jeden pojistný svar bez prolisů dosáhl váženého hodnocení 8,1 oproti 6,4, které má svar i s prolisy. Nejlépe dopadlo opatření se 3 pojistnými prolisy s váženým hodnocením 9,2 z 10 maximálně možných. Tyto výsledky vícekriteriální analýzy se shodují s jednotlivými vyhodnoceními analýz u všech dveří. Toto hodnocení a výsledky vícekriteriální analýzy jsou zobrazeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Vícekriteriální analýza variant opatření

Kritérium hodnocení	Váha [%]	Váha kritérií	Hodnocení opatření				
			Žádné	Prolisy	Svar: 1 bod	Svar + Prolisy	Svary: 3 body
Náklady na technologii	10	0,1	10	8	5	1	5
Časová náročnost opatření	10	0,1	10	2	8	1	7
Vícepráce utěsnění	20	0,2	10	1	10	1	10
Vícepráce lícování	60	0,6	1	1	8	10	10
Kritérium hodnocení	Váha [%]	Váha kritérií	Vážené hodnocení opatření				
			Žádné	Prolisy	Svar: 1 bod	Svar + Prolisy	Svary: 3 body
Náklady na technologii	10	0,1	1	0,8	0,5	0,1	0,5
Časová náročnost opatření	10	0,1	1	0,2	0,8	0,1	0,7
Vícepráce utěsnění	20	0,2	2	0,2	2	0,2	2
Vícepráce lícování	60	0,6	0,6	0,6	4,8	6	6
<b>Σ</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>4,6</b>	<b>1,8</b>	<b>8,1</b>	<b>6,4</b>	<b>9,2</b>
<b>Pořadí</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>1.</b>

## 6 Vyhodnocení analýz a doporučení

Sériové opatření je z hlediska kvalitativních požadavků vyhovující, ale jak se ukázalo při porovnání zkoušek bez opatření a s pojistnými prolisy, tak je zřejmé, že pouze pojistné prolisy mají zanedbatelný vliv na pojištění lemu dveří. Při opatření s prolisy bylo dosaženo hodnoty přetočení až 3 mm, což je podobný výsledek jako u zkoušky bez opatření. K výraznému zlepšení došlo vždy až při zkoušce s jedním pojistným svarem. Zlepšení představovalo oproti pojistným svarům rozdíl až o 2,8 mm a ve většině případů bylo opatření s pojistnými svary z hlediska kvalitativních požadavků dostačující. Z tohoto pohledu je použití pojistných prolisů v aktuální sériové výrobě při pojišťování lemů zbytečné. Při použití pojistných prolisů je dále potřeba zohlednit časovou náročnost při výrobě 8 prolisů, kdy při každém ražení tohoto prolisu je nutné, aby se robot napolochoval na dané pozice. Dále jsem zjistil, že v oblasti prolisů dochází po zalemování a vytvrzení lepidla k jeho vytlačení, s čímž je spojena zároveň i vyšší pracnost, protože takto vytlačené lepidlo je nutné odstranit. Pokud k odstranění nedojde, tak během aplikace těsnicího tmelu na lemové spoje proběhne nesprávná aplikace housenky. Tato skutečnost představuje další pracnost, protože při nekvalitní aplikaci housenky s těsnicím tmelem je nutné ji odstranit a následně místo lemu začistit a těsnění v tomto místě znovu aplikovat. Zároveň jsou při tomto sériově používaném pojištění lemu použity dvě technologie, a to jak ražení prolisů, tak svařování bodových svarů.

Při zkoušce opatření se 3 pojistnými svary jsem zjistil, že u levých předních dveří došlo k mírnému zlepšení nebo srovnatelným výsledkům se sériovým opatřením s pojistným svarem a prolisy. U pravých předních dveří došlo ke stabilizaci výrobního procesu po montáži dveří do okované karoserie, obě zbylá opatření měla velký rozptyl přetočení. U levých zadních dveří došlo 3 pojistnými svary ke zhoršení, ale pořád se výsledky přetočení pohybují v okolí meze 0,4 mm. U pravých zadních dveří byly výsledky všech těchto tří nejlepších zkoušek podobné a po KTL se nacházely v okolí meze. U opatření se 3 pojistnými svary lze nejlépe předpokládat změnu tvaru dveří v průběhu celého výrobního procesu, kdy k nejvýraznější změně došlo po montáži dveří na okovanou karoserii a následně během procesu byl tento tvar dveří zachován, což je zřejmé z grafů

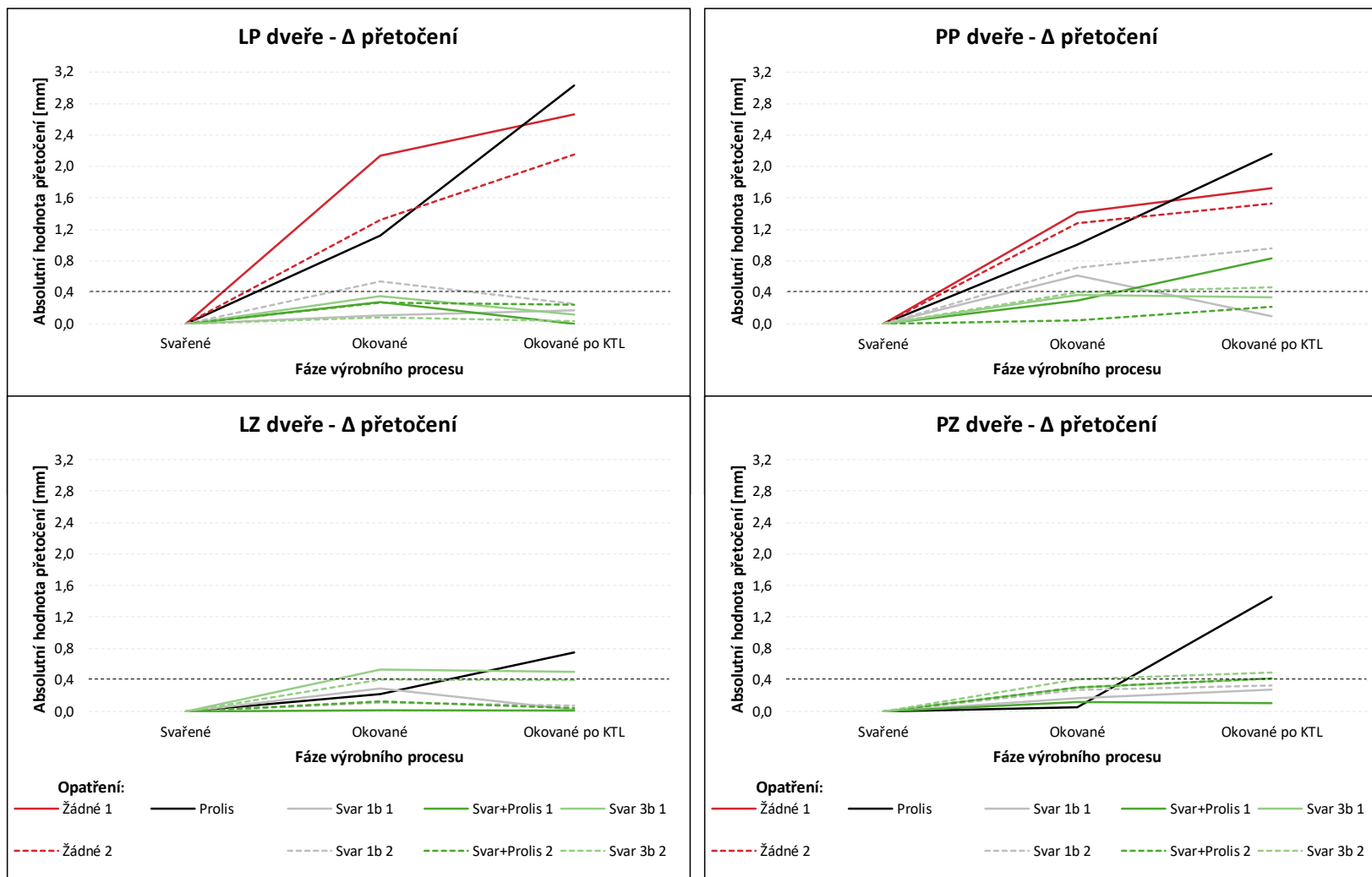
na obrázku 6.2. Tento poznatek je možné využít už při nastavení svařovacích přípravků v průběhu svařování dveří.

Opatření se 3 pojistnými svary je tedy vhodnou alternativou v porovnání se sériovým opatřením s 1 pojistným svarem a 8 pojistnými prolisy. Zároveň by došlo k minimalizování časové náročnosti a odstranění pracnosti spojené s odstraňováním vytlačeného lepidla po vytvrzení v oblasti lemů s prolisy a s tím spojené opravy housenek s těsnicím tmelem na lemu při nesprávně naneseném těsnění z důvodu vytlačeného lepidla. Tento výsledek odpovídá vícekriteriálnímu hodnocení.

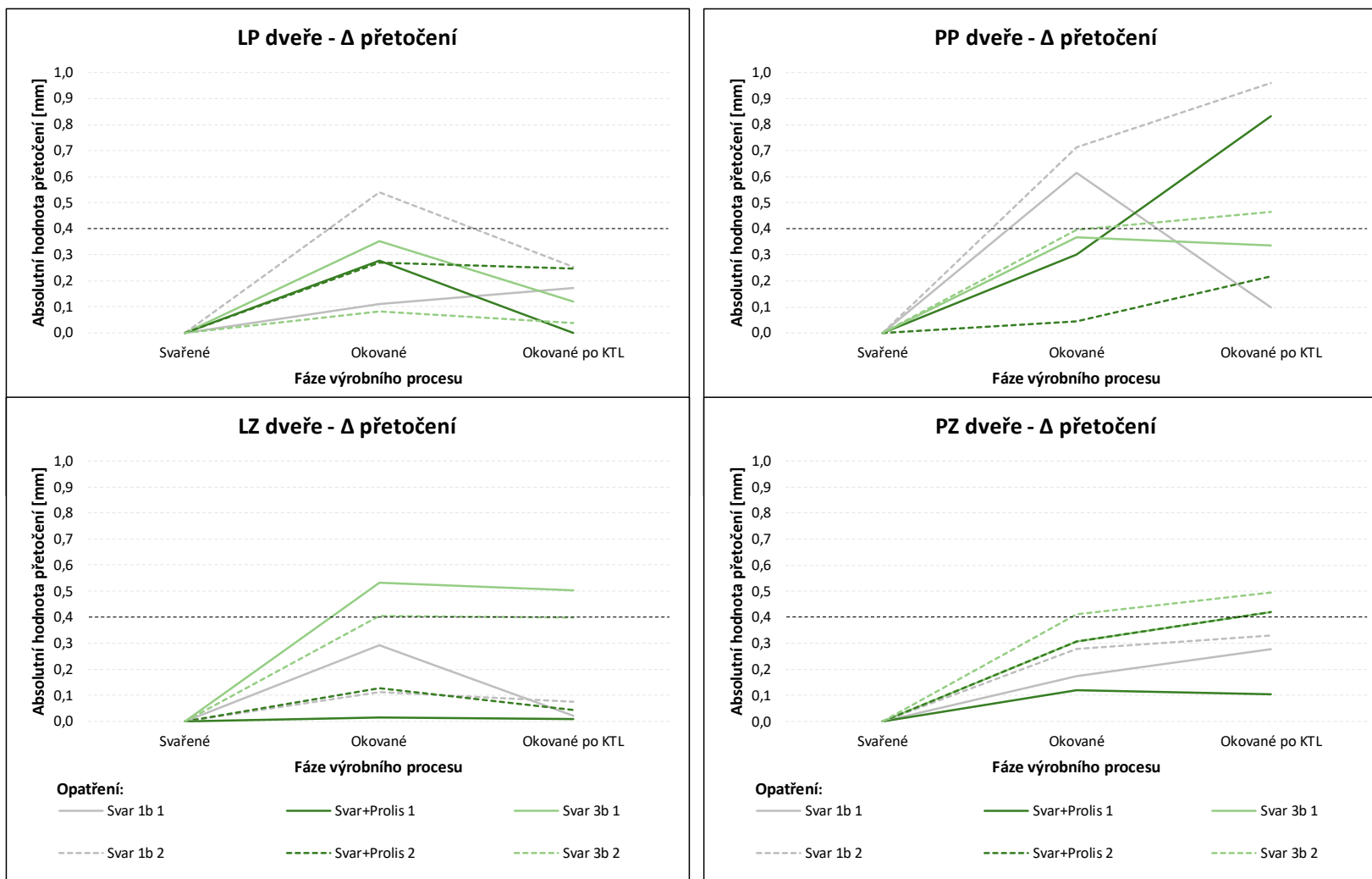
Před zavedením opatření se 3 pojistnými svary do sériové výroby doporučuji s ohledem na získané výsledky provést zkoušku minimálně 10 kompletních sad dveří se 100% kontrolou povrchových vad po svařování v místech s doplněnými svary náhradní technologií CMT na vnějším plechu. Dále v následném procesu v lakovně zkontrolovat správné provedení jemného utěsnění lemů dveří housenkou s těsnicím tmelem. Zároveň v jednotlivých fázích výrobního procesu na svařovně a v lakovně provést kontroly lícování na okované karoserii před i po KTL. Na závěr tuto kontrolu lícování provést i na hotových vozech.

Dále bych doporučil zmapovat aktuální stav opatření a jeho funkčnosti pojištění lemu dveří u dalších modelů vozů a provést u nich zkoušky s opatřením 3 pojistných bodových svarů, aby došlo ke sjednocení a použití jedné stejné technologie u všech modelů. Tímto by došlo k využití stejných přínosů pojištění jako u zkouškových dveří vybraného modelu vozu, u něhož nastane úspora času při pojišťování lemu dveří. Uspořený čas bude možné využít například na zlepšení čistění dveří po výrobní operaci svařování nebo k výrobě více kusů dveří. Dále dojde ke snížení pracnosti při nanášení těsnicího tmelu na lemy, kdy dochází před touto aplikací k vytlačení lepidla po jeho vytvrzení v místě lemů s pojistnými prolisy.

Shrnutí výsledku všech zkoušek pro všechny dveře je na následujícím obrázku 6.1. Opatření s nejlépe dosaženými výsledky je potom na obrázku 6.2 a výsledné hodnoty přetočení těchto opatření jsou v tabulce 12.



Obrázek 6.1: Grafické zobrazení absolutních hodnot přetočení vůči svařeným dveřím u všech opatření celých sad dveří



Obrázek 6.2: Grafické zobrazení absolutních hodnot přetočení vůči svařeným dveřím u nejlepších opatření celých sad dveří

Tabulka 12: Rozdíl absolutních hodnot přetočení u nejlepších opatření celých sad dveří

## Rozdíl absolutních hodnot přetočení okovaných dveří po KTL vůči svařeným dveřím

Opatření	$\Delta$ přetočení [mm]			
	LP dveře	PP dveře	LZ dveře	PZ dveře
1 bod pojistného svaru - 1	0,17	0,10	0,02	0,28
1 bod pojistného svaru - 2	0,26	0,96	0,07	0,33
<b>Pojistný svar + prolisy - 1</b>	<b>0</b>	<b>0,83</b>	<b>0,01</b>	<b>0,11</b>
<b>Pojistný svar + prolisy - 2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,22</b>	<b>0,05</b>	<b>0,42</b>
<b>3 body pojistných svarů - 1</b>	<b>0,12</b>	<b>0,34</b>	<b>0,50</b>	<b>0,42</b>
<b>3 body pojistných svarů - 2</b>	<b>0,04</b>	<b>0,47</b>	<b>0,40</b>	<b>0,50</b>



## 7 Závěr

Bylo realizováno všech 5 naplánovaných zkoušek opatření lemu proti změně tvaru bočních dveří. Hlavní náplní a cílem této práce bylo analyzovat a vyhodnotit jednotlivé zkoušky za účelem zvolení nejlepšího opatření z hlediska několika kritérií pro společnost ŠKODA AUTO a.s.

Analýzou první zkoušky u dveří bez opatření jsem zjistil, že je rozměrová stabilita dveří nedostatečná. Z tohoto důvodu je nutné pojišťovat lem dveří, aby během procesu nedocházelo k vícepráci spojené s lícováním dveří.

Vyhodnocením všech analýz jsem dospěl k závěru, že použití pojistných prolisů v aktuální sériové výrobě při pojišťování lemů má minimální vliv na rozměrovou stabilitu bočních dveří. Z tohoto důvodu je vhodnou alternativou opatření se 3 pojistnými svary, u kterého bylo dosaženo výsledků srovnatelných se sériovým pojištěním s jedním pojistným svarem a pojistnými prolisy.

Před nasazením opatření lemů dveří se 3 pojistnými svary do sériové výroby doporučuji provést zkoušku minimálně na 10 kompletních sadách dveří s přísnějšími kontrolami během jednotlivých fází výrobního procesu a zároveň na hotových vozech. Dále doporučuji na základě získaných výsledků zmapování aktuálního stavu u zbylých modelů vozů a s ohledem na jejich výsledky případně také nasadit opatření se 3 pojistnými svary.

## Použitá literatura

- [1] Interní podklady společnosti ŠKODA AUTO a.s.
- [2] *NEWSLETTER PRO OBYVATELE OKOLÍ ZÁVODU ŠKODA AUTO KVASINY 2/2018*. ŠKODA Storyboard [online]. 2018 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/newsletter-pro-obyvatele-okoli-zavodu-skoda-auto-kvasiny-2-2018/>
- [3] *Naše modely*. ŠKODA AUTO [online]. 2020 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/>
- [4] *15 milionů vozů od roku 1991*. ŠKODA Storyboard [online]. 2017 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/15-milionu-vozu-od-roku-1991/>
- [5] NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-80-726-1561-2.
- [6] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [7] ČSN EN ISO 9000:2016. *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [8] Burke, Sarah E. a Rachel T. Silvestrini. *The certified quality engineer handbook. 4th ed.* Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2017. ISBN 978-0-87389-944-4.
- [9] ISO 9000:2015. *Quality management systems - Fundamentals and vocabulary*. Geneva: ISO, 2015.
- [10] ISO 9001:2015. *Quality management systems - Requirements*. Geneva: ISO, 2015.
- [11] ČSN EN ISO 9001:2016. *Systémy managementu kvality - Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [12] IATF 16949:2016. *Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations*. Southfield, Michigan: AIAG, 2016.

- [13] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-543-1.
- [14] NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody v řízení jakosti*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-318-4.
- [15] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Octavia II: Octavia, Octavia Combi, 4x4, Octavia RS, Scout. 2.,* přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2962-6.
- [16] VLK, František. *Karosérie motorových vozidel: ergonomika, biomechanika, pasivní bezpečnost, kolize, struktura, materiály*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
- [17] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Roomster: konstrukce, technika, údržba*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1662-6.
- [18] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Fabia II: konstrukce, technika, údržba*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2155-2.
- [19] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. ISBN 80-85920-76-X.
- [20] OBERMAJER, Lukáš. *Typy karoserií osobních automobilů*. LUDECO [online]. 2008 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <http://ludeco.blog.cz/0803/typy-karoserii-osobnich-automobilu>
- [21] *Karoserie. Bezpečné cesty* [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>
- [22] NAYYERI, Pooyan. *Materials for Automotive Body and Chassis Structure*. LinkedIn [online]. Semnan: University of Semnan, 2015 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/materials-automotive-body-chassis-structure-pooyan-nayyeri>
- [23] SCHWARZ, Jiří a Jiří WOHLMUTH. *Automobily Škoda Superb: konstrukce, technické hodnoty, údržba*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0879-5.
- [24] *EHK/OSN č. 11*. ESIPA [online]. 2010 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: [https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42010X0513\(01\)](https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42010X0513(01))

- [25] *EHK/OSN č. 43*. ESIPA [online]. 2014 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: [https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42014X0212\(01\)](https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42014X0212(01))
- [26] *EHK OSN č. 94*. ESIPA [online]. 2018 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42018X0178>
- [27] *EHK OSN č. 95*. ESIPA [online]. 2015 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: [https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42015X0710\(01\)](https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42015X0710(01))
- [28] ISO 472:2013. *Plastics - Vocabulary*. Geneva: ISO, 2013.
- [29] FECHTNER, Katharina. *THEMA DES MONATS: Was Lack alles kann*. CLASSICPARTS4YOU.COM [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://classicparts4you.com/de/news/thema-des-monats/>
- [30] *Krok za krokem nejmodernější lakovnou ŠKODA AUTO*. ŠKODA Storyboard [online]. 2019 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace-cs/krok-za-krokem-nejmodernejsi-lakovnou-skoda-auto/>
- [31] *Autolackierung: Grundierung durch Elektrotauchlackierung*. ChemgaPedia [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/netzwerke/lacke/autolack.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/netzwerke/lacke/eltauch.vscml.html>
- [32] PILVOUSEK, Tomáš. Lepení ve výrobě karoserie. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2017, roč. 2017, č. 7 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/lepeni-ve-vyrobe-karoserie.html>
- [33] *DEA BRAVO HP*. Hexagon [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.hexagonmi.com/cs-cz/products/coordinate-measuring-machines/horizontal-arm-cmms/dea-bravo-hp>
- [34] NENÁHLO, Čeněk. Měřicí technika ve strojírenství. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013, roč. 2013, č. 9 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/merici-technika-ve-strojirenstvi.html>

- [35] *Upínací systém FIVE U-nique*. Hexagon [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.hexagonmi.com/cs-cz/products/coordinate-measuring-machines/accessories-for-cmms/five-unique-fixturing-system>
- [36] *DEA BRAVO HA*. Hexagon [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.hexagonmi.com/cs-cz/products/coordinate-measuring-machines/horizontal-arm-cmms/dea-bravo-ha>
- [37] *Laser Tracker Systems*. Creative Infocom [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.creativeinfocom.com/laser-tracker-systems.html>
- [38] VW 01052:2010. *Zeichnungen*. Volkswagen, 2010.
- [39] VW 01055:2017. *Referenz-Punkt-Systematik (RPS)*. Volkswagen, 2017.
- [40] BIRKERT, Arndt. *Umformtechnische Herstellung komplexer Karosserieteile*. Berlin: Springer, 2013. ISBN 978-3-642-34669-9.
- [41] *Bodové svařování*. ROCKWELD [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.rockweld.cz/bodove-svarovani/>
- [42] *VarioPicker*. FFT [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.fft.de/leistungen/produkte/variopicker/>
- [43] *COLD METAL TRANSFER*. Fronius [online]. [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <http://www.fronius.cn/en/images/files/1480324227att.pdf>
- [44] KOLAŘÍK, Ladislav. Současný vývoj v oblasti svařování. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2018, roč. 2018, č. 1 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/soucasny-vyvoj-v-oblasti-svarovani.html>

# Seznam obrázků

- Obrázek 1.1: Výrobní závod ŠKODA AUTO a.s. v Kvasinách
- Obrázek 1.2: Modelová paleta osobních vozů ŠKODA (červenec 2020)
- Obrázek 1.3: Výrobní závody ŠKODA AUTO a.s. ve světě
- Obrázek 2.1: Znázornění PDCA cyklu
- Obrázek 3.1: Vybrané základní druhy karoserií osobních vozidel
- Obrázek 3.2: Důležité díly karoserie, které se podílí na pasivní bezpečnosti posádky
- Obrázek 3.3: Skelet karoserie a panelové díly
- Obrázek 3.4: Systém protikorozní ochrany osobního vozidla
- Obrázek 3.5: Schéma kataforézního lakování (KTL)
- Obrázek 4.1: Úplný vnitřní díl levých předních dveří upnut v otočném kalibračním stole
- Obrázek 4.2: Úplný vnitřní díl levých předních dveří bez vnějšího plechu s výztuhami
- Obrázek 4.3: Automatické robotické pracoviště s nanášením lepidla, ražením prolisů a bodovým svařováním
- Obrázek 4.4: Lemovací zařízení se založenými pravými zadními dveřmi
- Obrázek 4.5: Oblast zalemování levých předních dveří s řezem lepeného spoje v lemu
- Obrázek 4.6: Schematické zobrazení montáže dveří na skelet karoserie
- Obrázek 4.7: Použití ustavovacích přípravků při lícování předních bočních dveří
- Obrázek 4.8: Část linky s předúpravami
- Obrázek 4.9: Část linky s kataforézním lakováním (KTL)
- Obrázek 4.10: Zobrazená poloha znaků kvality na rámečku a nad obložení dveří
- Obrázek 4.11: Štítek pro pozastavení dílu používaný při zkouškách
- Obrázek 4.12: Zástavba upínacího systému FIVE U-nique
- Obrázek 4.13: Ustavení pravých předních dveří v upínacím systému FIVE U-nique
- Obrázek 4.14: Celá sada dveří založená v technologickém vozíku
- Obrázek 4.15: Automatizovaná robotická měřicí buňka
- Obrázek 4.16: Zástavba podpěrného a upínacího systém ZEISS CARFIT
- Obrázek 4.17: Globální souřadnicový systém vozidla
- Obrázek 4.18: Transportní nosný rám určený pro manipulaci s karoserií, tzv. skid
- Obrázek 4.19: Dveře před KTL na ustavené okované karoserii na podpěrném a upínacím systému ZEISS CARFIT
- Obrázek 4.20: Dveře po KTL na ustavené okované karoserii na podpěrném a upínacím systému ZEISS CARFIT

Obrázek 4.21: Zobrazené vyrovnání na RPS předních dveří

Obrázek 4.22: Zobrazené vyrovnání na RPS zadních dveří

Obrázek 4.23: Přehled všech zkouškových opatření a jejich pozic na dveřích

Obrázek 4.24: Zkouškové přední dveře bez opatření

Obrázek 4.25: Robotické pracoviště s ražením pojistných prolisů v automatizované buňce

Obrázek 4.26: Detail ražení pojistných prolisů na vnitřní plech dveří, pohledy z obou stran

Obrázek 4.27: Vlevo je pojistný prolis po zalemování v oblasti obložení a vpravo v oblasti šachty dveří

Obrázek 4.28: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením pojistných prolisů

Obrázek 4.29: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením 1 bodu pojistného svaru

Obrázek 4.30: Schéma nepřímého bodového svařování s bočním proudem

Obrázek 4.31: Zařízení VarioPicker

Obrázek 4.32: Vlevo je bod pojistného svaru na předních a vpravo na zadních dveřích

Obrázek 4.33: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením pojistného svaru a prolisů

Obrázek 4.34: Vytlačené lepidlo v oblasti lemu s pojistným prolisem

Obrázek 4.35: Vlevo aplikace těsnicího tmelu a vpravo správně aplikovaná housenka

Obrázek 4.36: Zkouškové přední a zadní dveře s opatřením 3 bodů pojistných svarů

Obrázek 4.37: Svařovací proces technologií CMT

Obrázek 4.38: Vlevo je CMT bod na dolní hraně obložení a vpravo nad zámkem předních dveří

Obrázek 4.39: Tabulka určená pro změřené znaky kvality a vypočítané hodnoty pro analýzy

Obrázek 4.40: Názorný layout určený pro analýzy zkoušek opatření v milimetrech

Obrázek 4.41: Názorný layout s grafy určenými pro analýzy opatření

Obrázek 4.42: Názorný detailní layout s grafy určenými pro výslednou analýzu opatření

Obrázek 4.43: Výsledek zkoušky bez opatření u levých předních dveří v milimetrech

Obrázek 4.44: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro žádné opatření u levých předních dveří

Obrázek 4.45: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u levých předních dveří v milimetrech

Obrázek 4.46: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro daná 2 opatření u levých předních dveří

- Obrázek 4.47: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u levých předních dveří v milimetrech
- Obrázek 4.48: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro daná 3 opatření u levých předních dveří
- Obrázek 4.49: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u levých předních dveří v milimetrech
- Obrázek 4.50: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro daná 4 opatření u levých předních dveří
- Obrázek 4.51: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u levých předních dveří v milimetrech
- Obrázek 4.52: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u levých předních dveří
- Obrázek 4.53: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u levých předních dveří
- Obrázek 4.54: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u pravých předních dveří
- Obrázek 4.55: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u pravých předních dveří
- Obrázek 4.56: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u levých zadních dveří
- Obrázek 4.57: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u levých zadních dveří
- Obrázek 4.58: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku pro všechna opatření u pravých zadních dveří
- Obrázek 4.59: Grafické zobrazení odchylek a absolutních hodnot přetočení vůči počátku vybraných opatření u pravých zadních dveří
- Obrázek 5.1: Výsečový graf znázorňující procentuální váhu jednotlivých kritérií
- Obrázek 6.1: Grafické zobrazení absolutních hodnot přetočení vůči svařeným dveřím u všech opatření celých sad dveří
- Obrázek 6.2: Grafické zobrazení absolutních hodnot přetočení vůči svařeným dveřím u nejlepších opatření celých sad dveří



# Seznam tabulek

- Tabulka 1: Historicky významná období managementu kvality ve 20. století
- Tabulka 2: Příklad zjednodušeného procesního postupu antikoročních operací a lakování karoserie s orientačními procesními parametry
- Tabulka 3: Poloha a stav dveří a jejich vliv na změnu tvaru během výrobního procesu
- Tabulka 4: Zjednodušený přehled procesního postupu předúprav a KTL s přibližnými procesními parametry
- Tabulka 5: Přehled provedených zkoušek s počty jednotlivých pojistných opatření
- Tabulka 6: Přehled zkoušek a počty zkouškových dveří s aplikovanými opatřeními
- Tabulka 7:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u levých předních dveří
- Tabulka 8:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u pravých předních dveří
- Tabulka 9:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u levých zadních dveří
- Tabulka 10:  $\Delta$  přetočení dveří před a po KTL vůči svařeným dveřím u pravých zadních dveří
- Tabulka 11: Vícekriteriální analýza variant opatření
- Tabulka 12: Rozdíl absolutních hodnot přetočení u nejlepších opatření celých sad dveří

# Seznam příloh

- Příloha 1: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u levých předních dveří
- Příloha 2: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u pravých předních dveří
- Příloha 3: Výsledek zkoušky bez opatření u pravých předních dveří v milimetrech
- Příloha 4: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u pravých předních dveří v milimetrech
- Příloha 5: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u pravých předních dveří v milimetrech
- Příloha 6: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u pravých předních dveří v milimetrech
- Příloha 7: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u pravých předních dveří v milimetrech
- Příloha 8: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u levých zadních dveří
- Příloha 9: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u levých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 10: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u levých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 11: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u levých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 12: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u levých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 13: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u pravých zadních dveří
- Příloha 14: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u pravých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 15: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u pravých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 16: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u pravých zadních dveří v milimetrech
- Příloha 17: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u pravých zadních dveří v milimetrech

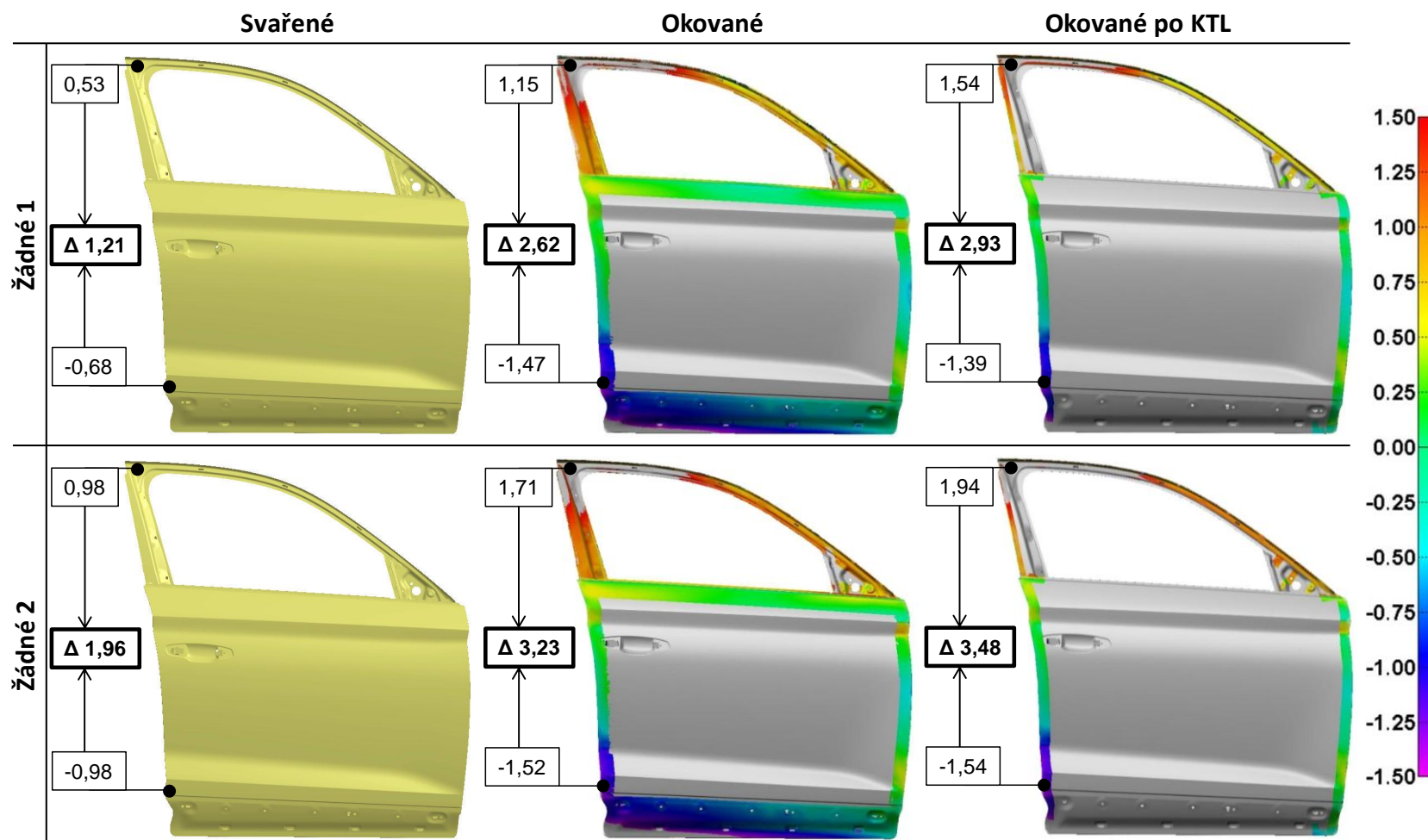
LP dveře										
Fáze výrobního procesu	Opatření	Žádné		Prolisy	Svar: 1 bod		Svar + Prolisy		Svary: 3 body	
		Žádné 1	Žádné 2	Prolis	Svar 1b 1	Svar 1b 2	Svar+Prolis 1	Svar+Prolis 2	Svar 3b 1	Svar 3b 2
Svařené	Změřeno na rámečku [mm]	0,75	0,90	0,08	0,67	0,52	0,41	-0,23	0,45	0,23
	Změřeno nad obložením [mm]	-0,60	-0,68	-0,02	-0,40	-0,23	-0,35	-0,08	-0,38	-0,15
	Δ rámečku a obložení [mm]	1,35	1,58	0,10	1,07	0,75	0,76	0,15	0,83	0,38
	Počátek na rámečku [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Počátek nad obložením [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Δ přetočení [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Okované	Změřeno na rámečku [mm]	2,00	1,72	0,77	0,62	0,77	0,33	-0,37	0,32	0,17
	Změřeno nad obložením [mm]	-1,49	-1,18	-0,44	-0,34	-0,52	-0,14	0,05	-0,15	-0,13
	Δ rámečku a obložení [mm]	3,49	2,90	1,21	0,96	1,29	0,47	0,42	0,47	0,30
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	1,25	0,82	0,70	-0,05	0,26	-0,08	-0,14	-0,13	-0,06
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-0,89	-0,50	-0,42	0,06	-0,29	0,20	0,13	0,23	0,02
	Δ přetočení [mm]	2,14	1,32	1,12	0,11	0,54	0,28	0,27	0,35	0,08
Okované po KTL	Změřeno na rámečku [mm]	2,34	2,23	1,77	0,52	0,56	0,44	-0,38	0,45	0,22
	Změřeno nad obložením [mm]	-1,67	-1,50	-1,35	-0,38	-0,45	-0,31	0,02	-0,26	-0,20
	Δ rámečku a obložení [mm]	4,01	3,73	3,12	0,90	1,01	0,75	0,40	0,71	0,42
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	1,59	1,33	1,70	-0,15	0,04	0,04	-0,16	0,00	-0,01
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-1,07	-0,83	-1,34	0,02	-0,22	0,04	0,09	0,12	-0,05
	Δ přetočení [mm]	2,66	2,15	3,03	0,17	0,26	0,00	0,25	0,12	0,04

Příloha 1: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u levých předních dveří

PP dveře										
Fáze výrobního procesu	Opatření	Žádné		Prolisy	Svar: 1 bod		Svar + Prolisy		Svary: 3 body	
		Žádné 1	Žádné 2	Prolis	Svar 1b 1	Svar 1b 2	Svar+Prolis 1	Svar+Prolis 2	Svar 3b 1	Svar 3b 2
Svařené	Změřeno na rámečku [mm]	0,53	0,98	0,12	0,16	0,43	0,35	-0,15	0,00	0,15
	Změřeno nad obložením [mm]	-0,68	-0,98	0,13	-0,32	-0,59	-0,65	-0,15	-0,45	-0,53
	Δ rámečku a obložení [mm]	1,21	1,96	0,01	0,48	1,02	1,00	0,00	0,45	0,68
	Počátek na rámečku [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Počátek nad obložením [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Δ přetočení [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Okované	Změřeno na rámečku [mm]	1,15	1,71	0,75	0,46	0,05	0,17	-0,12	-0,20	0,04
	Změřeno nad obložením [mm]	-1,47	-1,52	-0,26	-0,64	-0,26	-0,53	-0,17	-0,12	-0,24
	Δ rámečku a obložení [mm]	2,62	3,23	1,01	1,10	0,31	0,70	0,05	0,08	0,28
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	0,62	0,74	0,63	0,30	-0,38	-0,18	0,03	-0,20	-0,11
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-0,80	-0,54	-0,39	-0,32	0,33	0,12	-0,02	0,33	0,29
	Δ přetočení [mm]	1,42	1,28	1,01	0,62	0,71	0,30	0,05	0,37	0,40
Okované po KTL	Změřeno na rámečku [mm]	1,54	1,94	1,40	0,11	-0,22	-0,17	-0,29	-0,20	-0,02
	Změřeno nad obložením [mm]	-1,39	-1,54	-0,77	-0,47	-0,16	-0,34	-0,08	-0,08	-0,23
	Δ rámečku a obložení [mm]	2,93	3,48	2,17	0,58	0,06	0,17	0,21	0,12	0,21
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	1,01	0,97	1,28	-0,05	-0,65	-0,52	-0,14	-0,20	-0,17
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-0,71	-0,56	-0,90	-0,14	0,44	0,32	0,08	0,37	0,30
	Δ přetočení [mm]	1,73	1,53	2,16	0,10	0,96	0,83	0,22	0,34	0,47

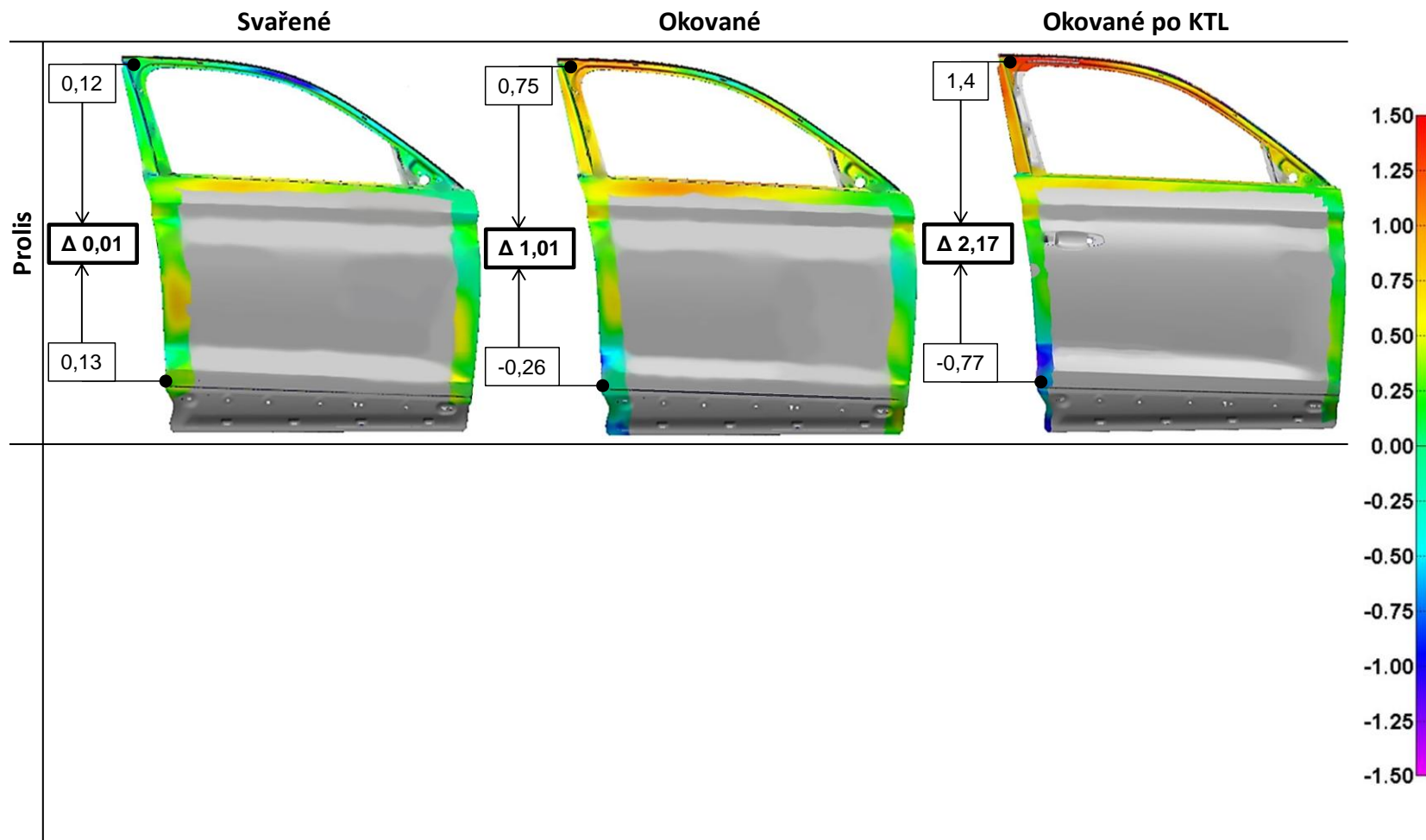
Příloha 2: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u pravých předních dveří

## Pravé přední dveře, opatření: žádné



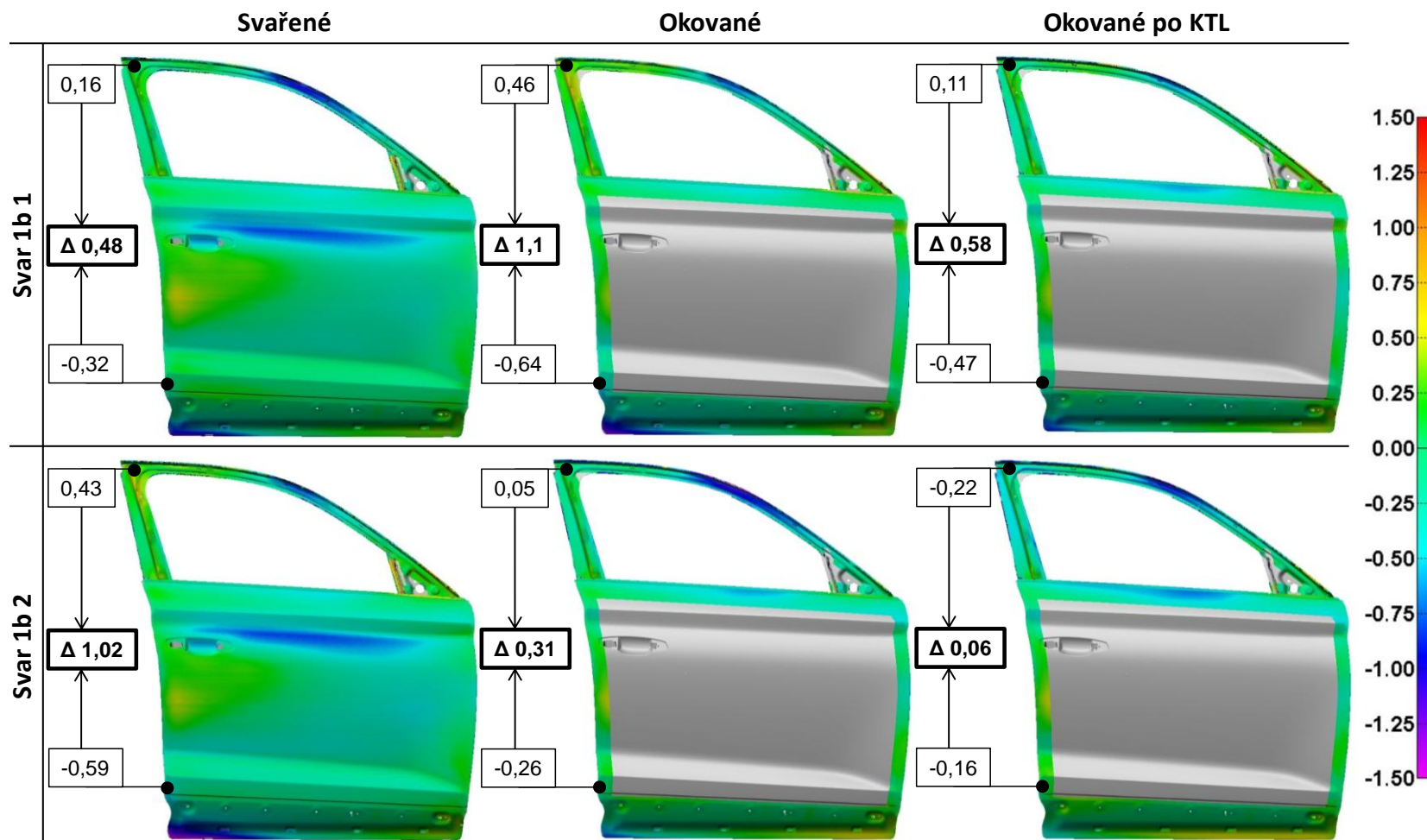
Příloha 3: Výsledek zkoušky bez opatření u pravých předních dveří v milimetrech

## Pravé přední dveře, opatření: pojistné prolisy



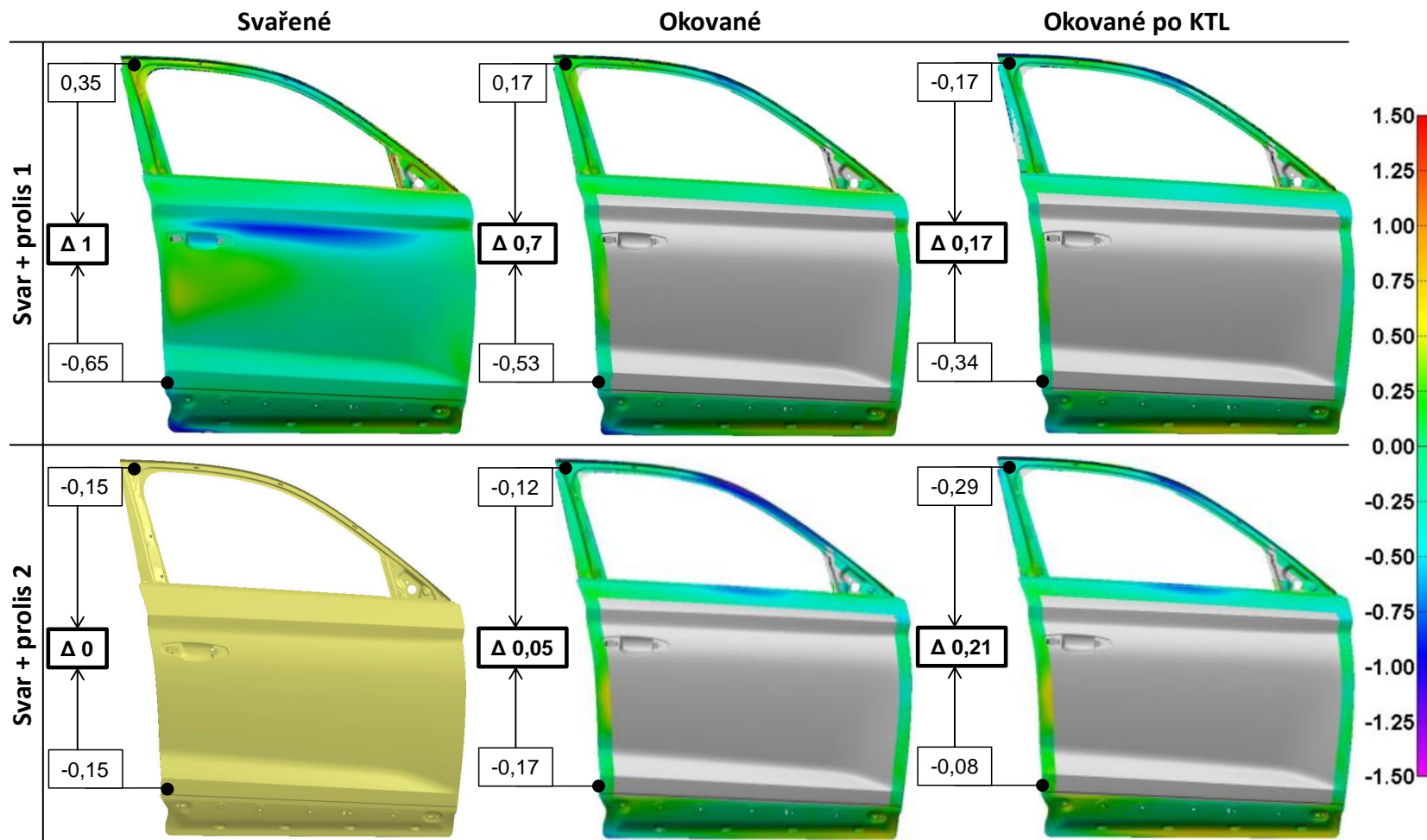
Příloha 4: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u pravých předních dveří v milimetrech

## Pravé přední dveře, opatření: 1 bod pojistného svaru



Příloha 5: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u pravých předních dveří v milimetrech

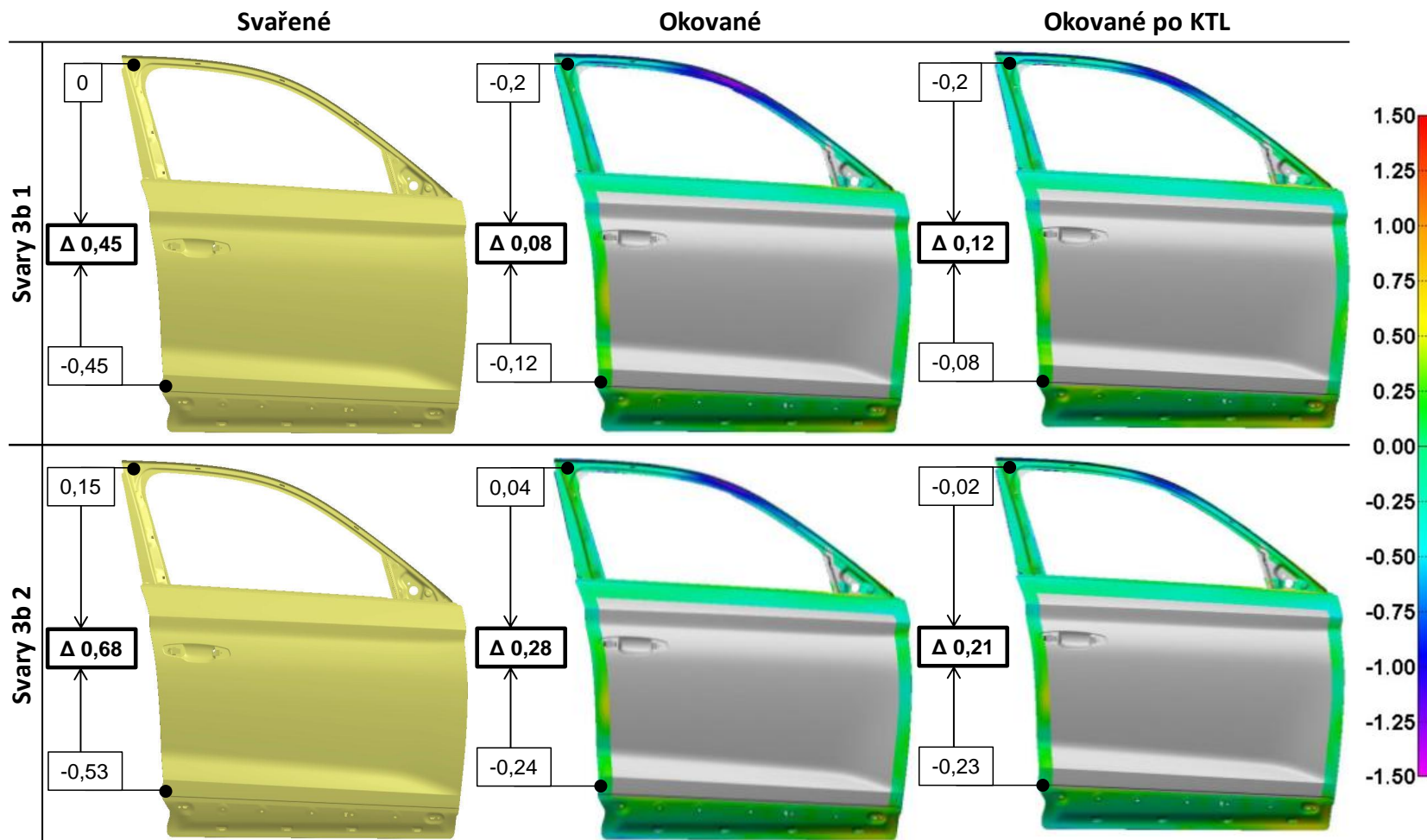
## Pravé přední dveře, opatření: pojistný svar + prolisy



Příloha 6: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u pravých předních dveří v milimetrech



## Pravé přední dveře, opatření: 3 body pojistných svarů

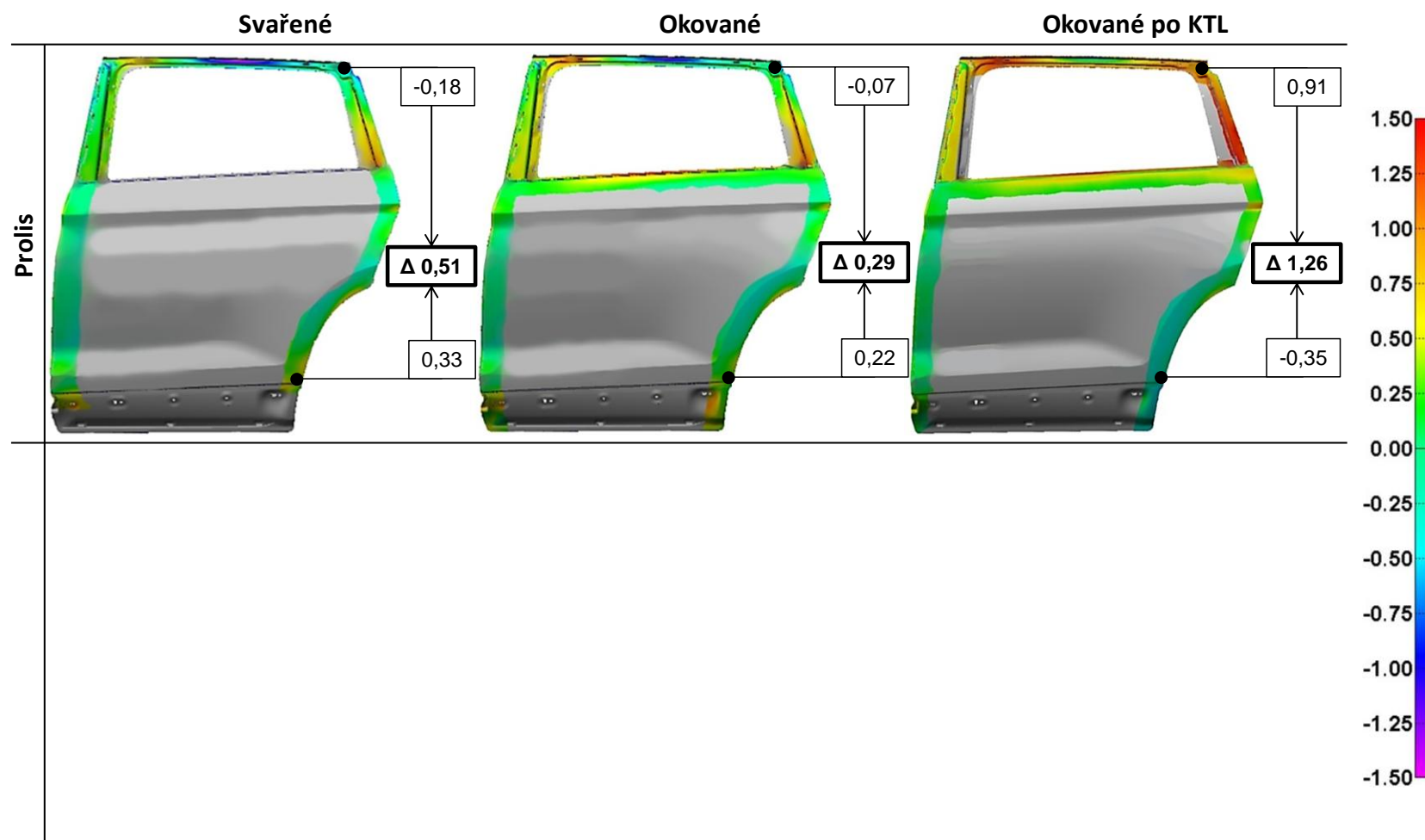


Příloha 7: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u pravých předních dveří v milimetrech

LZ dveře								
Fáze výrobního procesu	Opatření	Prolisy	Svar: 1 bod		Svar + Prolisy		Svary: 3 body	
	Označení vzorku	Prolis	Svar 1b 1	Svar 1b 2	Svar+Prolis 1	Svar+Prolis 2	Svar 3b 1	Svar 3b 2
Svařené	Změřeno na rámečku [mm]	-0,18	-0,54	-0,38	-1,13	-1,05	-0,83	-0,75
	Změřeno nad obložením [mm]	0,33	-0,23	-0,16	-0,26	-0,38	0,00	0,08
	Δ rámečku a obložení [mm]	0,51	0,31	0,22	0,87	0,67	0,83	0,83
	Počátek na rámečku [mm]	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Počátek nad obložením [mm]	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Δ přetočení [mm]	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Okované	Změřeno na rámečku [mm]	-0,07	-0,23	-0,53	-1,09	-1,13	-0,42	-0,43
	Změřeno nad obložením [mm]	0,22	-0,25	-0,20	-0,23	-0,32	-0,13	-0,01
	Δ rámečku a obložení [mm]	0,29	0,02	0,33	0,86	0,81	0,29	0,42
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	<b>0,11</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,04</b>	<b>-0,08</b>	<b>0,41</b>	<b>0,32</b>
	Δ vůči svař. obložení [mm]	<b>-0,11</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>-0,13</b>	<b>-0,08</b>
	Δ přetočení [mm]	<b>0,23</b>	<b>0,29</b>	<b>0,11</b>	<b>0,02</b>	<b>0,13</b>	<b>0,53</b>	<b>0,41</b>
Okované po KTL	Změřeno na rámečku [mm]	0,91	-0,29	-0,53	-1,17	-1,07	-0,47	-0,45
	Změřeno nad obložením [mm]	-0,35	-0,01	-0,24	-0,29	-0,35	-0,14	-0,02
	Δ rámečku a obložení [mm]	1,26	0,28	0,29	0,88	0,72	0,33	0,43
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	<b>1,09</b>	<b>0,25</b>	<b>-0,16</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,36</b>	<b>0,30</b>
	Δ vůči svař. obložení [mm]	<b>-0,68</b>	<b>0,23</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>-0,14</b>	<b>-0,10</b>
	Δ přetočení [mm]	<b>0,75</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,50</b>	<b>0,40</b>

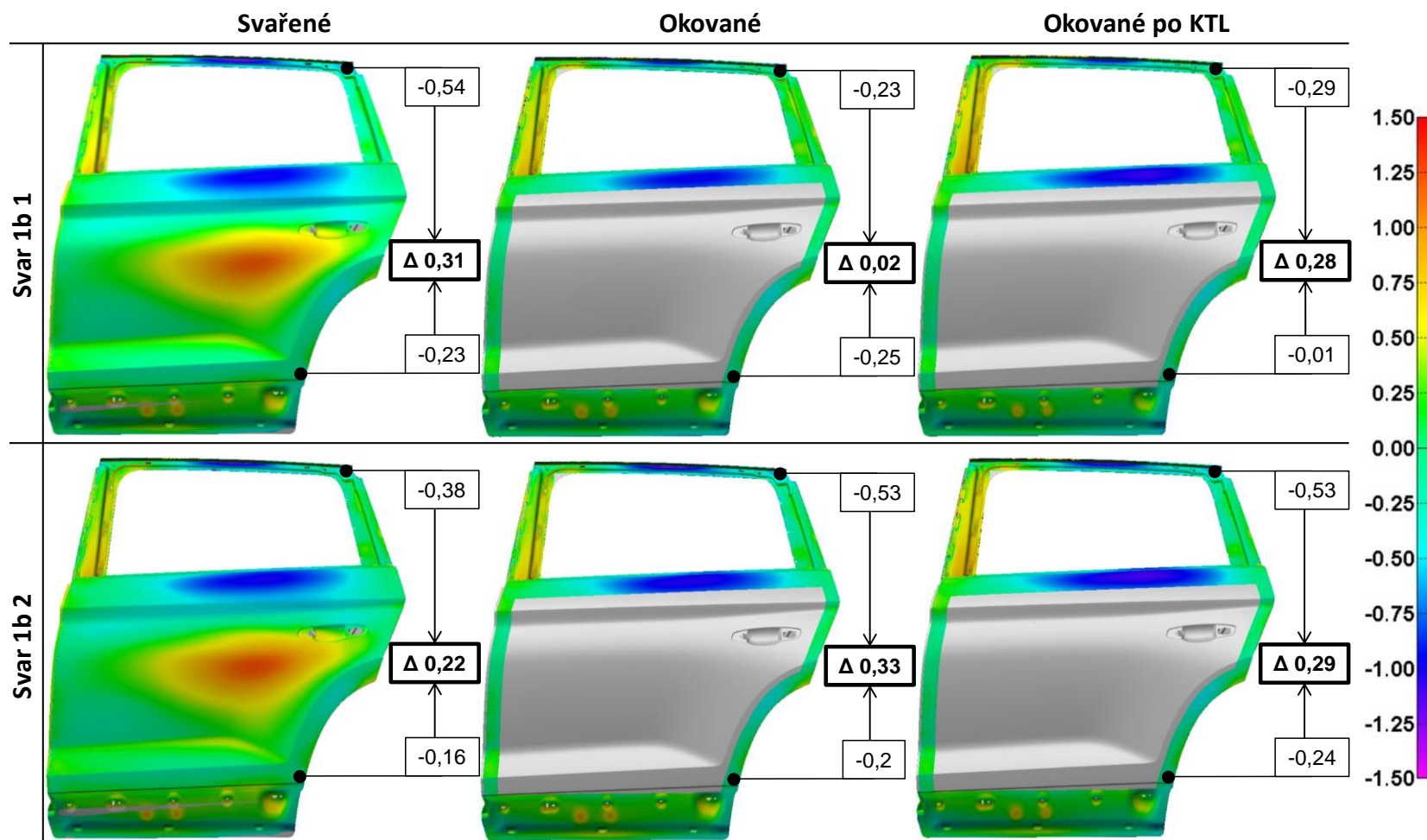
Příloha 8: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u levých zadních dveří

## Levé zadní dveře, opatření: pojistné prolisy



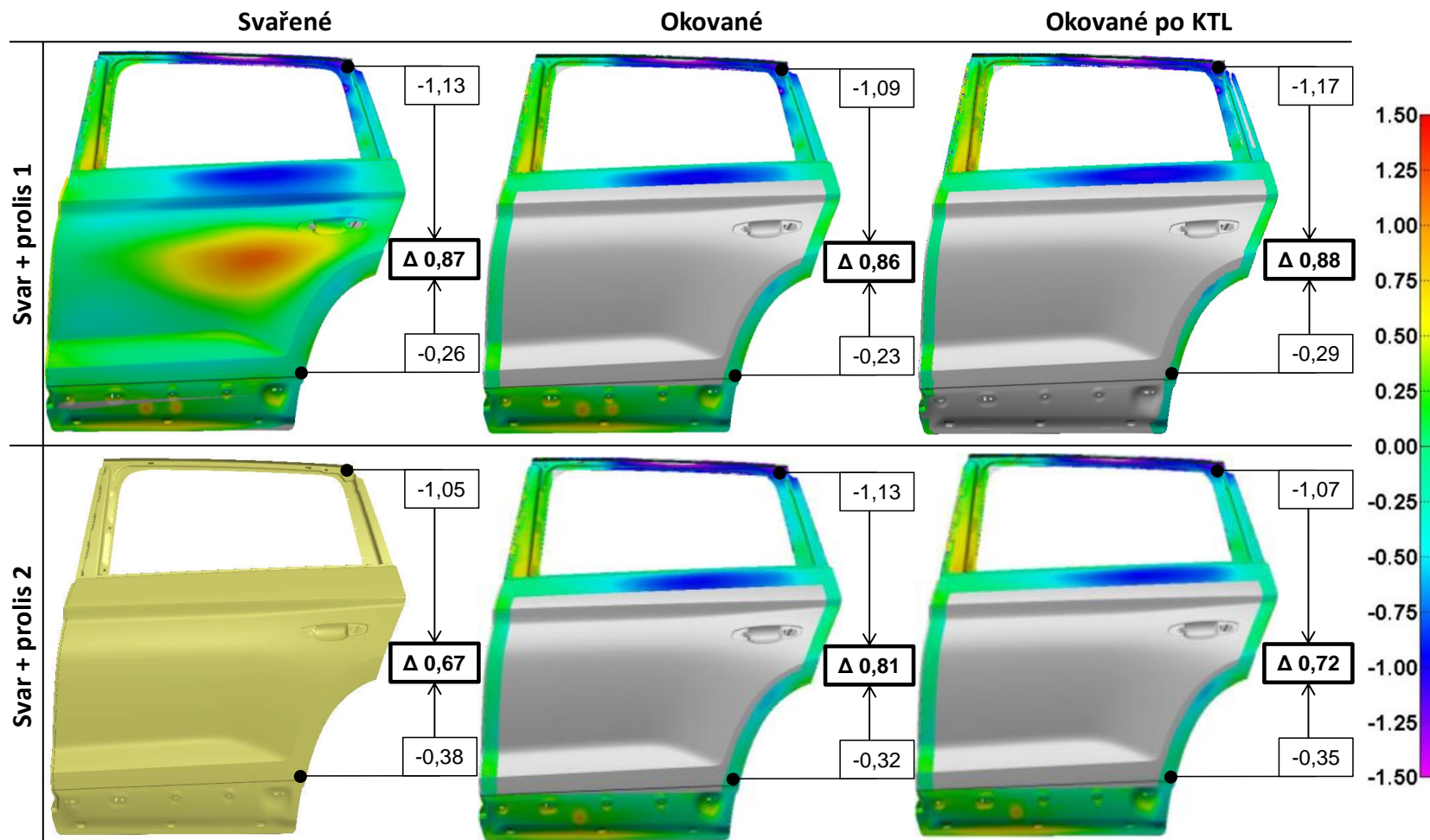
Příloha 9: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u levých zadních dveří v milimetrech

## Levé zadní dveře, opatření: 1 bod pojistného svaru



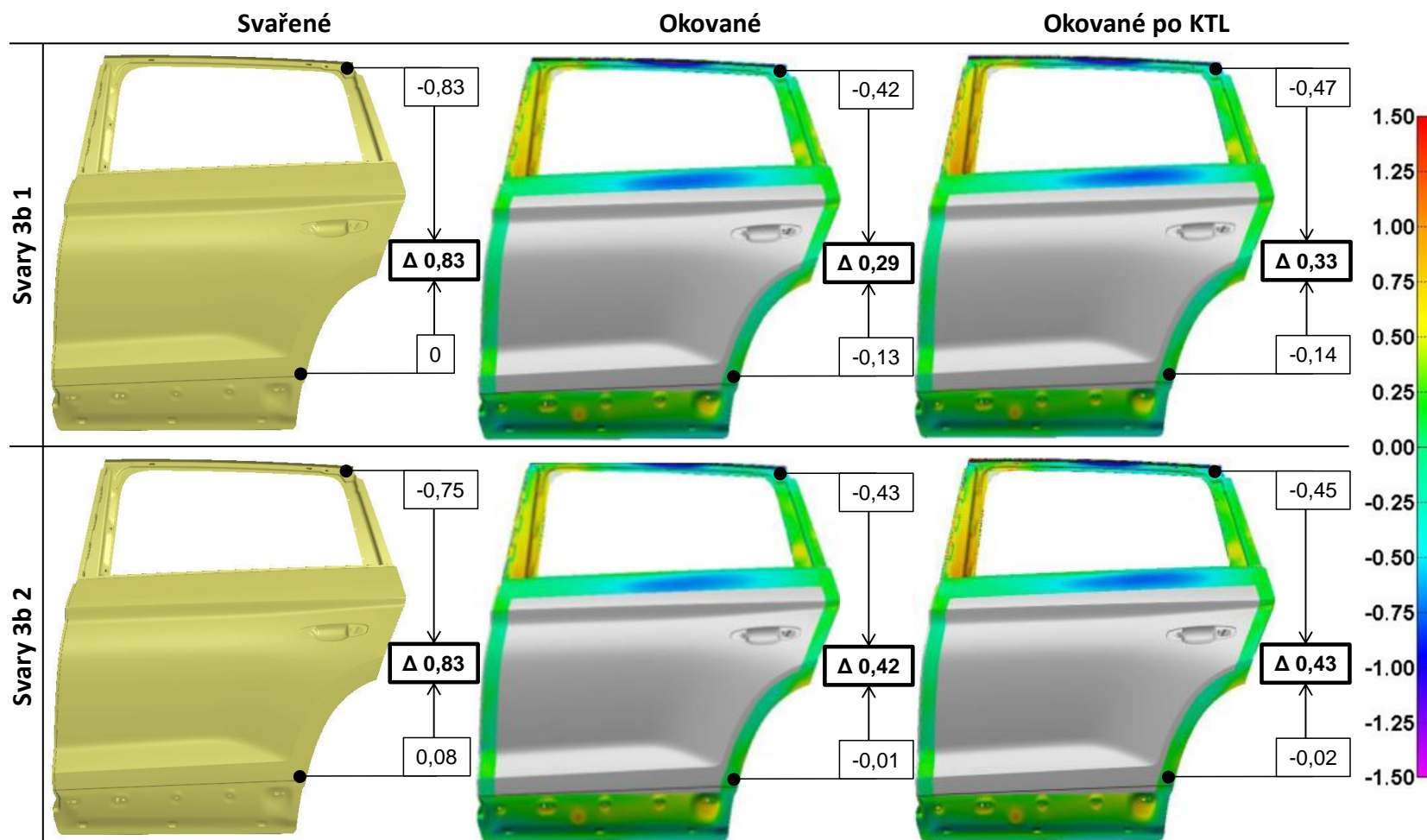
Příloha 10: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u levých zadních dveří v milimetrech

## Levé zadní dveře, opatření: pojistný svar + prolisy



Příloha 11: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u levých zadních dveří v milimetrech

## Levé zadní dveře, opatření: 3 body pojistných svarů

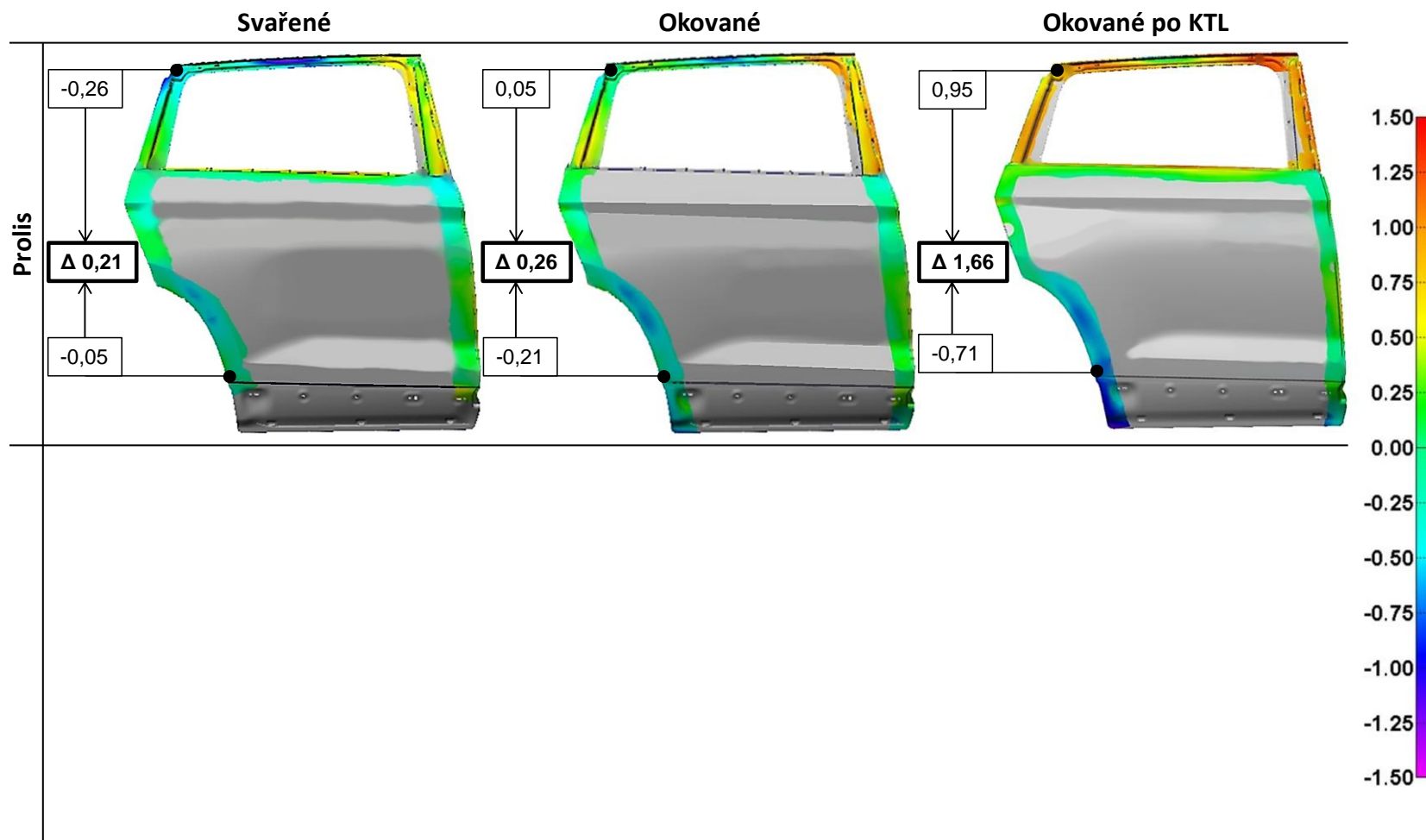


Příloha 12: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u levých zadních dveří v milimetrech

PZ dveře								
Fáze výrobního procesu	Opatření	Prolisy	Svar: 1 bod		Svar + Prolisy		Svary: 3 body	
	Označení vzorku	Prolis	Svar 1b 1	Svar 1b 2	Svar+Prolis 1	Svar+Prolis 2	Svar 3b 1	Svar 3b 2
Svařené	Změřeno na rámečku [mm]	-0,26	-1,63	-1,67	-0,92	-1,50	-1,05	-1,28
	Změřeno nad obložením [mm]	-0,05	0,32	0,35	-0,01	0,15	0,30	0,45
	Δ rámečku a obložení [mm]	0,21	1,95	2,02	0,91	1,65	1,35	1,73
	Počátek na rámečku [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Počátek nad obložením [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Δ přetočení [mm]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Okované	Změřeno na rámečku [mm]	0,05	-1,54	-1,51	-0,90	-1,30	-0,84	-1,01
	Změřeno nad obložením [mm]	-0,21	0,24	0,23	-0,11	0,05	0,20	0,31
	Δ rámečku a obložení [mm]	0,26	1,78	1,74	0,79	1,35	1,04	1,32
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	0,32	0,09	0,17	0,02	0,20	0,21	0,27
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-0,16	-0,08	-0,11	-0,11	-0,11	-0,10	-0,14
	Δ přetočení [mm]	0,05	0,17	0,28	0,12	0,30	0,31	0,41
Okované po KTL	Změřeno na rámečku [mm]	0,95	-1,47	-1,48	-0,89	-1,25	-0,75	-0,93
	Změřeno nad obložením [mm]	-0,71	0,20	0,21	0,13	-0,02	0,18	0,30
	Δ rámečku a obložení [mm]	1,66	1,67	1,69	1,02	1,23	0,93	1,23
	Δ vůči svař. rámečku [mm]	1,22	0,16	0,20	0,03	0,26	0,30	0,35
	Δ vůči svař. obložení [mm]	-0,66	-0,12	-0,14	0,14	-0,17	-0,12	-0,15
	Δ přetočení [mm]	1,46	0,28	0,33	0,11	0,42	0,42	0,50

Příloha 13: Naměřené a vypočítané hodnoty jednotlivých zkoušek týkajících se daného opatření u pravých zadních dveří

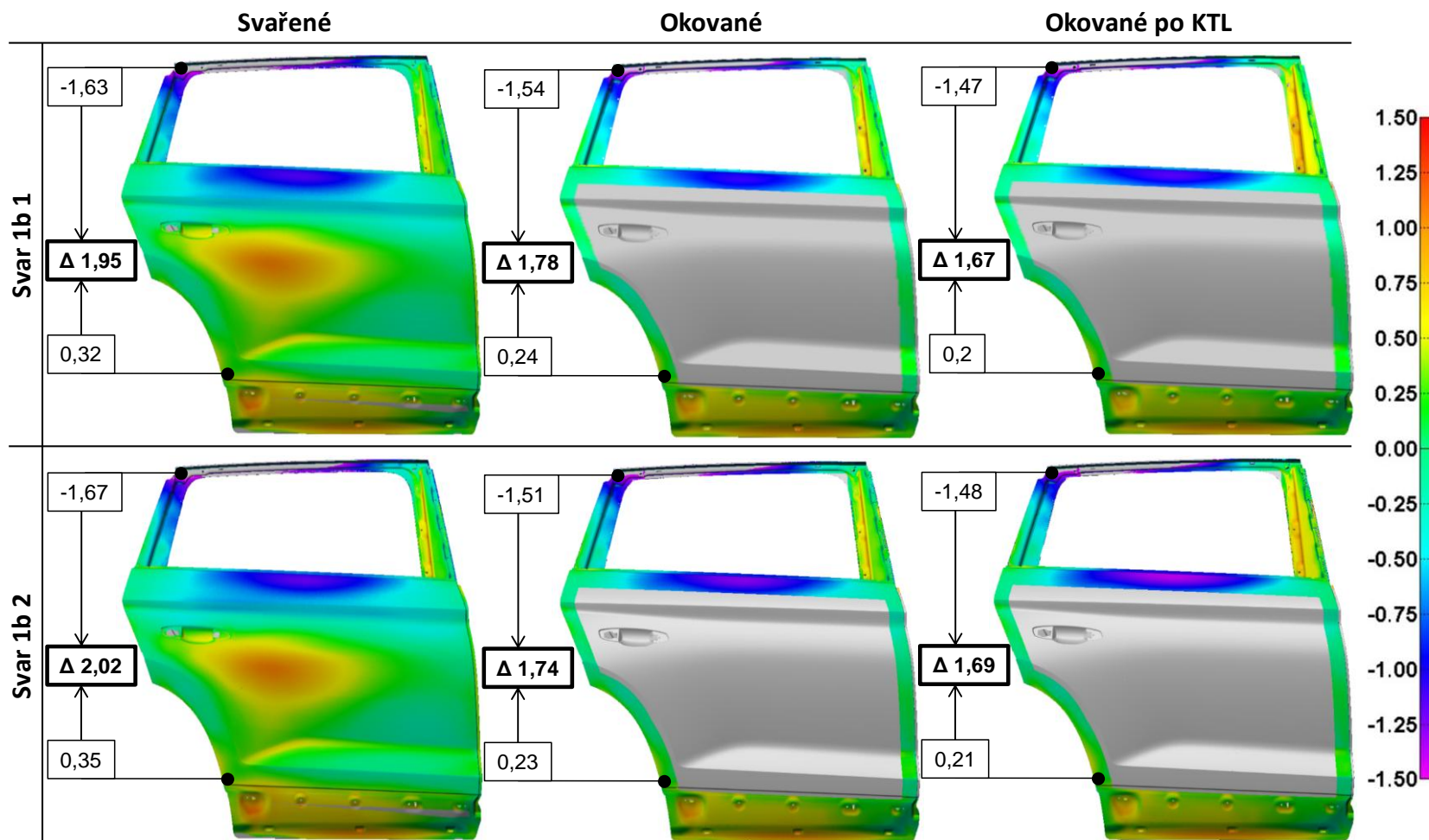
## Pravé zadní dveře, opatření: pojistné prolisy



Příloha 14: Výsledek zkoušky opatření s pojistnými prolisy u pravých zadních dveří v milimetrech

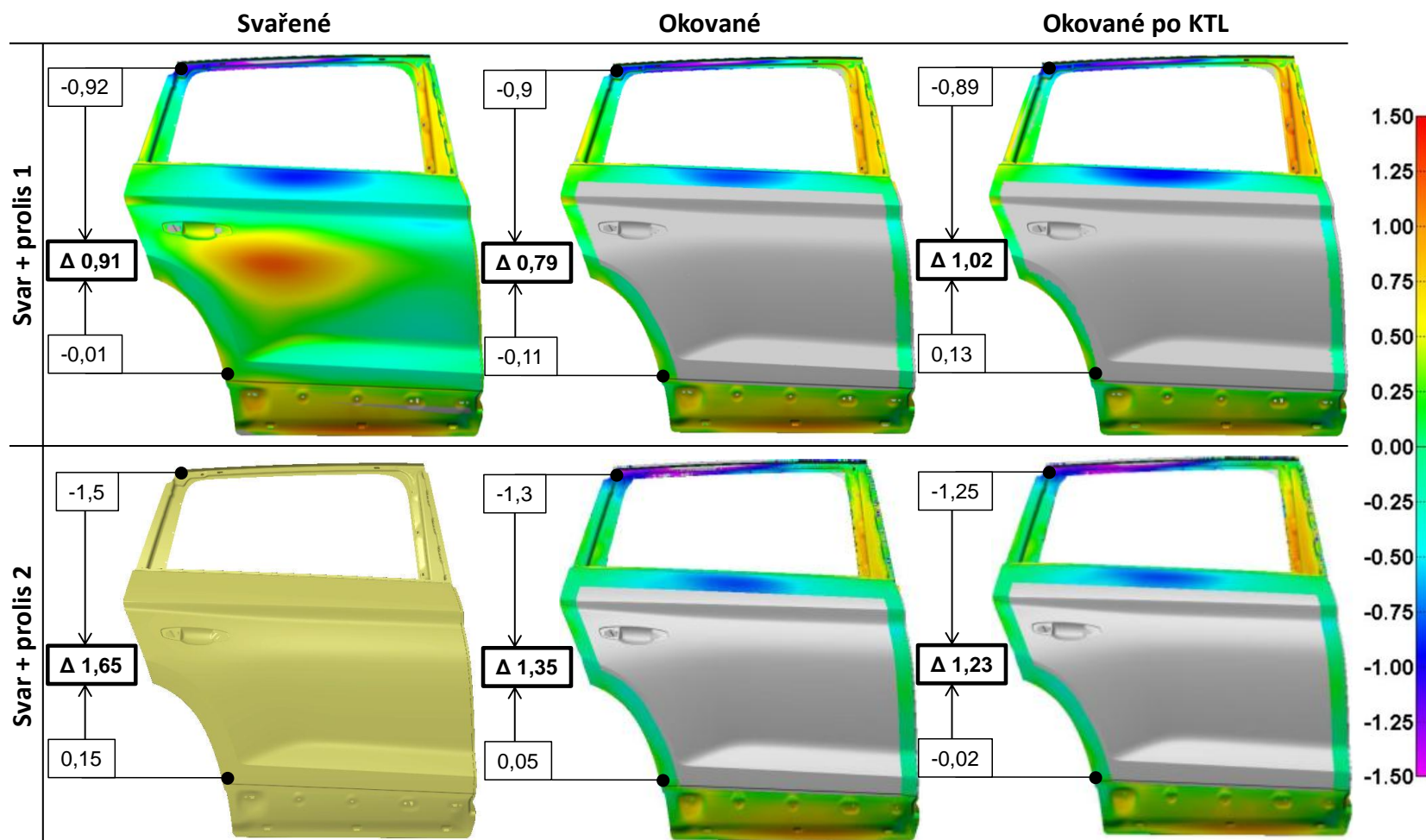


## Pravé zadní dveře, opatření: 1 bod pojistného svaru



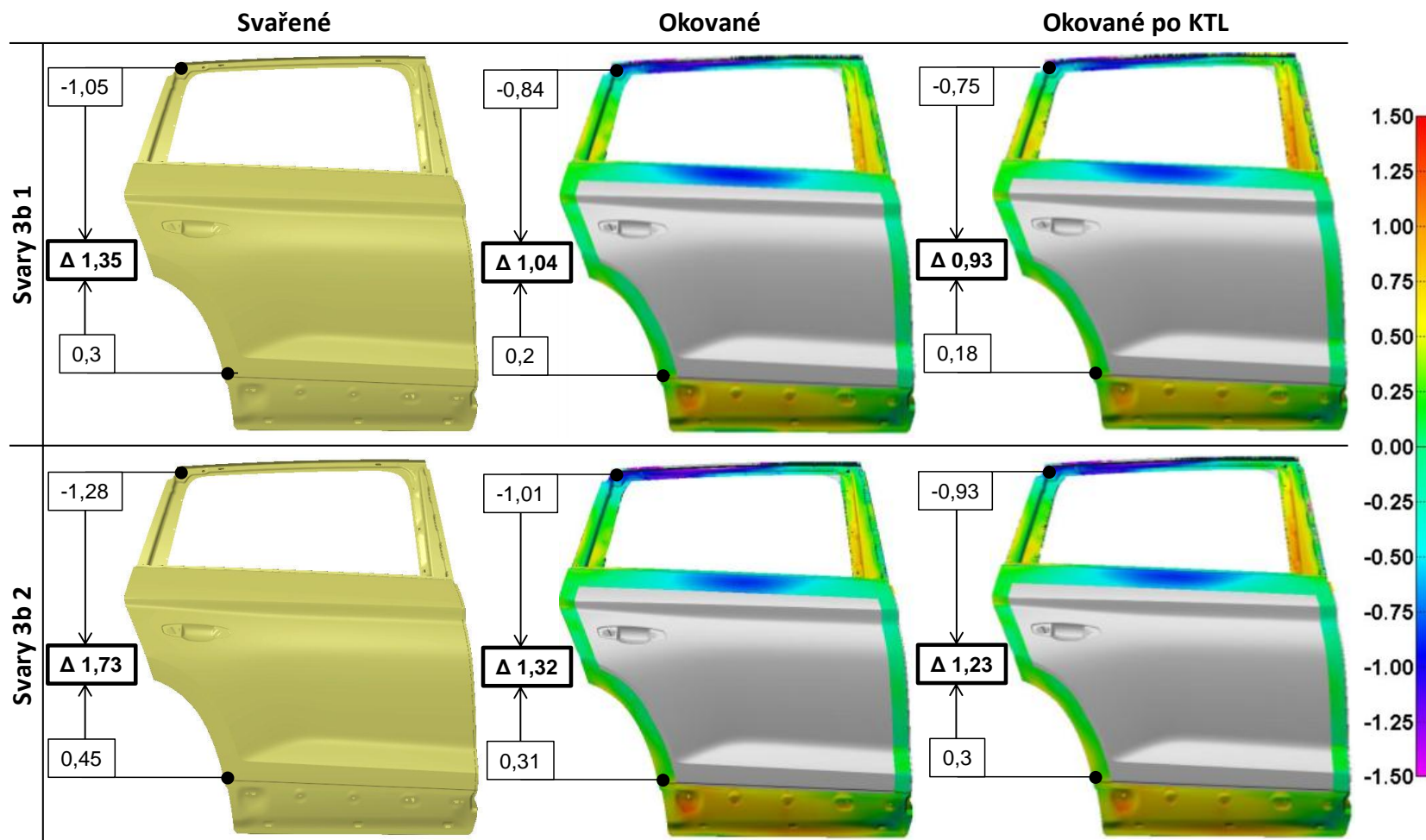
Příloha 15: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem u pravých zadních dveří v milimetrech

## Pravé zadní dveře, opatření: pojistný svar + prolisy



Příloha 16: Výsledek zkoušky opatření s pojistným svarem a prolisy u pravých zadních dveří v milimetrech

## Pravé zadní dveře, opatření: 3 body pojistných svarů



Příloha 17: Výsledek zkoušky opatření se 3 pojistnými svary u pravých zadních dveří v milimetrech