



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Strojništvo
Modul: Orodjarstvo

**Primerjava postopkov in analiza meritev med 3D
koordinatnim merilnim strojem in 3D skenerjem ATOS**

Mentor: mag. Slavko Božič
Lektorica: Nina Krička, univ. dipl. slov.

Kandidat: Črt Valentinčič

Ljubljana, september 2021

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, mag. Slavku Božiču za nasvete in spodbudo pri pisanju diplomske naloge. Zahvala gre tudi sodelavcem v podjetju Hella Saturnus Slovenija, ki so tako ali drugače prisostvovali pri nastanku diplomske naloge. Nenazadnje pa se zahvaljujem moji družini za vso podporo med študijem.

IZJAVA

Študent Črt Valentinčič izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Slavka Božiča.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V avtomobilski industriji ima kakovost izdelka zelo velik pomen. Za vsak izdelek, ki se izdeluje v serijski proizvodnji je pomembno, da je tudi dimenzijsko ustrezen po risbi, ki jo predpisuje kupec. Dimenzijske meritve imajo zelo veliko vlogo pri zagotavljanju kakovosti končnih izdelkov. Izdelki, ki jih izdelujemo, so narejeni izključno po modelu in 2D risbi, katere pa lahko pomerimo z različnimi metodami. Analize in postopki meritev, ki bodo predstavljeni v okviru diplomske naloge bodo prispevali na odločitev, katera metoda merjenja je primernejša, da bo serijski proces izdelave izdelka potekal nemoteno, hitro in brez zastojev.

KLJUČNE BESEDE

- 3D koordinatni merilni stroj
- 3D skener ATOS
- kalibracija
- dimenzijske meritve
- kakovost
- meglenka

ABSTRACT

In the automotive industry, product quality is very important. For each product that is produced in serial production, it is important that it is also dimensionally appropriate according to the drawing prescribed by the customer. Dimensional measurements play a very important role in ensuring the quality of finished products. The products we produce are made exclusively according to the model and 2D drawing, which can be compared with different methods. The analyzes and measurement procedures that will be presented in the thesis will contribute to the decision of which measurement method is more appropriate, so that the serial process of manufacturing the product will run smoothly, quickly as possible and without delays.

KEYWORDS

- 3D coordinate measuring machine
- 3D scanner ATOS
- Calibration
- Dimensional measurements
- Quality
- Fog light

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Dimenzijske meritve v procesu zagotavljanja kakovosti.....	1
1.2	Namen in cilji diplomske naloge	2
1.3	Zgodovina podjetja Hella Saturnus Slovenija	2
1.4	Predstavitev podjetja.....	4
2	TEORETIČNE OSNOVE.....	4
2.1	Predstavitev 3D koordinatnega merilnega stroja	4
2.1.1	Področja uporabe 3D koordinatnega merilnega stroja.....	6
2.2	Zgradba koordinatnega merilnega stroja	8
2.3	Princip delovanja koordinatNEga merilnega stroja	11
2.4	Predstavitev 3d skenerja	11
2.4.1	Področje uporabe 3D skenerja	12
2.4.2	Zgradba 3D skenerja	13
2.5	Princip delovanja 3D skenerja	14
3	PRAKTIČNI DEL	16
3.1	Kalibracija 3D koordinatnega merilnega stroja in 3D skenerja	16
3.1.1	Preizkus sposobnosti in preverjanje delovanja 3D koordinatnega merilnega stroja.....	17
3.1.2	Preizkus sposobnosti in preverjanje delovanja 3D skenerja	18
3.2	Opis merjenja.....	19
3.3	Delavniška risba.....	20
3.4	Potek merjenja na 3D koordinatnem merilnem stROju	21
3.5	Potrditev merilnega stojala	22
3.6	Rezultati meritev na 3D koordinatni stroj.....	24
3.7	Potek skeniranja.....	26
3.8	Rezultati meritev na 3D skenerJU atos	29
3.9	Analiza meritev	30
4	ZAKLJUČKI.....	32
5	LITERATURA IN VIRI	34

KAZALO SLIK

Slika 1:	Hella Saturnus leta 1924.....	3
Slika 2:	Hella Saturnus Slovenija danes	3
Slika 3:	Logotip podjetja	4
Slika 5:	Prvi KMS, izdelan v podjetju Ferranti	5
Slika 6:	Prvi KMS z integriranim računalnikom	6
Slika 7:	Načrtovanje, izdelava modela, skeniranje in preobrazba v CAD model.....	7
Slika 8:	CAM-rezkanje, kontrola orodja in izdelava merskega poročila	7
Slika 9:	Kontrola poljubnih mest, izdelava merskega poročila, zajem podatkov	7

Slika 10: Merilne letve	8
Slika 11: Sestavni deli merilnega stroja	9
Slika 12: Merilna glava Renishaw PH10MQ	10
Slika 13: Napaka tipala.....	11
Slika 14: 3D skener ATOS.....	12
Slika 15: Sestavni deli in merilne karakteristike sistema s strukturirano svetlobo....	13
Slika 16: Rotacijska miza.....	14
Slika 17: Določitev predmeta točke P_i triangulacije snopa zraka iz različnih ravnin pogleda B_i	15
Slika 18: Princip delovanja sistema s strukturirano svetlobo.....	16
Slika 19: Kalibracija KMS	17
Slika 20: Kalibracijska plošča	18
Slika 21: Etalon	19
Slika 22: Meglenka.....	20
Slika 23: 2D risba izdelka	21
Slika 24: Začetek merjenja meglenke	22
Slika 25: Mersko stojalo	23
Slika 26: Kartoteka meril	24
Slika 27: Mersko poročilo KMS.....	25
Slika 28: Mersko poročilo KMS v PDF obliki	26
Slika 29: Referenčne točke.....	27
Slika 30: Fin bel prah v spreju.	27
Slika 31: Komora.....	28
Slika 32: Meglenka ob poteku skeniranja	29
Slika 33: Mersko poročilo v GOM programu	30
Slika 34: Grafični prikaz deviacij dimenzijskih meritev	31

KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati dimenzijskih meritev na KMS ter 3D skenerju	31
Tabela 2: Prednosti in slabosti merjenja	32

KRATICE IN AKRONIMI

2D - dvodimenzionalen

3D - tridimenzionalen

CAD - računalniško podprto konstruiranje

RTF - dokument v tekstovni obliki

PDF - dokument v grafični obliki

STL - dokument, ustvarjen na podlagi skeniranja

KMS - koordinatni merilni stroj

HSS - Hella Saturnus Slovenija

PC-DMIS - program za merjenje na 3D koordinatni merilni stroj

GOM - program za merjenje na 3D skener ATOS

RPS - referenčni sistem

SC - specialne karakteristike

1 UVOD

1.1 DIMENZIJSKE MERITVE V PROCESU ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI

Zagotavljanje kakovosti je del poslovne filozofije vsakega podjetja, ki želi ostati konkurenčen na svetovnem trgu. V avtomobilski industriji, ki ima po svetu zelo ostro konkurenco je pomemben izredno hiter tehnološki razvoj ob doseganju visokih standardov, ki se vseskozi spreminjajo. S ciljem zadržati kupce in razvijati kakovost za doseg najboljših izdelkov, se s temi izzivi sooča tudi naše podjetje Hella Saturnus Slovenija (v nadaljevanju HSS). Pri končnem izdelku so ena najpomembnejših dejavnikov za preverjanje kakovosti dimenzijske meritve izdelkov, polizdelkov, orodij in priprav, ki se pojavljajo v procesu proizvodnje. Dimenzije pomembno vplivajo na sprejemljivost izdelka, orodja in končno uporabnost. Izdelek mora biti na koncu tako funkcionalno kot vizualno ustrezen, zato je dimenzije potrebno nadzorovati tudi kasneje v redni proizvodnji. Merski protokoli, ki so sestavljeni na podlagi rezultatov meritev ali izmerjenih vrednosti, predstavljajo nepogrešljive informacije konstruktorjem, tehnologom in ostalim, ki so vezani na določen projekt. S pomočjo teh podatkov si lahko pomagamo pri mnogih dejavnikih zagotavljanja kakovosti.

Za merjenje dimenzij uporabljamo veliko različnih univerzalnih meril, kot npr.:

- pomično merilo,
- kljunasto merilo,
- merilne ure,
- kalibre in etalone ...

Vse to so merila in pripomočki, ki so cenovno bolj dostopni in preprosti ter so nepogrešljivi v proizvodnji, vzdrževanju in drugih oddelkih. Ta merila uporabljamo za merjenje nezahtevnih dimenzij z ne tako ostrimi tolerancami. Za kontrolo bolj zahtevnih oblik, dimenzij, ki so nedostopne, zgoraj naštetih meril ne zadostujejo. V veliko primerih je za to potrebno izdelati tudi kakšen pripomoček ali kaliber, s katerim zagotovimo kakovostne meritve. Primer geometrijsko kompleksnejšega izdelka je prav gotovo avtomobilska meglenka, ki bo kasneje v diplomski nalogi tudi predstavljena. Na meglenki je nujna kontrola vpenjalnih mest (RPS) in pozicije leče. Kontrolne točke, ki so predpisane na teh mestih in morajo biti pomerjene v prostoru, pa klasična merila, kot smo jih že prej omenili, niso primerna. Za te meritve sta bolj primerna 3D koordinatni merilni stroj (kasneje KMS) in 3D optični skener. To sta merilni sredstva, brez katerih si danes ne moremo več predstavljati dimenzijske kontrole v avtomobilski industriji. S 3D koordinatnim merilnim strojem in 3D optičnim skenerjem danes lahko izvajamo najzahtevnejše meritve in tako sledimo kakovosti ter konkurenčnosti ostalim podjetjem.

1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKE NALOGE

Namen te diplomske naloge je predstaviti 3D koordinatni merilni stroj ter 3D optični skener ATOS. V veliko primerih se ukvarjamo z zaupanjem merilnih naprav in iskanjem napak pri meritvah. V ta namen bomo pomerili svetilko na oba načina po 2D risbi in ovrgli nekatere dvome glede vrednotenja rezultatov meritev. Pri analizi meritev bomo prikazali, kaj so prednosti in slabosti med enim in drugim načinom merjenja.

Cilj naloge je prikazati postopke merjenja enakega izdelka po dveh metodah:

1. optični način merjenja
2. dotikalni način merjenja

V teoretičnem delu diplomske naloge so definirane teoretične osnove, kot so opis, zgradba, področje uporabe, princip delovanja 3D koordinatnega merilnega stroja in 3D optičnega skenerja. Ko bomo seznanjeni s teoretičnim delom, bomo v praktičnem delu prikazali merjenje izdelka za oba postopka. Pomerili bomo specialne karakteristike (kasneje SC) in na koncu analizirali meritve ter se odločili, kateri postopek je ustrežnejši glede na zahteve.

1.3 ZGODOVINA PODJETJA HELLA SATURNUS SLOVENIJA

Leta 1921 je Emil Lajovic osnoval podjetje za izdelavo pločevinastih škatel. Po treh letih od ustanovitve, to je leta 1924, je tovarno kupila nizozemsko-nemška delniška družba in ji dala ime Saturnus. Leta 1930 je bil zgrajen oddelek litografije. Tako stanje je omogočilo Saturnusu, da je v konkurenčnem boju izrinil s trga večino manjših podjetij kovinske embalaže v Sloveniji. Leta 1935 je prešla tovarna v roke slovenskega kapitala. Avgusta 1945 je bila lastnikom po sklepu sodišča posest zaplenjena. Saturnus postane najprej državna, potem pa družbena lastnina. V primerjavi s predvojnimi časi je delala tovarna zaradi pomanjkanja surovin, zlasti pločevine, barv in kemikalij, v zelo omejenem obsegu, saj je bil proizvodni program v tovarni do leta 1941 zelo pester. Leta 1948 prične Saturnus s proizvodnjo svetlobne opreme za cestna vozila. V šestdesetih letih se ta proizvodnja razširi tudi na svetlobno opremo za evropska avtomobilska podjetja, kot so Renault, Simca, Citroen, Peugeot in Volkswagen. Zaradi raznolikosti proizvodnih programov, ki se med seboj niso dopolnjevali, se leta 1992 podjetje Saturnus razdeli na štiri neodvisne delniške družbe. Ena od teh postane Saturnus-Avtooprema d. d. Leta 1997 je zaključena privatizacija podjetja. S tem se je spremenila tudi lastniška struktura podjetja, in tako Hella KGaA postane večinski lastnik podjetja. Saturnus-Avtooprema nadaljuje z razvojem in proizvodnjo svetlobne opreme pod svojim imenom, obenem pa zastopa tudi proizvodni program podjetja Hella. Zaradi prepoznavnosti in ugleda imena Saturnus, predvsem v osrednji in vzhodni Evropi pa

tudi širše, se podjetje 28. maja 2008 ponovno preimenuje in pridobi svoje staro ime - Saturnus. Nov naziv podjetja se glasi Hella Saturnus Slovenija d. o. o.



Slika 1: Hella Saturnus leta 1924
(Vir: Interna dokumentacija HSS)



Slika 2: Hella Saturnus Slovenija danes
(Vir: Interna dokumentacija HSS)

1.4 PREDSTAVITEV PODJETJA

HELLA Saturnus Slovenija, podjetje z več kot 90 letno tradicijo, je del mednarodnega koncerna HELLA in eden največjih slovenskih izvoznikov. Z izdelki in storitvami oskrbujejo najpomembnejše svetovne proizvajalce avtomobilske industrije, nekatere že od začetka 60. let prejšnjega stoletja. Dejavnosti podjetja obsegata razvoj in proizvodnja svetlobne opreme za avtomobile, kot so žarometi, dodatni žarometi za meglo, žarometi za dnevno vožnjo ter eno- in več funkcijske svetilke. V zadnjih letih so nenehno nadgrajevali obstoječe programe v podjetju in področje razvoja razširili z oddelki za elektroniko, za raziskave in razvoj novih izdelkov in tehnologij, za razvoj standardnih komponent in za razvoj avtomobilskih notranjih svetil, t. i. ambientalne razsvetljave. Od leta 2012 na nivoju celotnega koncerna vodijo že tri razvojne kompetenčne centre za področja dodatnih žarometov, svetlobne opreme za športne avtomobile in enofunkcijskih svetilk. Proizvodno področje so v okviru optimizacije procesov razdelili na proizvodnjo komponent in končno montažo izdelkov ter v koraku z napredkom vpeljevali nove tehnologije, kot so LED višje kakovosti, dvo- in trokomponentno brizganje, protiprašno lakiranje i-KAS, čisti prostor, radarski logotipni pokrovi – RADOM. Pri vseh svojih aktivnostih stremijo k operativni in poslovni odličnosti. Cilji podjetja so jasno usmerjeni v zadovoljstvo kupcev ter nenehne izboljšave in iskanje inovativnih rešitev za zagotavljanje napredka in konkurenčnosti HELLE.



Slika 3: Logotip podjetja
(Vir: Interna dokumentacija HSS)

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 PREDSTAVITEV 3D KOORDINATNEGA MERILNEGA STROJA

KMS je zelo univerzalna in natančna merilna naprava, s katero, poleg navadnih dolžinskih meritev, opravljamo tudi kompleksnejše geometrijske analize izdelkov. To

so ravnost, vzporednost, okroglost, koncentričnost, pravokotnost, oblika, lega ... Ustrezna programska oprema nam ob meritvah omogoča uporabo CAD modelov, ali obratno, s skeniranjem neznanih površin lahko te preoblikujemo v CAD model. V začetku šestdesetih let so se iz koordinatno vodenih strojev, ki so bili namenjeni za obdelovanje različnih izdelkov razvili 3D koordinatni merilni stroji, ki so merjenje tipali v ročnem načinu.



*Slika 4: Prvi KMS, izdelan v podjetju Ferranti
(Vir: Černič, 2013)*

15 let kasneje se je 3D koordinatnem merilnem stroju pridružil še računalnik, kar je pomenilo velik korak naprej na področju merjenja s koordinatno merilno tehniko. Hiter razvoj 3D koordinatnih merilnih strojev je najbolj prišel do izraza v avtomobilski industriji, katera je imela tudi zelo hiter vzpon. Montaža avtomobilov in ostalih komponent je postajala vse bolj avtomatska in je zahtevala kontrolo geometrije izdelkov. Kot avtomatizacija montaže v proizvodnji se je posledično pojavila tudi zahteva po avtomatizaciji merjenja, ki bi omogočila:

- zmanjšanje uporabe delovne sile za merjenje in nadzor,
- avtomatizacijo postopkov,
- racionalizacijo postopkov merjenja in
- povečano zanesljivost.

Sočasno se je v tehnologiji razvila tudi uporaba računalnika in računalniško podprtih krmilnih sistemov, visoko ločljivih merilnih sistemov in tipalnih merilnih senzorjev, kar je znatno povečalo uporabnost merilnih naprav.

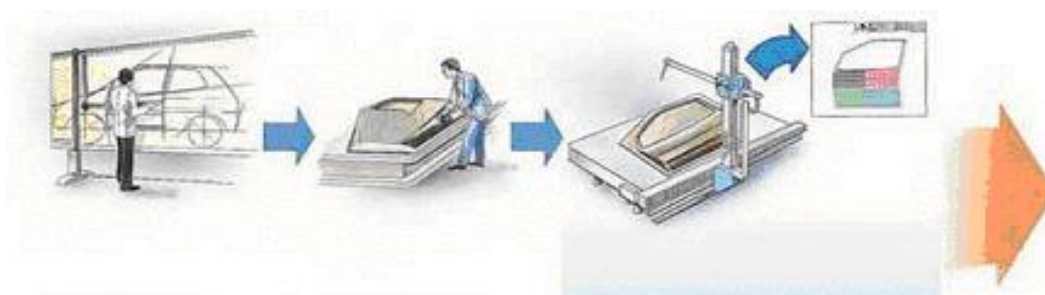


*Slika 5: Prvi KMS z integriranim računalnikom
(Vir: Žiljcov, 2010)*

2.1.1 Področja uporabe 3D koordinatnega merilnega stroja

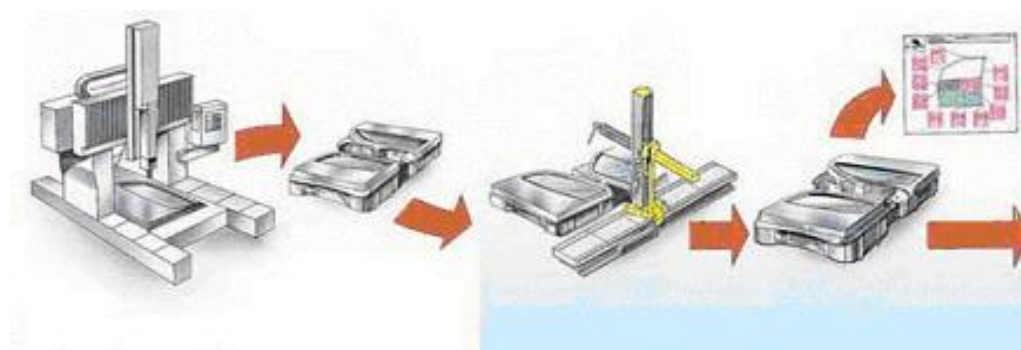
KMS v avtomobilski industriji uporabljamo v vseh fazah od razvoja do nadziranja serijske proizvodnje. V HSS se KMS v največji meri uporablja za meritve serijske proizvodnje, ker nam program omogoča enostavno zajemanje rezultatov v zaželeni obliki. Te lahko naprej vrednotimo v statističnih orodjih, ki nam omogočajo jasen pregled nad stabilnostjo procesa. KMS uporabljamo tudi za razvoj, vendar ne tako pogosto kot 3D skener, s katerim za določene razvojne projekte delo poteka bistveno lažje in hitreje.

Razvoj



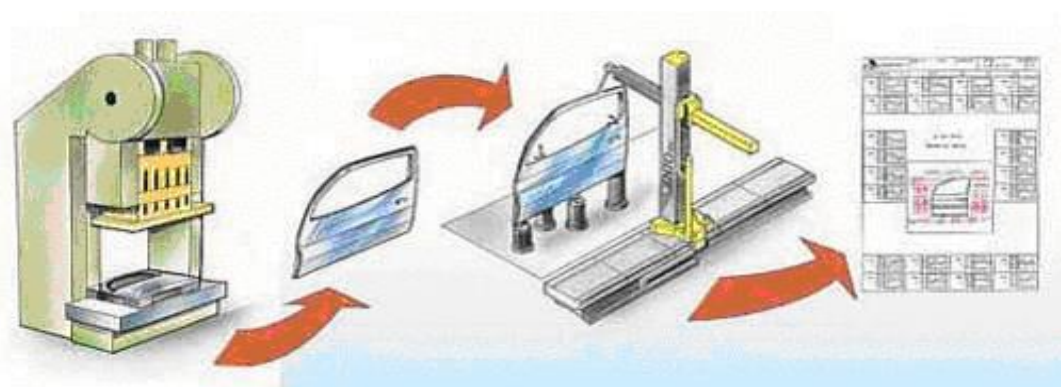
Slika 6: Načrtovanje, izdelava modela, skeniranje in preobrazba v CAD model
(Vir: Manganelli, 2000)

Izdelava orodja



Slika 7: CAM-rezkanje, kontrola orodja in izdelava merskega poročila
(Vir: Manganelli, 2000)

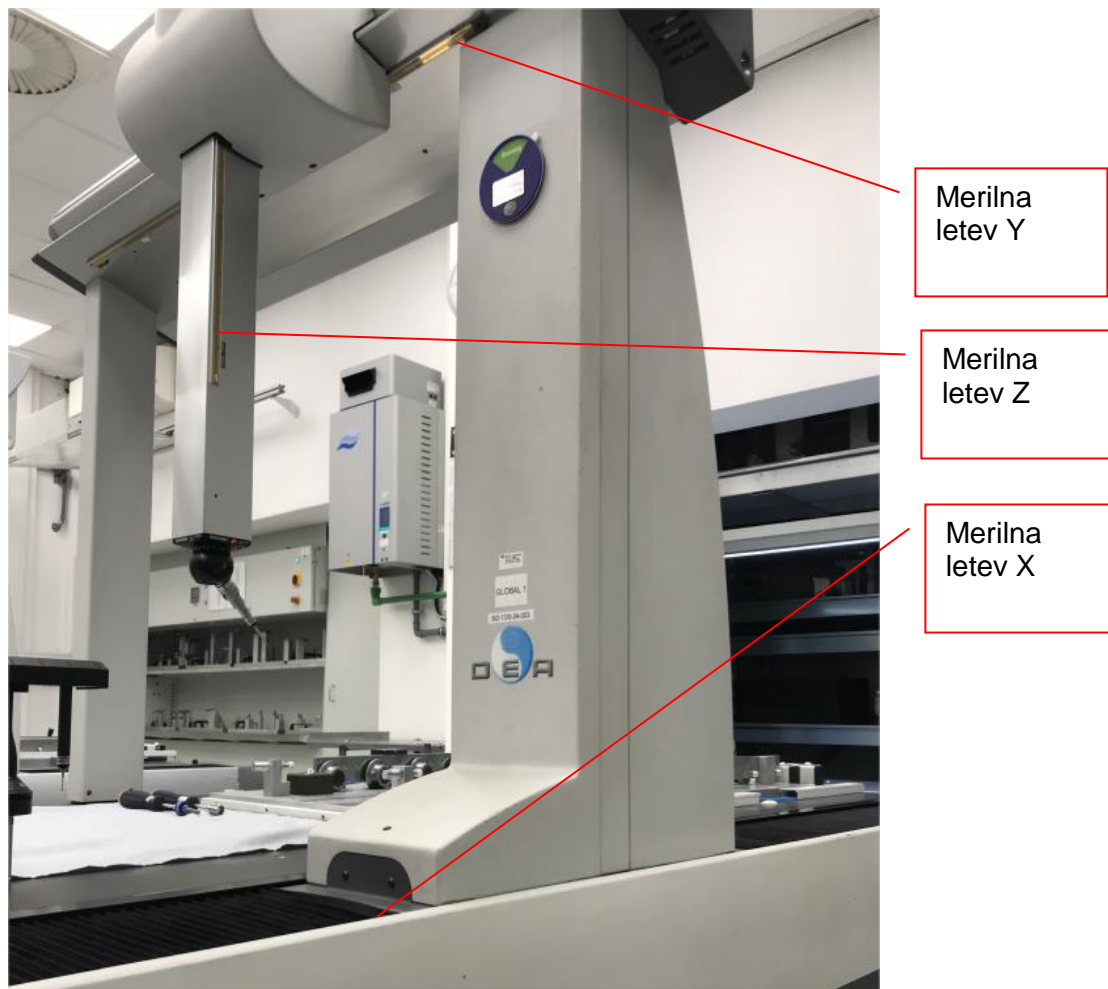
Serijska proizvodnja



Slika 8: Kontrola poljubnih mest, izdelava merskega poročila, zajem podatkov
(Vir: Manganelli, 2000)

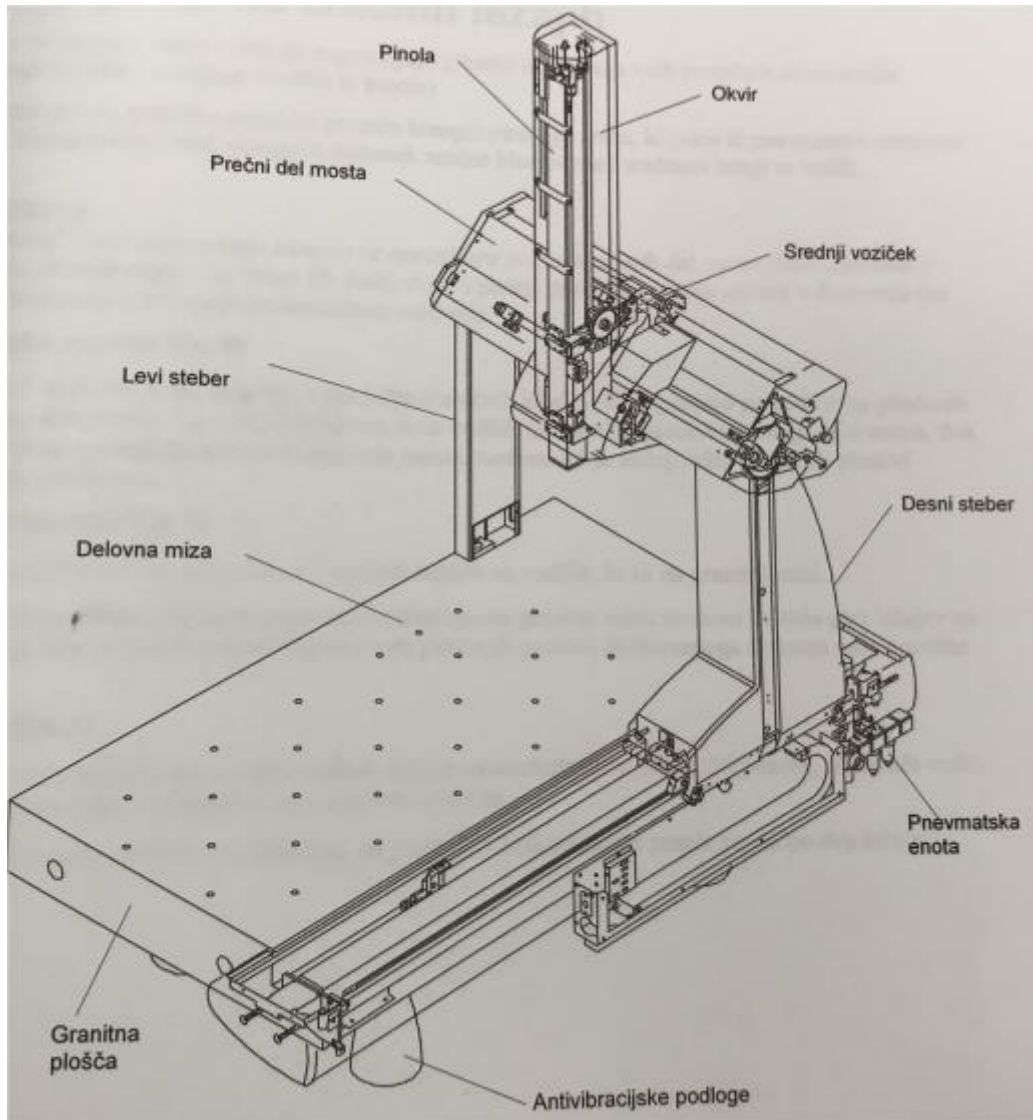
2.2 ZGRADBA KOORDINATNEGA MERILNEGA STROJA

KMS se po svoji zgradbi oziroma konstrukcijski zasnovi razlikujejo. Poznamo mostovne, konzolne, členkaste itd. konstrukcije. Vsem izvedbam pa so skupni osnovni sestavni deli. Postelja je osnovni del pri koordinatnem merilnem stroju, v večini primerov pa ima vgrajen aktivni sistem za dušenje vibracij. Če postelje ni, moramo stroj postaviti na posebne temelje, ki so ločeni od stavbe, da se tresljaji pri izvajanju meritev ne prenašajo. Na posteljo je običajno postavljena granitna miza, ki nam omogoča primerno vpenjanje merjencev. Pomični elementi s horizontalnim in vertikalnim nosilcem omogočajo gibljivost tipala v vseh treh prostorskih oseh X, Y in Z. Vse tri osi tvorijo koordinatni sistem, v katerem s pomočjo merilnih letev za vsako os posebej določimo položaj tipala.



Slika 9: Merilne letve
(Vir: Lastni)

Izdelava 3D koordinatnega merilnega stroja zahteva robustnost in visoko točnost pomikov, zato so pri manjših napravah v uporabi zračni ležaji pri večjih pa kotalni. KMS upravljamo s pomočjo krmilnega pulta, ki vsebuje vse potrebne kontrole. Meritve izmerjenih koordinat so v krmilni omari. Za ovrednotenje merilnih rezultatov pa uporabljamo računalnik, v katerem je nameščen potreben program.

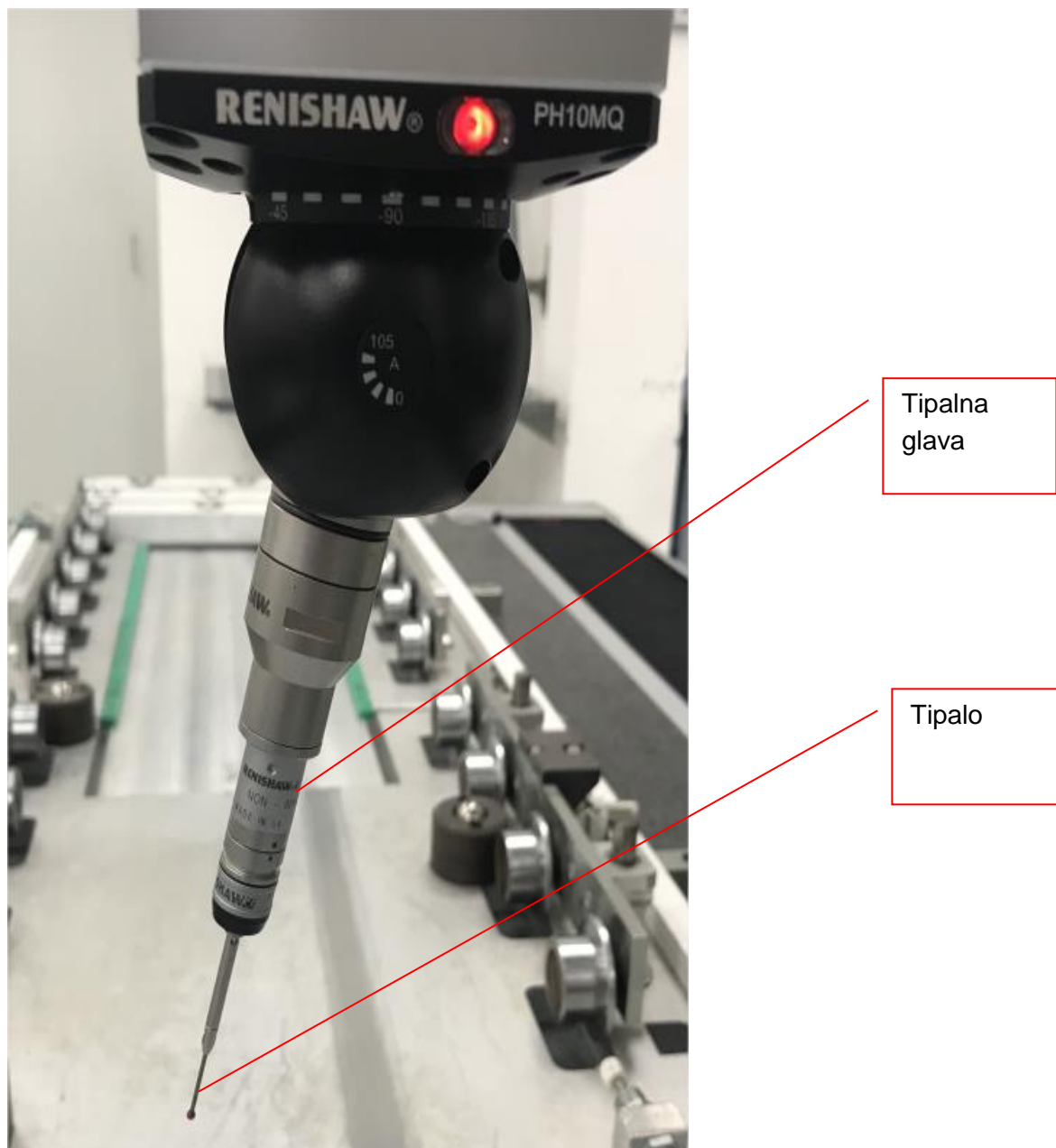


Slika 10: Sestavni deli merilnega stroja

(Vir: Hexagon Metrology, 2005)

Glede na vrsto tipala, KMS delimo na kontaktne in brezkontaktne. Pomemben del kontaktnega KMS je tipalni sistem, ki je sestavljen iz tipala in tipalne glave. Pri merjenju tipamo površino merjenca. Glede na to, da je pri merjenju prisotna merilna sila, ne moremo meriti merjencev, narejenih iz mehkejših materialov, pri katerih sila

ni dopustna. Tipalna glava je senzor, ki krmilni omari posreduje podatke, ko se izvrši stik z merjencem.



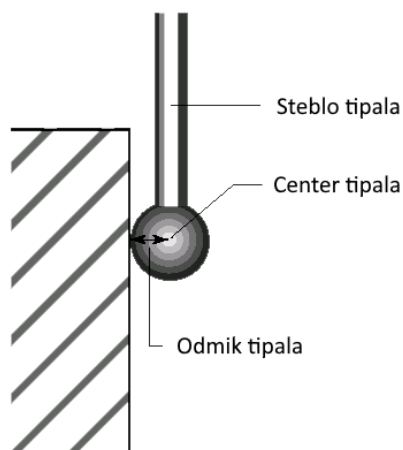
Slika 11: Merilna glava Renishaw PH10MQ

(Vir: Lastni)

V nalogi se bomo omejili na KMS, ki ga imamo v podjetju Hella Saturnus Slovenija. KMS je mostovni tip proizvajalca Hexagon, z motorizirano kontaktno tipalno glavo Renishaw. KMS ima možnost popolnega avtomatskega načina merjenja in pa tudi ročnega. Na voljo je več programskih oprem, pri nas uporabljamo PC-DMIS, ker ima dobro povezljivost in nadgradnjo še pri ostalih KMS-jih, ki jih uporabljamo v HSS.

2.3 PRINCIP DELOVANJA KOORDINATNEGA MERILNEGA STROJA

Kot je bilo že omenjeno, princip delovanja KMS temelji na zaznavanju položaja dotika tipala. Konica tipala je v praksi pravzaprav kroglica. Velikost kroglice se lahko precej razlikuje. V HSS se najpogosteje uporabljajo kroglice premera od 1 do 4 mm. Merjenje redne produkcije izvajamo s kroglico 2 mm, ker nam omogoča merjenje vseh dimenzij, ki so predpisane na 2D risbi in jih je potrebno meriti po kontrolnem planu. Izbira velikosti kroglice je odvisna od specifikne konkretne meritve. Ker je oblika tipala kroglica, se moramo zavedati, da se dotik ne izvrši v točki in da posledično pride do tako imenovane napake tipala zaradi odmika (slika 15). Napako tipala ob dotiku je potrebno upoštevati – kompenzirati, kar se samodejno izvede s programsko kompenzacijo.



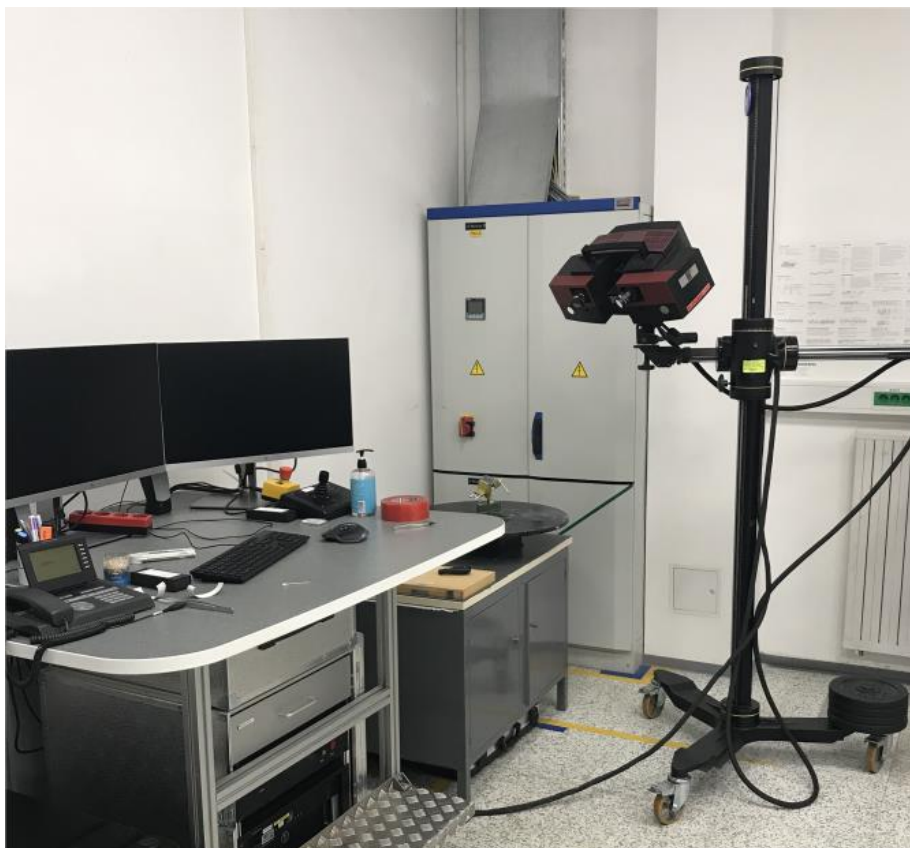
Slika 12: Napaka tipala

(Vir: Intro to Coordinate Metrology, 2021)

2.4 PREDSTAVITEV 3D SKENERJA

Poleg 3D koordinatnega merilnega stroja, katerega uporabljamo za postopke merjenja dotikalnega načina, poznamo tudi 3D skener ATOS, pri katerem gre za brezkontaktno optično merjenje. Ta način je vse bolj prisoten v sistemih zagotavljanja kakovosti, ker se je v zadnjih letih avtomobilske industrije zelo povečala zahteva merjenja geometrijsko bolj zahtevnih izdelkov. Zaradi možnosti tridimenzionalnega zajemanja podatkov se optična merilna metoda šteje kot alternativa 3D koordinatnim merilnim napravam. Točnost izmerjenih podatkov, pridobljenih z optičnimi napravami, še vedno ni na enaki ravni, kot jo dosežemo s tipalnimi koordinatnimi merilnimi napravami.

Tukaj govorimo predvsem o merjenju globokih izvrtin in drugih slabo dostopnih mest na merjencu. 3D skener pa je zelo uporaben pri merjenju velikih površin obdelovancev zapletenih oblik, ker zajame bistveno več podatkov naenkrat kot 3D koordinatni merilni stroj. Za razliko od 3D koordinatnih merilnih strojev pa poravnavo koordinatnega sistema naredimo kar v programu kot tudi vse meritve.



*Slika 13: 3D skener ATOS
(Vir: Lastni)*

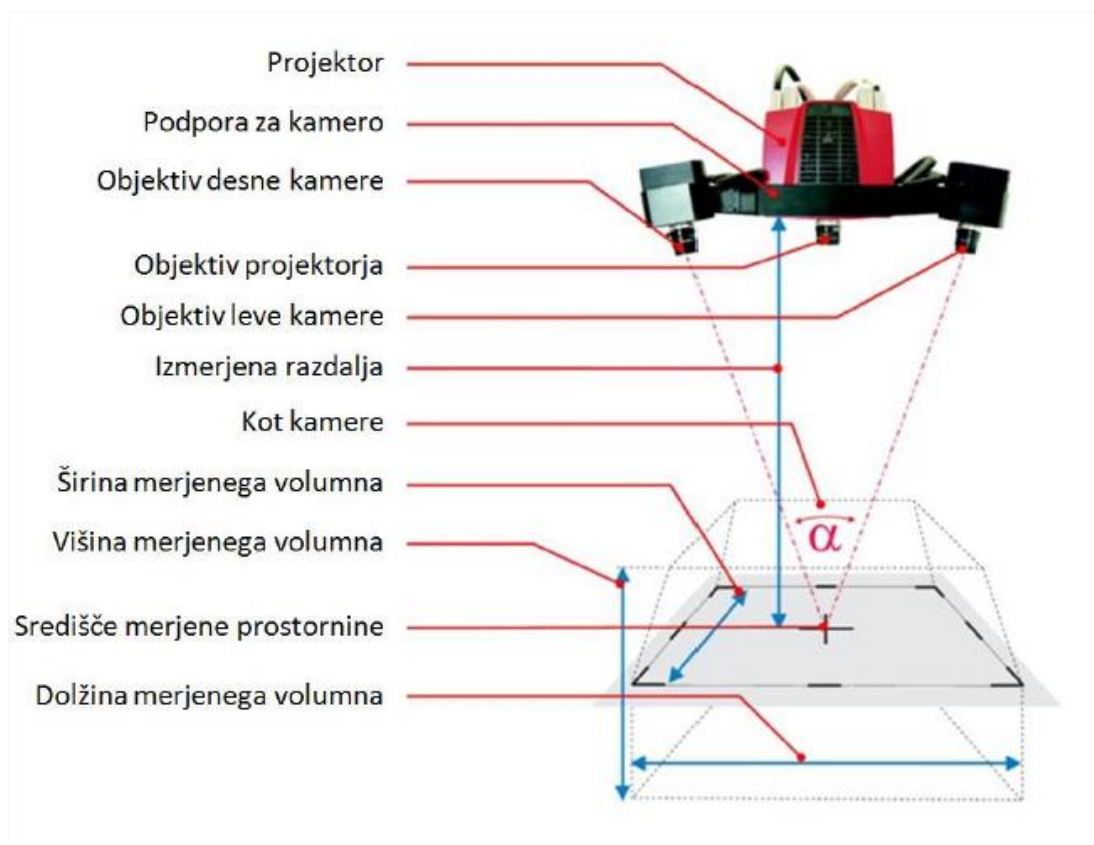
2.4.1 PODROČJE UPORABE 3D SKENERJA

3D skener je v industriji, kot je avtomobilska, letalska, ladjedelniška, medicinska itd., praktično nepogrešljivo merilno sredstvo. Največ se uporablja za analizo kompleksnih geometrij in seveda velikih površin, da pridobimo informacije o ustreznosti oblik. Metoda nam omogoča relativno hitro analizo prototipov, ko druge metode za to niso primerne ali pa so precej zamudne in ne pridejo v poštev. Meri se lahko tako majhne, kot tudi zelo velike izdelke ne glede na to ali so enostavnih, ali kompleksnih geometrijskih oblik. V zadnjem času je metoda vedno bolj uporabljena v obratnem inženirstvu (reverse engineering), ker nam omogoča relativno hitro pridobitev CAD modela s pomočjo skeniranja izdelka. V HSS 3D skener večinoma uporabljamo za meritve v razvoju, ker lahko z veliko količino pridobljenih podatkov

kasneje poljubno pridobivamo dimenzije ne glede na spremembe CAD modela ali 2D risbe. V nekaterih drugih podjetjih se uporablja tudi za merjenje v serijski proizvodnji, kjer je 3D skener sklop montažne linije in omogoča hitro ter 100 % merjenje vseh proizvedenih izdelkov.

2.4.2 ZGRADBA 3D SKENERJA

V praktičnem delu bomo meglenko pomerili tudi s 3D skenerjem ATOS nemškega proizvajalca GOM. Skener se imenuje ATOS III. Na sliki 15 je prikazana merilna naprava z opisom njenih karakteristik. Naprava je sestavljena iz projektorja in leve ter desne kamere. Objektiv projektorja lahko poljubno menjamo glede na merilni volumen, ki ga potrebujemo za merjenje različnih velikosti merjencev. Poleg projektorja (merilne glave), k sistemu pripada tudi stojalo za lažje rokovanje pri merjenju in rotacijska miza, ki nam pride v poštev pri avtomatskih meritvah (slika 16).



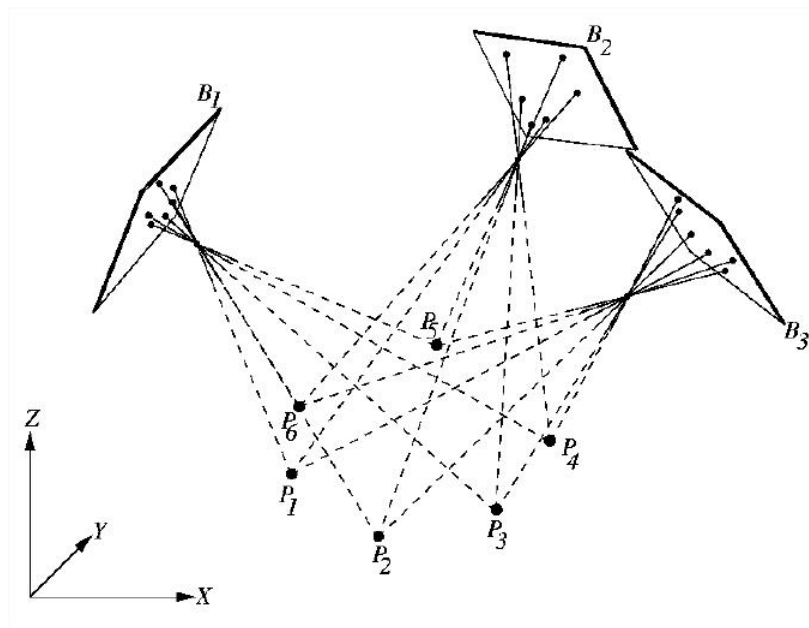
Slika 14: Sestavni deli in merilne karakteristike sistema s strukturirano svetlobo
(Vir: Brajlj, et al. 2011)



Slika 15: Rotacijska miza
(Vir: Lastni)

2.5 PRINCIP DELOVANJA 3D SKENERJA

Lokacija točk v prostoru se lahko določi s pomočjo triangulacije žarka, če je znan volumen usmerjenosti vsakega svetlobnega snopa v objektu koordinatnega sistema.

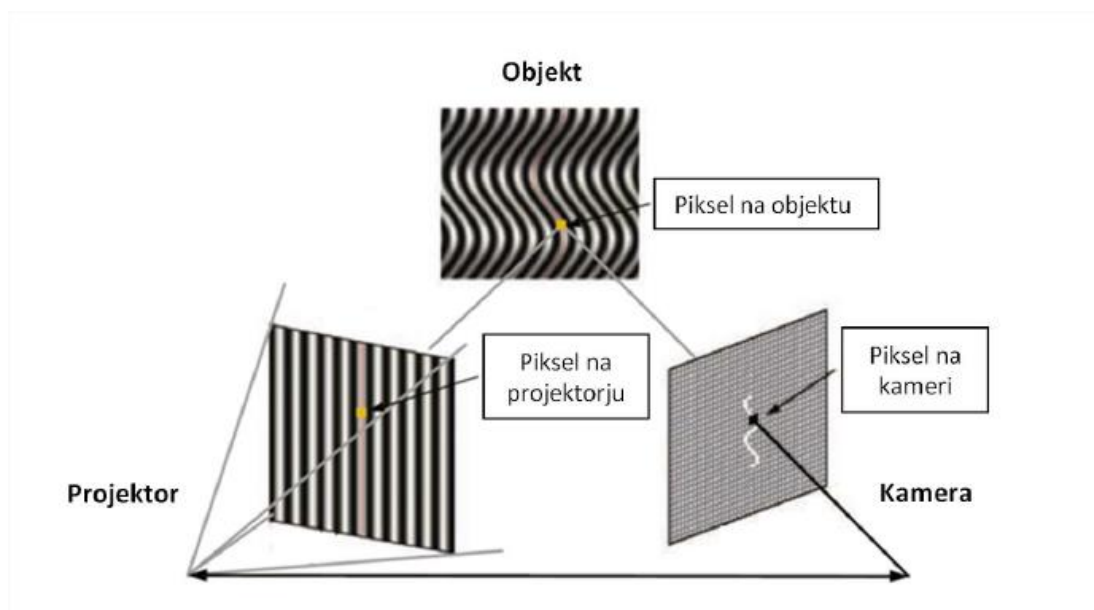


Slika 16: Določitev predmeta točke P_i triangulacije snopa zraka iz različnih ravnin pogleda B_i

(Vir: Interna dokumentacija TOPOMATIKA)

3D skener ATOS je eden od optičnih meril, ki meri s strukturirano svetlobo. To je postopek, pri katerem na merjenca projiciramo svetlobni vzorec. Zaradi neravnin na merjencu se svetlobni vzorec deformira, kar nam omogoča izračun dimenzij.

Na sliki 18 je prikazan princip delovanja. Na levi stani imamo projektor, ki projicira vzorec z navpičnimi črtami. Ta vzorec se na objektu izkrivi zaradi profila površine. Kamera nato zajame izkrivljen vzorec in ga pošlje v računalnik. Pri vsaki meritvi pridobimo več milijonov podatkovnih točk, ki jih nato računalnik s pomočjo triangulacije pretvori v 3D model.



Slika 17: Princip delovanja sistema s strukturirano svetlobo
(Viri: Sang Zhang, 2010)

Da merjenec dobimo v digitalni obliki, je meritve potrebno izvesti iz različnih kotov, da pridobimo čim več podatkov. Posamezne meritve program združi skupaj, na podlagi referenčnih točk (belo-črne nalepke), ki jih pred meritvami pritrdimo na podlago, kjer je postavljen merjenec, ali pa neposredno na merjenec. Na podlagi transformacije posameznih meritev pa program določi skupni globalni koordinatni sistem. V primeru skeniranja večjih merjencev moramo uporabiti tudi večji merilni volumen, vendar se nam s tem natančnost meritev zmanjšuje.

Po meritvah se slike matematično obdelajo in zapišejo v digitalno obliko. Rezultat skeniranja je oblak točk oziroma STL datoteka. STL je poseben zapis, ki nam tridimenzionalen objekt prikaže s pomočjo majhnih trikotnikov.

3 PRAKTIČNI DEL

3.1 KALIBRACIJA 3D KOORDINATNEGA MERILNEGA STROJA IN 3D SKENERJA

Da obe merilni napravi delujeta točno in po predpisih, je potrebno 1x letno izvajati kalibracijo s strani zunanjih izvajalcev. Na področju tipalne merilne tehnike je za zagotavljanje sledljivosti veliko bolje poskrbljeno kot pri optični metodi, ker so etaloni ter navodila za preizkus sposobnosti, kalibracije in preverjanje delovanja dobro razviti in standardizirani. Drugače je pri optičnih merilnih napravah, ki etaloni in

navodila za kalibracijo niso predpisani s strani nacionalnih in akreditiranih laboratorijev, zato se kalibracija opravlja kar po proizvajalčevih standardih. Kljub letni kalibraciji pa je potrebno zagotoviti, da merilna naprava pri vsakem merjenju pravilno deluje. Potrebno jo je umeriti in preveriti delovanje glede na frekvenco delovanja. V HSS to preverjamo 1x tedensko v primeru dvoma na določene meritve pa večkrat.

3.1.1 Preizkus sposobnosti in preverjanje delovanja 3D koordinatnega merilnega stroja

Kot je bilo omenjeno v teoretičnem delu, se pri delovanju KMS pojavi napaka tipala, ki se upošteva ob dotiku in se izvede s programsko kompenzacijo. Pravilno izvedbo programske kompenzacije zagotovimo s postopkom umerjanja. Pri KMS umerjanje izvedemo s pomočjo precizno izdelane krogle, znanega premera, ki je sestavni del 3D koordinatnega merilnega stroja. Pri tem postopku se umeri vsaka pozicija tipala ob različnem kotu tipalne glave.



Slika 18: Kalibracija KMS
(Vir: Lastni)

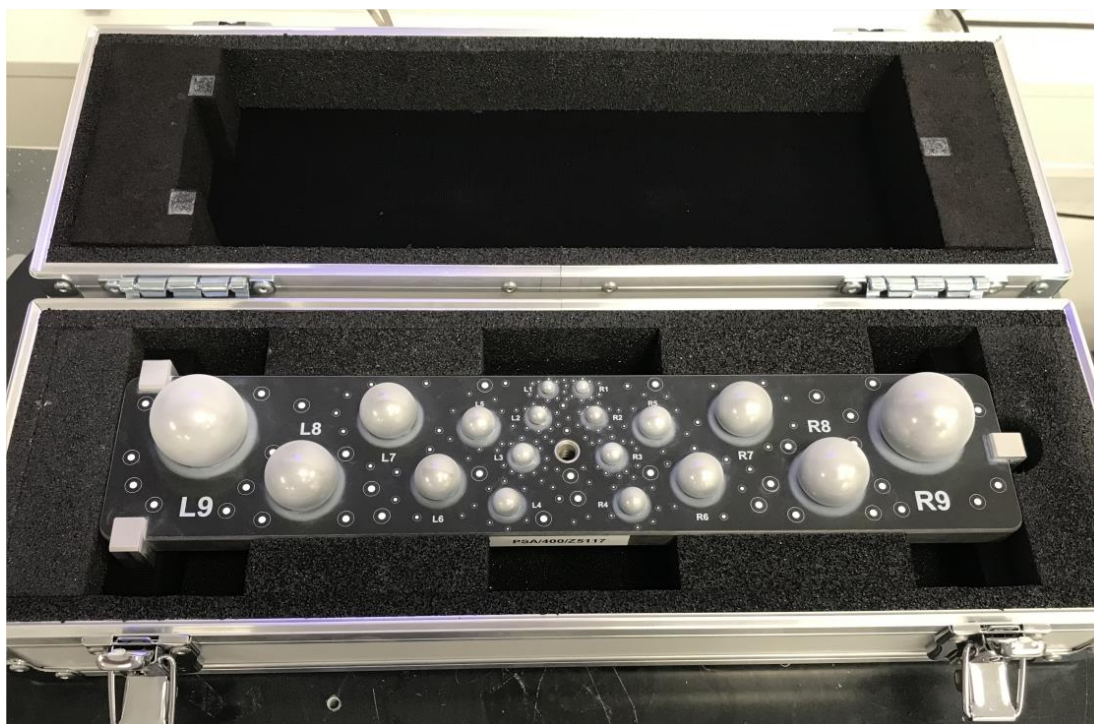
3.1.2 Preizkus sposobnosti in preverjanje delovanja 3D skenerja

Za pravilno delovanje 3D skenerja je potrebno 1x tedensko opraviti kalibracijo senzorja. Kalibracija senzorja se opravi s pomočjo kalibracijske plošče. Med procesom kalibracije, programska oprema določi položaj in usmerjenost vsake kamere. Kalibracijo, ki jo predpisuje proizvajalec se izvede, ko kalibracijsko ploščo poslikamo pod različnimi koti in višinami.



Slika 19: Kalibracijska plošča
(Viri: Lastni)

Kljub kalibraciji, ki jo predpisuje proizvajalec, v HSS delovanje in točnost 3D skenerja preverjamo tudi z etalonom, ki je kalibriran s strani akreditiranega laboratorija in je določen z nominalnimi vrednostmi. Zaradi zagotavljanja sledljivosti je etalon vnesen v kartoteko meril in se 1x letno pošlje na kalibracijo. S pomočjo tega etalona se preveri točnost 3D skenerja.



Slika 20: Etalon
(Viri: Lastni)

3.2 OPIS MERJENCA

HSS se ukvarja z izdelavo različne svetlobne opreme, ki jo kasneje umeščamo v dele vozil. V praktičnem delu bomo pomerili meglenko oznake Seat, ki je sestavljena z različnimi komponentami, ki kasneje lahko vplivajo tudi pri dimenzijskih meritvah.

Končne dimenzije so zelo odvisne od:

- sestavljanja končne meglenke na montažni liniji,
- usposobljenosti delavcev na montažni liniji,
- kakovosti komponent,
- temperaturnih dejavnikov,
- usposobljenosti operaterja meritev,
- merilnih naprav ...

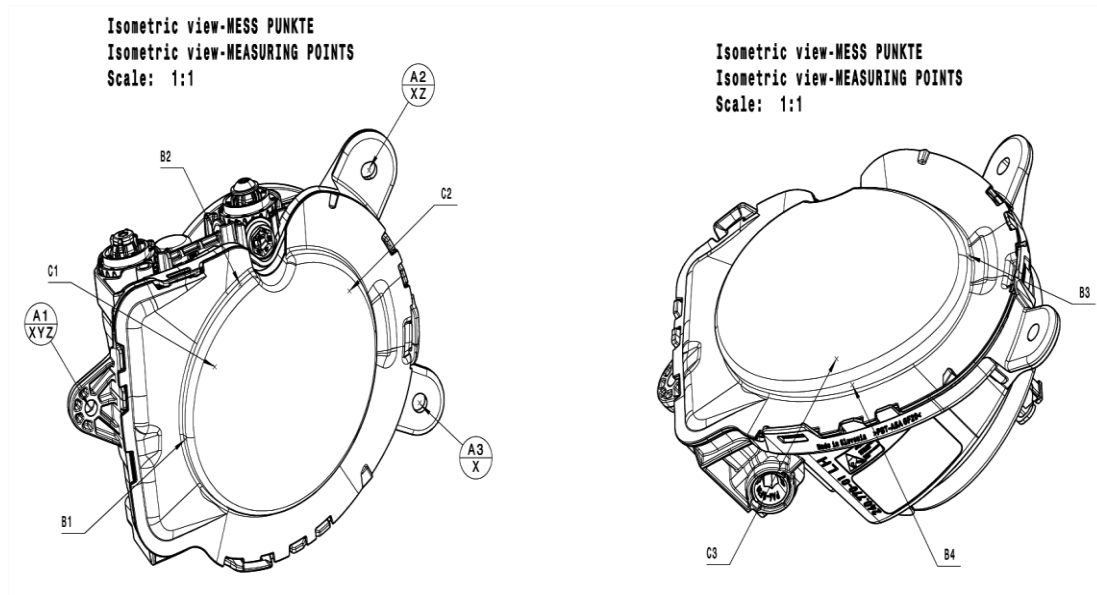
Največji vpliv na dimenzije pa ima odlaganje leče na ohišje, katero delo opravi robot. Leča je na ohišje prilepljena z za to namenjenim lepilom, ki je toplotno obdelan in je potrebno izdelek ustrezno prepakirati, da vse ostane na svojem mestu in ni možnosti deformacij. Meglenka je večinoma sestavljena iz plastike, na katero imajo temperaturni pogoji velik vpliv.



Slika 21: Meglenka
(Viri: Lastni)

3.3 DELAVNIŠKA RISBA

Zahtevane dimenzije za merjenje so predpisane na 2D risbi, ki je narejena po 3D modelu. Vse zahteve nastanejo že v pred razvoju in so usklajene med kupcem in potencialnim dobaviteljem s pomočjo študije izvedljivosti. Podan mora biti ustrezen referenčni sistem (RPS), ki navadno predpisuje pozicijo meglenke na vozilu. Poleg RPS koordinat morajo biti določene tudi koordinate kontrolnih točk z dovoljenimi tolerancami, katere nam predpisujejo kdaj je izdelek še ustrezen. Dimenzije, ki so predpisane na risbi, imajo določen pomen funkcije in potrjevanja kakovosti izdelka. Tolerance nam predstavijo območje, pri katerem je izdelek še ustrezen oziroma se ga lahko proda kupcu. Tolerance so predpisane zato, ker v praksi pri nobenem izdelku ne moremo zagotoviti nominalne točnosti. V praktičnem delu bomo pomerili točke, ki jih je potrebno preverjati po kontrolnem planu in so na risbi označene kot specialne karakteristike (SC). Specialne karakteristike so dimenzije, pri katerih moramo meritve izvajati bolj pogosto in so najbolj pomembne točke, ki nam podajo informacije tudi o funkcionalnosti kosa. Meglenko bomo pomerili po 2D risbi z dvema postopkoma ter na koncu naredili analizo, kateri postopek je bolj primeren za serijske meritve.



Seat 316 CUV FL+CL LED

(4)

Feld Sect	RPS F.- Pkt. Funct. pont	Globale Koordinaten Global coordinates			Aufnahmeart/Bemerkung Mounting type/note	Bezugspunkt: Reference point:			Messrichtung Measuring direction					
		x	y	z		Theor. Drehwinkel um Achse: Theor. angle of rotation around axis:								
						x/..... °	y/..... °	z/..... °						
					Nennmasse/Nominal dimensions			Toleranzen/Tolerances						
					AE x/a	AE y/b	AE z/c	x/a	y/b	z/c	Tn	cos x	cos y	cos z
	1 Axyz	-861,248	-459,000	853,941	Flaeche/surface			0.00	±0.2	±0.2	/	-1,000	-0,000	-0,000
	2 Axz	-808,248	-606,500	886,441	Flaeche/surface			0.00	±0.5	±0.2	/	-1,000	0,000	0,000
	3 Ax	-803,748	-615,500	301,441	Flaeche/surface			0.00	±0.5	±0.5	/	-1,000	-0,000	-0,000
	B1	-872,178	-495,667	336,427	Wesspunkt 1/Measuring point 1			/	/	/	±0,70	-0,122	0,991	-0,049
	B2	-861,376	-531,423	378,915	Wesspunkt 2/Measuring point 2			/	/	/	±0,70	-0,122	0,202	0,972
	B3	-822,028	-596,561	339,405	Wesspunkt 3/Measuring point 3			/	/	/	±0,70	-0,122	-0,992	0,030
	B4	-846,062	-547,743	294,708	Wesspunkt 4/Measuring point 4			/	/	/	±0,70	-0,122	-0,087	-0,989
	C1	-875,739	-512,072	358,883	Wesspunkt 5/Measuring point 5			/	/	/	±0,70	-0,979	-0,035	0,203
	C2	-838,082	-583,893	357,484	Wesspunkt 6/Measuring point 6			/	/	/	±0,70	-0,692	-0,710	0,133
	C3	-854,750	-546,734	301,521	Wesspunkt 7/Measuring point 7			/	/	/	±0,70	-0,787	-0,400	-0,469

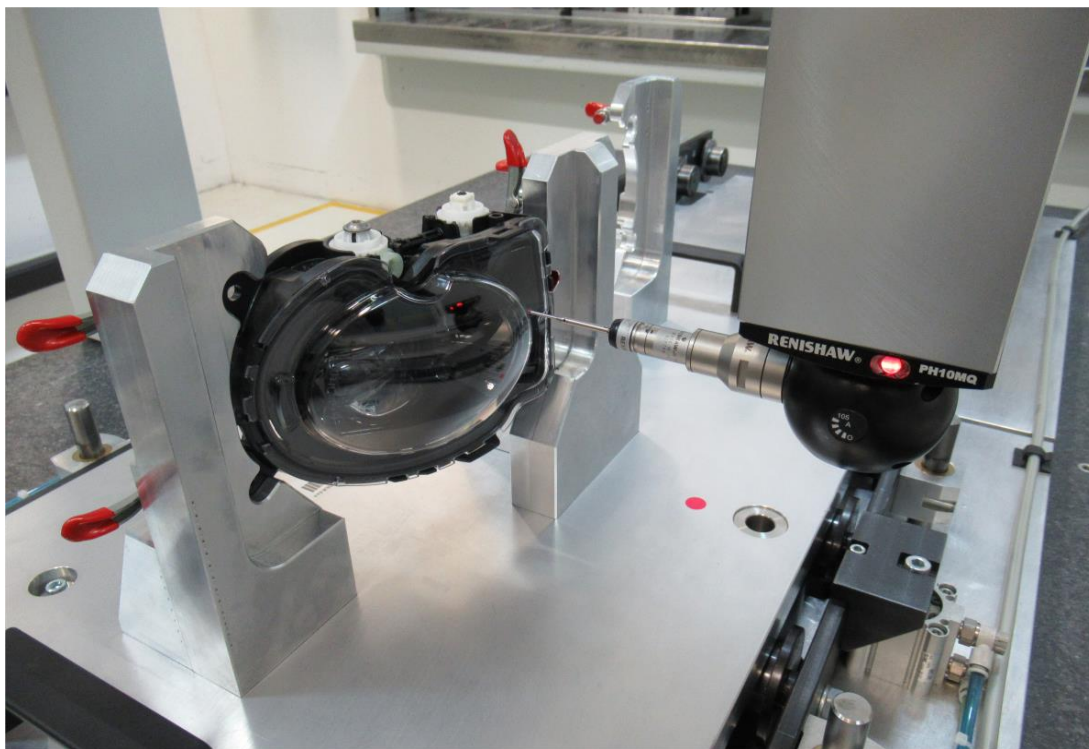
Alle Messungen werden normal zur Oberfläche durchgeführt / All measurements are made following the surface normal direction

Slika 22: 2D risba izdelka
(Vir: Interna dokumentacija Hella)

3.4 POTEK MERJENJA NA 3D KOORDINATNEM MERILNEM STROJU

Na 3D koordinatnem merilnem stroju lahko megljenko pomerimo na več načinov. Glede na to, da se bomo kasneje pri analizi meritev osredotočili na analizo meritev za serijsko proizvodnjo, bomo pri tem poteku uporabili tudi stojalo, na katerega bomo megljenko montirali, kot se ta montira v vozilo. Glede na to, da imamo pri teh meritvah za pripomoček kaliber, je koordinatni sistem tvorjen že po osnovni plošči stojala in je nepotrebno sprotno določevanje koordinatnega sistema megljenke, ker

je ta že določen. Koordinatni sistem meglenke na kalibru, katerega montiramo na 3D koordinatni merilni stroj, je vedno v enakem položaju. Za operaterja je v tem primeru najbolj pomembno, da pravilno vpne meglenko na kaliber in pri tem upošteva navodila za vpenjanje, ki so bila narejena ob prevzemu kalibra in raznih testih, ki so potrebni za prevzem.



Slika 23: Začetek merjenja meglenke
(Vir: Lastni)

3.5 POTRDITEV MERILNEGA STOJALA

Za vse serijske meritve, nam v pomoč pridejo kalibri ali pripomočki, ki ponazarjajo vpenjanje meglenke v vozilo. Vsako stojalo je potrebno ob prevzemu preveriti in potrditi s pomočjo meritev, ki so bile narejene na KMS. Tudi kasneje je zaradi deformacij materiala, zaradi staranja ter frekvence uporabe potrebno preverjati vsaj enkrat letno, ali odvisno od naloge samega stojala in njegove konstrukcije. Konstrukcijo stojala pa določimo s podanimi zahtevami na risbi izdelka. Vedno pred naročilom stojala, se skupina na določenem projektu dogovori o uskladitvah, ki so potrebne za samo izdelavo stojala. Za funkcionalnost merilnega stojala sta pomembna dva elementa:

1. Montaža izdelka v stojalo mora biti skladno s predpisanim referenčnim sistemom.

2. Pozicija izdelka na stojalu, nam mora omogočati, da se lahko pomeri vse merske točke, ki so predpisane na 2D risbi s tipalom, ki ima omogočen dostop.

V našem primeru bomo za meritve na KMS uporabili stojalo, ki pa nam služi samo kot pripomoček za merjenje in ga ni potrebno preverjati vsako leto, vseeno pa mora biti vstavljen v kartoteko meril in ustrezno označeno z identifikacijskimi številkami, da nam omogoča sledljivost in pregled.



Slika 24: Mersko stojalo
(Vir: Lastni)

Vse to so standardni postopki, ki so značilni za avtomobilsko industrijo. Kaliber je kot pripomoček mišljen zato, ker se pri meritvah referenčne točke pobirajo direktno iz ohišja meglenke, nam pa vseeno omogoča dovolj točno pozicijo meglenke, da KMS lahko sam najde merske točke in nam tako olajša delo in se meritev izvrši v avtomatskem načinu.

V vsakem primeru, pa mora biti stojalo ustrezno in mersko zadovoljivo, pomerjeno in dodano v kartoteko meril. Nato vstavimo mersko poročilo kot certifikat o ustreznosti in to z leti preverjamo.

Evidenca pregledov internega merila

Evidenčna številka merila:

Obrat: Oddelek:

Naziv merila: Tip merila:

Merilni obseg: Ločljivost:

Proizvajalec: Status merila:

Vrsta pregleda: Interval pregleda:

Pregledi meril:

St. pr.	Datum pregled	Izvajalec	Zapisnik/certifikat	Pregledal	Ustr.	Opomba	Certifikat	Št. dokumenta	VerzijaDIS	Tip dokumenta	Hella link
<input type="text" value="1"/>	19. 07. 2019	Koželj Matjaž	19_122	Koželj Matjaž	d		certifikat				Povezava
<input type="text" value="0"/>							certifikat				Povezava

Slika 25: Kartoteka meril
(Viri: Lastni)

3.6 REZULTATI MERITEV NA 3D KOORDINATNI STROJ

Po fizičnem merjenju izdelka pride na vrsto pregled in vrednotenje merskega poročila, katerega sestavo lahko poljubno prilagajamo. Mersko poročilo je sestavljeno glede na podatke, ki jih pridobimo na 2D risbi. Za merjenje serijske proizvodnje je najbolj pomembno, da je mersko poročilo sestavljeno kar se da enostavno in pregledno, da kontrolor na liniji takoj predvidi ustrezno kakovost izdelka, ki je potrebna za nadaljnji proces proizvodnje. Za ta namen v HSS uporabljamo poročilo v RTF obliki, katero vsebuje:

- izmerjeno vrednost,
- nominalno vrednost,
- tolerance,
- deviacijo med izmerjeno in nominalno vrednostjo,
- grafični prikaz.

```

-----
***** Control points C - Flush *****
-----
DIM T_C1= LOCATION OF POINT C1  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       0.002      0.000      0.700      0.700      0.002      0.000  ----#----

DIM T_C2= LOCATION OF POINT C2  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       -0.228      0.000      0.700      0.700      -0.228      0.000  ----#----

DIM T_C3= LOCATION OF POINT C3  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       -0.016      0.000      0.700      0.700      -0.016      0.000  ----#----

-----
***** Control points B - Gap *****
-----
DIM T_B1= LOCATION OF POINT B1  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       0.153      0.000      0.700      0.700      0.153      0.000  ----#----

DIM T_B2= LOCATION OF POINT B2  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       0.341      0.000      0.700      0.700      0.341      0.000  ----#--

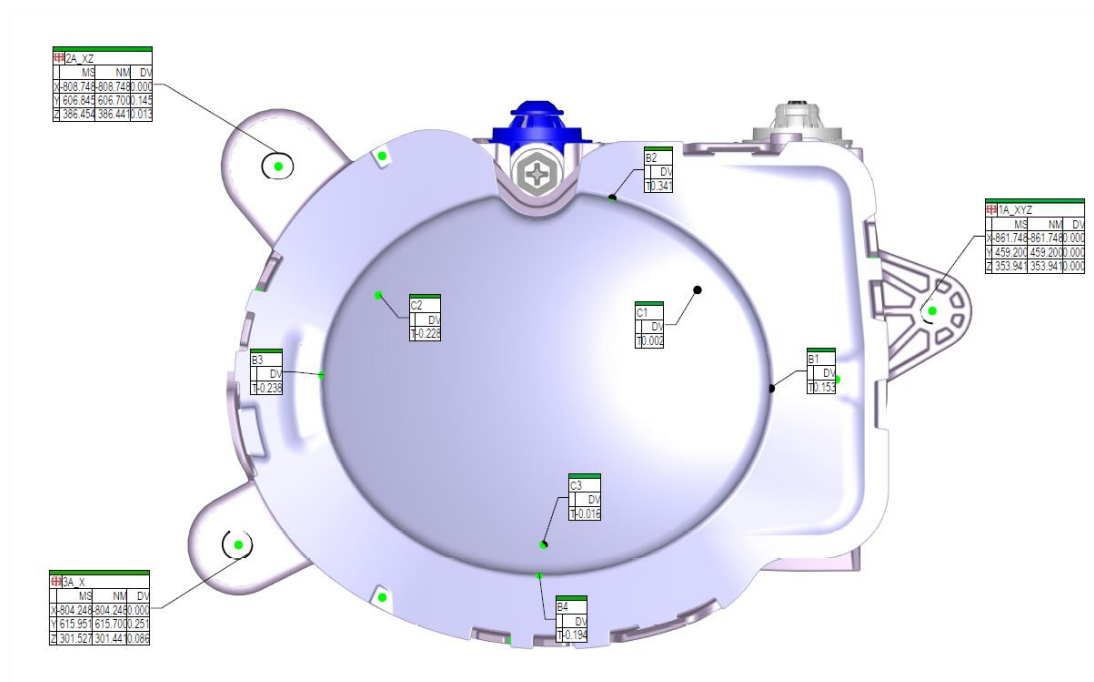
DIM T_B3= LOCATION OF POINT B3  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       -0.238      0.000      0.700      0.700      -0.238      0.000  --#-----

DIM T_B4= LOCATION OF POINT B4  UNITS=MM
AX      MEAS      NOMINAL      +TOL      -TOL      DEV      OUTTOL
T       -0.194      0.000      0.700      0.700      -0.194      0.000  ----#----

```

Slika 26: Mersko poročilo KMS
(Vir: Lastni)

V primeru neustreznih meritev se bolj poslužujemo poročila v PDF obliki, ki nam prikazuje tudi model izdelka in se lahko točno orientiramo po lokacijah predpisanih točk. Ta oblika merskega poročila pride bolj v poštev tehnologom, ki po rezultatih popravijo proces na montažni liniji oziroma v našem primeru optimizirajo proces odlaganja leče na ohišje meglenke.



Slika 27: Mersko poročilo KMS v PDF obliki
(Vir: Lastni)

3.7 POTEK SKENIRANJA

Postopek skeniranja je opisan na primeru meglenke, ki smo jo pomerili že v prejšnji fazi na KMS. Merjenec najprej opremimo z referenčnimi točkami (slika 29), ki so referenca za združevanje vseh posnetkov v celoto. Referenčne točke postavimo tako, da jih je pri prvem posnetku največ vidnih in nato pri vsakem naslednjem posnetku potrebujemo minimalno tri že posnete točke iz prejšnjih slik. Referenčne točke nam služijo zato, da program za vsako točko izračuna koordinate X, Y in Z. Velikost točk je odvisna od velikosti merskega volumna. V našem primeru smo uporabili merski volumen 320 in referenčne točke s premerom 1,5 mm. V primeru manjšega merjenca in po potrebi bolj natančnih in detajlnih meritev bi uporabili merski volumen 100 ali 170 ter referenčne točke s premerom 0,8 mm.



Slika 28: Referenčne točke
(Vir: Lastni)

V primerih svetlečih in transparentnih površin na merjencu, pred skeniranjem na merjenec naneseemo fin bel prah (slika 30). Fin bel prah nam omogoča večji kontrast projiciranega vzorca in preprečuje refleksije svetlobe. Ko merimo manjše merjence in uporabljamo za to namenjen merilni volumen, moramo biti pazljivi pri nanosu belega prahu, ker lahko njegova granulacija vpliva na rezultate meritev. Vsi te dejavniki pa so odvisni od izkušenj, ki smo jih pridobili z leti. Če prah nanašamo v manjši količini, lahko še vedno prihaja do manjših refleksij, vendar lahko te odpravimo programsko.



Slika 29: Fin bel prah v razpršilu.
(Vir: Lastni)

Zaradi zagotavljanja čistoče v merilnem laboratoriju za nanašanje prahu v HSS uporabljamo za to prirejen poseben prostor, v katerem je komora. Komora s pomočjo izsesavanja izpiha ves odvečen prah.



Slika 30: Komora
(Vir: Lastni)

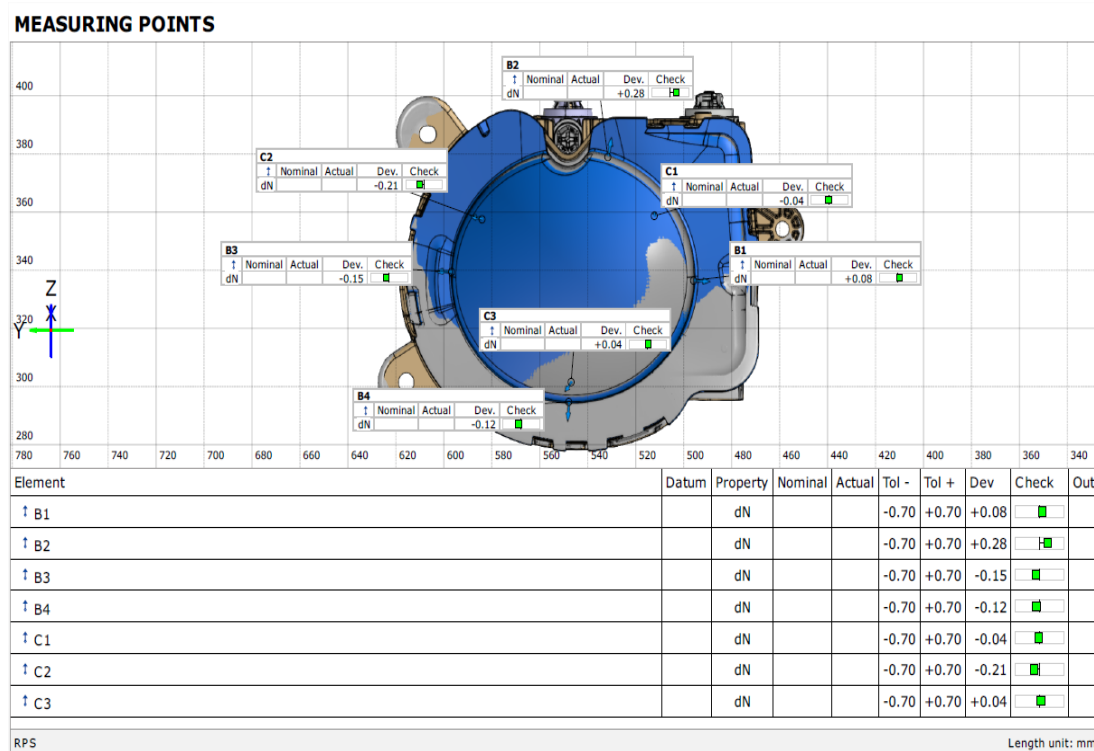
Po vseh teh fazah priprave na meritev, meglenko pazljivo odložimo in po potrebi vpnemo na rotacijsko mizo. Če opazimo, da se bo merjenec med posnetki premikal ga prisilno vpnemo, vendar moramo biti pazljivi, da ne pride do deformacij, kar bi pripeljalo do napačnih meritev.



Slika 31: Meglenka ob poteku skeniranja
(Vir: Lastni)

3.8 REZULTATI MERITEV NA 3D SKENERJU ATOS

Kot pri vrednotenju rezultatov na 3D koordinatnem merilnem stroju se tudi pri skeniranju poslužujemo kar se da enostavnemu in preglednemu poročilu. Spodaj imamo poročilo, katero je sestavljeno z modelom izdelka, ki je namenjen boljši orientaciji posameznih merskih točk. Poleg pa imamo še tabelo, ki je podobna poročilu v RTF obliki, ki ga uporabljamo pri vrednotenju meritev za serijsko proizvodnjo na 3D koordinatnem merilnem stroju. Za merjenje in analizo meritev na 3D skenerju uporabljamo program GOM. Pogled poročila je odvisen od tega, kdo meritve potrebuje.



Slika 32: Mersko poročilo v GOM programu
(Vir: Lastni)

3.9 ANALIZA MERITEV

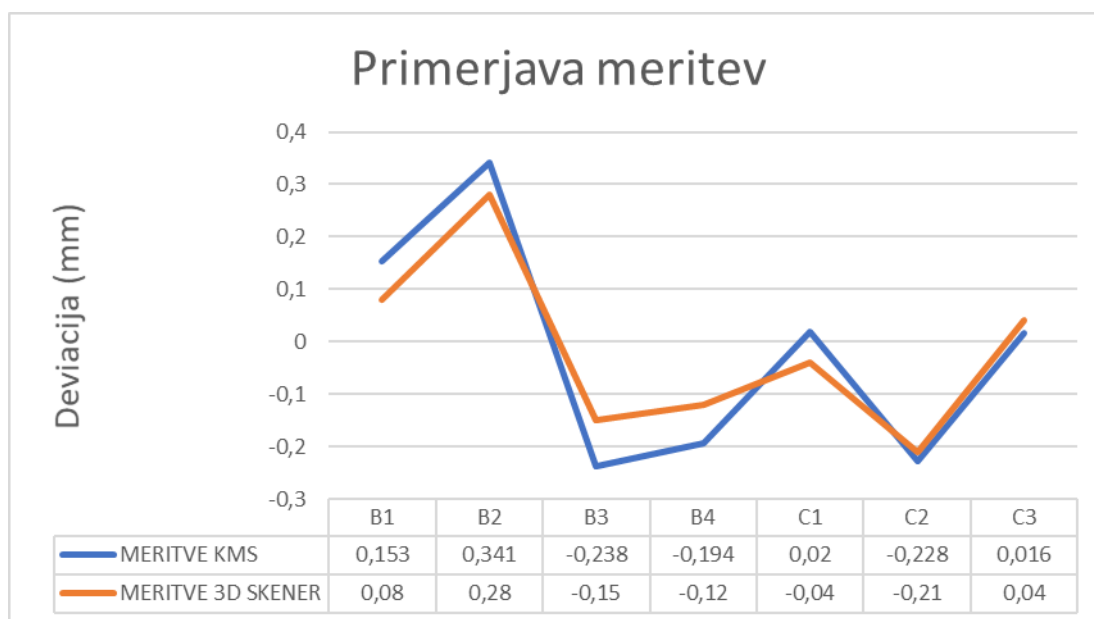
Kot že omenjeno sta dobra konstrukcija izdelka in 2D risba zelo pomembna za meritve, katere lahko pridobimo z različnimi postopki merjenja. Glede postopkov merjenja se odločimo že v pred razvoju skupaj z ostalimi člani posameznega projekta, kateri vsak s svojim znanjem in izkušnjami pripomore za dobre in kvalitetne kasnejše meritve.

Tabela 1 prikazuje vse pomerjene vrednosti oziroma deviacije od nominalne vrednosti za oba postopka. Merske točke, ki so na risbi podane kot specialne karakteristike (SC) so bile pomerjene z obema postopkoma. Bolj podroben prikaz razlik med meritvami lahko zasledimo v grafičnem prikazu (slika 34).

Glede na merske rezultate opazimo, da je razlika med enim in drugim postopkom zelo majhna po drugi strani pa glede na predpisane tolerance in točnost merilnih naprav kar velika. Na te razlike vpliva več zunanjih dejavnikov, katere je potrebno že prej predvideti. V tabeli 2 so napisane prednosti in slabosti med obema postopkoma merjenja.

KONTROLNE TOČKE	Meritve	
	MERITVE KMS	MERITVE GOM
B1	0,153	+0,08
B2	0,341	+0,28
B3	-0,238	-0,15
B4	-0,194	-0,12
C1	0,02	-0,04
C2	-0,228	-0,21
C3	0,016	+0,04

Tabela 1: Rezultati dimenzijskih meritev na KMS ter 3D skenerju
(Vir: Lastni)



Slika 33: Grafični prikaz deviacij dimenzijskih meritev
(Vir: Lastni)

PREDNOSTI IN SLABOSTI MERJENJA	
MERJENJE NA KMS	MERJENJE NA 3D SKENER
<p>PREDNOSTI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ob jasno napisanih navodilih ni potrebnega velikega znanja operaterjev, • hitrejše meritve, • kosi po meritvah niso deformirani ali umazani ter se jih lahko uporabi za nadaljnje procese <p>SLABOSTI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ob nepravilnem vpetju kosa na stojalo se poveča merska negotovost • po nastavitvi programa s strani izkušenega merilca pa kasneje podatkov ne moramo prilagajati in je potrebno za dodatne informacije o meritvah ponovno merjenje in prilagajanje programa 	<p>PREDNOSTI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zajem podatkov za kasnejšo obdelavo, • lažje merjenje prerezov in ostalih dimenzij v fazi razvoja • uporabniku bolj prijazen program za obdelavo podatkov <p>SLABOSTI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • za merjenje in obdelavo podatkov je potreben bolj izkušen in za to izučen operater, • daljši postopek merjenja • kose je potrebno po merjenju dobro očistiti, kar pomeni, da je več možnosti o neustrezni kakovosti kosa za nadaljnje procese

Tabela 2: Prednosti in slabosti merjenja

(Vir: Lastni)

4 ZAKLJUČKI

V praktičnem delu diplomske naloge smo meglenko pomerili na dva načina, in sicer optično in tipalno. V avtomobilski industriji se vse vrte okoli kakovosti, varčevanja, časovnega pritiska itd., zato morajo vsi procesi, ki jih potrebujemo za kakovostni končni izdelek steči kar se da hitro in optimalno. Za vsak končni izdelek je točno preračunan zaslužek, ki je omejen s časom izdelave izdelka. Pri merjenju izdelkov v serijski proizvodnji je ključnega pomena, da se meritev izvede hitro, enostavno in pravilno, da kontrolorji in tehnologi dobijo podatek o ustreznosti izdelka in s tem potrdijo zagon montažne linije. Kakovost izdelka je odvisna od razvojne faze in vse do končne prodaje, zato morajo biti končani vsi koraki ter opravljeni vsi testi, ki jih zahtevajo standardi.

Temo diplomske naloge sem izbral zato, ker se je velikokrat pri vsakdanjem delu pojavljalo vprašanje o ponovljivosti med eno in drugo metodo. Presenetljivo se nam zdijo meritve zelo podobne in ni opaženih veliko razlik, čeprav je bila meglenka pri merjenju na KMS vpeta prisilno, kar pomeni, da je lahko prišlo do manjših deformacij referenčnega sistema. V tem primeru smo dobili potrditev, da je konstrukcija merskega stojala, ki ga uporabljamo kot pripomoček ustrezna. Potrditev smo dobili tudi na podlagi meritev na 3D skener, kjer je razvidno, da se je v točnosti zelo približal KMS-ju in se je v razvoju v zadnjih letih metoda zelo izpopolnila. Glede na čas serijskih meritev lahko ocenimo, da je KMS v serijski proizvodnji še vedno nepogrešljiv in je za meritve, ki smo jo naredili v praktičnem delu pred metodo merjenja na 3D skener. Za razliko od merjenja serijske proizvodnje pa nam 3D skener omogoča veliko hitrejše merjenje izdelkov, ko gre za 100 % meritve po risbi in so še v fazi razvoja. 3D skenerji imajo operaterju zelo prijazen program in zajemajo veliko količino podatkov, s katerimi lahko programsko merimo dimenzije prereзов in nam izdelkov ni potrebno fizično rezati, ker nam bi bil onemogočen dostop tipanja.

Kot povzetek bi napisal, da v HSS še vedno merimo izdelke v serijski proizvodnji s pomočjo KMS, v razvoju pa uporabljamo 3D skener, ker tako veliko privarčujemo na času in izmetu. Je pa res, da bi bil kljub vsemu 3D skener odlična nadomestitev za KMS, če le ne bi bilo potrebno na merjenca nanašati beli prah in jih opremljati z referenčnimi točkami. Te priprave na meritve za serijsko merjenje so časovno zelo potratne.

5 LITERATURA IN VIRI

Ačko Bojan (2011). Proizvodni merilni sistemi: skripta. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Balič Jože (2002). CAD/CAM postopki. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Botolin Luka, Gazvoda Samo (2013). `Meritve iz naslonjača`-Resnične prednosti meritev z optičnimi 3D-skenerji po metodi strukturirane svetlobe. V: Perme T., Švetak D. (ur.) 5. Industrijski forum IRT. Vir znanja in izkušenj za stroko: konferenčni zbornik, Portorož, 10.-12. junij 2013. Škofljica: Profidtp, 2013, str. 221-224

Botolin Luka, Gazvoda Samo (2013). Portorož: »Meritve iz naslonjača« - Resnične prednosti meritev z optičnimi 3D skenerji po metodi strukturirane svetlobe. Industrijski forum IRT 2013. Vir znanja in izkušenj za stroko.

Brajlih Tomaž, Tasič Tadej, Drstvenšek Igor, Valentin Bogdan, Pogačar Vojko, Balič Jože, Ačko Bojan (2011). Possibilities of using three-dimensional optical scanning in complex geometrical inspection. Strojniški vestnik, vol. 57, no. 11, str. 826-833.

Brajlih Tomaž, Tasič Tadej, Drstvenšek Igor, Valentin Bogdan, Pogačar Vojko, Balič Jože, Ačko Bojan. Possibilities of using three-dimensional optical scanning in complex geometrical inspection. Strojniški vestnik (2011), vol. 57, no. 11, str. 826-833.

Černič Primož (2013). Umerjanje optičnih in tipalnih trikoordinatnih merilnih naprav: magistrsko delo. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Hexagon Metrology (2005). Navodila za uporabo: *M1S331EC*. Kraj: HSS
Interna dokumentacija podjetja GOM mbH Mittelweg 78, 38106 Branschweig
Germany

Interna dokumentacija podjetja HELLA Saturnus Slovenija d.o.o, Letališka cesta 17,
1001 Ljubljana

Interna dokumentacija podjetja TOPOMATIKA d.o.o Ilica231, 1000 Zagreb,
Hrvatska

Intro to Coordinate Metrology (b. l.). Understanding the CMM: The Coordinate System. Pridobljeno 24.08.2021 z naslova
<https://www.hexagonmi.com/solutions/technical-resources/metrology-101/intro-to-coordinate-metrology>

Manganelli, M. (2000). Multifunction CMM systems. mfg Magazine, št. 9

Sang Zhang. Recent progresses on real-time 3D shape measurement using digital fringe projection techniques. Optics and Lasers in Engineering, (2010), vol. 48, no. 2, str.149-158.

Žiljcov Jakob (2010). Primerjava metod za merjenje notrnajih premerov: diplomsko delo. Maribor: Fakulteta za strojništvo.