ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program:	N2301	Strojní inženýrství
Studijní obor:	2303T004	Strojírenská technologie – technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Metodika měření na souřadnicovém stroji a její vliv na výsledky měření

Autor: **Libor MAŤÁK**

Vedoucí práce: **Ing. Martin MELICHAR, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.
Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: ……. . . . . .
podpis autora

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora, firmy Hofmeister s.r.o. a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Melicharovi Ph.D. za jeho trpělivost, podporu a poskytnuté rady. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Vladimíru Hrabětovi ze společnosti Hofmeister s.r.o. za odborné vedení a řadu podnětných návrhů.

Libor Maťák

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Maťák	**Jméno** Libor	
STUDIJNÍ OBOR	2303T004		
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Melichar,Ph.D.	**Jméno** Martin	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	**DIPLOMOVÁ**	~~**BAKALÁŘSKÁ**~~	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Metodika měření na souřadnicovém stroji a její vliv na výsledky měření		

FAKULTA	strojní		**KATEDRA**	KTO	**ROK ODEVZD.**	2016

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	78		**TEXTOVÁ ČÁST**	51	**GRAFICKÁ ČÁST**	27

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Diplomová práce obsahuje teoretické úvahy o vlivu metodiky měření na přesnost měření, několik praktických ověření těchto úvah a vypracování metodiky a zpracování programů pro měření dvou konkrétních součástí
KLÍČOVÁ SLOVA **ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE**	SMS, CMM, metodika měření, přesnost měření

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	**Surname** Maťák	**Name** Libor	
FIELD OF STUDY	2303T004		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Melichar,Ph.D.	**Name** Martin	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	**DIPLOMA**	~~**BACHELOR**~~	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Measurement methodology on coordinate machine and its impact on measurement results		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	Machining Technology		**SUBMITTED IN**	2016

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	78		**TEXT PART**	51		**GRAPHICAL PART**	27

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	The thesis contains a theoretical consideration of the impact measurement methodologies for measurement accuracy, some practical verification of these considerations and the development of methodologies and treatment programs for measuring two specific components
KEY WORDS	SMS, CMM, measurement methodology, measurement results

Obsah

Použité zkratky……..2

1 Úvod 4
2 Analýza současného stavu 6
2.1 Společnost Hofmeister s.r.o. 6
2.2 Konstrukční uspořádání SMS 6
2.2.1 Historie 7
2.3 Měření na souřadnicovém měřícím stroji 8
2.3.1 Dotekové sondy 8
2.3.2 Doteky 11
2.4 Souřadnicový měřící stroj Impact II 14
3 Návrh vlastního řešení 18
3.1 Měření jednotlivých prvků 18
3.1.1 Kosinová chyba 18
3.1.2 Kompenzace kuličky doteku 19
3.1.3 Bod 20
3.1.4 Přímka 20
3.1.5 Kružnice 20
3.1.6 Rovina 21
3.1.7 Válec 21
3.2 Problematika dotykového měření geometrických úchylek 21
3.2.1 Počet bodů pro měření prvků 22
3.3 Měření geometrických tolerancí 22
3.3.1 Kolmost 23
3.3.2 Házení 24
3.3.3 Souosost 26
3.3.4 Rovnoběžnost 26
3.4 Normy technického kreslení 26
3.4.1 ISO 2768 27
3.4.2 ISO 8015 28
3.5 Přibližovací vzdálenost doteku 28
3.6 Plynulé a neplynulé pohyby 29
4 Analýza a hodnocení výsledků 30
4.1 Sonda s kinematickým uložením a délka doteku 30
4.1.1 Měření v rovině XY 31
4.1.2 Měření v rovině ZX 31
4.1.3 Měření v rovině YZ 31
4.1.4 Hodnocení 31
4.2 Měření průměru v různých polohách měřící hlavy 32

4.2.1 Měřící program 32
4.2.2 Hodnocení 34
4.3 Měření válce dotekem 5-50 a 4-20 35
4.3.1 Měřící program 37
4.3.2 Vyhodnocení 37
4.4 Měřící programy pro zadané součásti 38
4.4.1 Součást č. 1 38
4.4.2 Součást č. 2 44
5 Zhodnocení a závěr 48
6 Seznam použité literatury 50
7 Seznam obrázků 51
8 Přílohy 52
8.1 Seznam příloh volně vložených 52
8.2 Kalibrační protokol pro nástavný kroužek ∅ 65,005 mm 53
8.3 Kalibrační protokol pro nástavný kroužek ∅ 80,007 mm 54
8.4 Zdrojový kód programu č. 1 55
8.5 Zdrojový kód programu č. 2 69

POUŽITÉ ZKRATKY

SMS	Souřadnicový měřící stroj
CMM	Coordinate Measuring Machine
SW	Software
CAD	Computer-Aided Design - počítačem podporované projektování
CAM	Computer Aided Manufacturing - počítačová podpora obrábění
CNC	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
NC	Numeric Control - číslicové řízení
IT	Stupeň přesnosti

1 Úvod

Souřadnicové měřící stroje představují v posledních desetiletích významný pokrok v oblasti strojírenského měření. Byly zkonstruovány na základě potřeby měření složitých dílů v automobilovém a leteckém průmyslu.

Jejich hlavní výhodou je možnost určení počátku souřadného systému kdekoli v prostoru jejich měřícího rozsahu a následně k tomuto počátku vyhodnocovat souřadnice všech ostatních nasnímaných bodů. Další významnou výhodou je rychlost měření a vyhodnocování výsledků ve srovnání s tradičními, mechanickými, způsoby měření. V neposlední řadě také možnost zaznamenávání a uchovávání výsledků z měření v elektronické formě, možnost tvorby rozměrových protokolů, nebo dalšího zpracovávání výsledků naměřených hodnot (např. pro statistické metody vyhodnocování).

Rychlý vývoj SMS vychází z potřeby stále přesnější rozměrové kontroly. Průměrně každých 10 až 15 let se zvyšuje přesnost výroby o jeden stupeň IT.

Tato diplomová práce je zaměřena na metodiku měření dvou součástí, jejichž výkresy jsou v příloze této práce. Měření bude probíhat na souřadnicovém stroji Impact II ve společnosti Hofmeister s.r.o. Je to dotykový SMS určený pro laboratorní podmínky. Bude se zkoumat vliv metodiky měření na výsledky měření a výstupem budou programy pro měření obou součástí.

V kapitole analýza současného stavu bude nejdříve krátce představena společnost Hofmeister s.r.o. ve které bude řešena tato diplomová práce. Poté bude pojednáváno o dotykových souřadnicových měřících strojích, o jejich konstrukčním řešení a historii. Dále bude následovat krátké zamyšlení nad přesností dotykového měření a vyjmenování důležitých parametrů, které ji ovlivňují. Blíže budou rozebrány důležité prvky měřícího řetězce z hlediska přesnosti měření, jako jsou dotekové sondy a doteky. V poslední části této kapitoly, bude představen souřadnicový měřící stroj Impact II, který je předmětem zkoumání této diplomové práce z hlediska metodiky měření a jejího vlivu na přesnost měření.

Následující kapitola, návrh vlastního řešení, bude obsahovat návrh měření jednotlivých prvků použitých při vytváření programů pro zadané součástí. Budou definovány důležité pojmy, které je třeba si uvědomit před započetím snímání prvků. Jedná o pojmy kosinová chyba a vysvětlení pojmu kompenzace kuličky doteku. Pak bude následovat popis měření jednotlivých prvků. Bude vysvětleno, jak software vypočítává souřadnice nasnímaných bodů pro jednotlivé prvky, jak tyto prvky metodicky správně snímat a jak software vypočítává důležité parametry těchto prvků během snímání bodů, které je definují. S ohledem na tyto poznatky bude navržena metodika jejich měření pro zadané součásti.

V další části se bude tato kapitola věnovat problematice dotykového měření geometrických úchylek a nepřesnostmi měření vnášených do výsledků touto metodou. Bude rozebrán především vliv počtu bodů na výsledky měření. Poté bude následovat téma, úzce související s předchozími a to je měření geometrických tolerancí, které se vyskytují na výkresech součástí měřených v této diplomové práci. Geometrické tolerance zde budou rozepsány, podrobně bude vysvětlen jejich význam a navržena metodika jejich měření.

Z hlediska metodiky měření je důležitá znalost výkresů, proto budou v kapitole a normách technického kreslení vysvětleny normy závazné pro měřené součásti, tedy ISO 2768 a ISO 8015. Dále budou vysvětleny pojmy, důležité pro programování měření obou součástí, a to přibližovací vzdálenost doteku a plynulé a neplynulé pohyby.

Kapitola analýza a hodnocení výsledků bude obsahovat nejprve experimenty, které budou provedeny v této diplomové práci. Prvním experimentem bude zkoumání vlivu délky doteku

na přesnost měření kružnice při použití kinematické sondy. Následuje zkoumání vlivu směru snímání bodů, při měření kružnice, vzhledem ke kinematické sondě a jeho vliv na přesnost měření. Další experiment bude důležitý při volbě doteku pro měření zadaných součástí. Jeho tématem bude měření nejdůležitějšího prvku na obou kusech a to je válec. Bude porovnávat vliv na přesnost měření válce, dotekem délky 50 mm v jednom natočení měřící hlavy a délky 20 mm ve dvou natočení měřící hlavy.

Závěrem budou představeny a podrobně popsány programy pro měření a metodiky měření obou součástí. Tyto metodiky budou vytvořeny na základě teoretických i praktických poznatků obsažených v této diplomové práci.

2 Analýza současného stavu

2.1 Společnost Hofmeister s.r.o.

Společnost Hofmeister s.r.o. se zabývá výrobou, distribucí nástrojů a nářadí. Jedná se o českou rodinnou firmu, která zahájila svojí podnikatelskou činnost v roce 1990.

Mezi hlavní činnosti firmy Hofmeister patří:

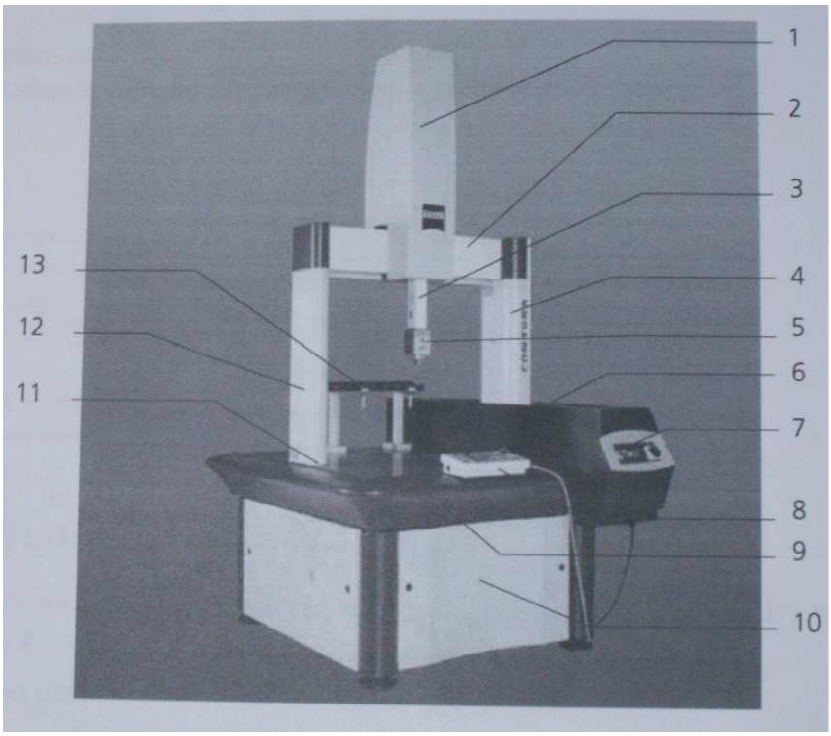
- prodej nástrojů, nářadí a měřidel pro kovoobrábění
- technické poradenství a tvorba kompletních technologií obrábění včetně programování
- výroba standardních a speciálních nástrojů
- ostření a servis nástrojů
- výroba forem pro vstřikování plastů
- výroba přípravků
- CNC obrábění (včetně 5ti osého)
- konstruování ve 3D (CAD/CAM)
- montáž a servis filtračních systémů pro obrábění kovů
- výroba a montáž modulárních skříní
- jemné omílání a pískování
- laserový popis
- certifikovaná kontrola[1]

Ve strojírenské výrobě jsou kladeny stále větší nároky na kvalitu a přesnost výroby. Tento aspekt zajišťuje ve společnosti Hofmeister s.r.o. středisko kontroly. Jako hlavní nástroj pro zjišťování rozměrové přesnosti výrobků se používá souřadnicový měřicí přístroj Impact II. Jeho hlavní uplatnění je měření pro společnost Hofmeister s.r.o. a měření se také nabízí jako služba.

2.2 Konstrukční uspořádání SMS

V této diplomové práci se řeší měření na portálovém měřícím stroji s dotykovými sondami určeném pro laboratorní podmínky. Proto bude další text zaměřen pouze na tyto stroje.

Hlavní částí SMS je granitový stůl, který slouží k vedení portálu a zároveň se na něj umisťují měřené kusy. Portál měřícího stroje nese pinolu a na jejím konci je umístěna měřící hlava. Pohony os zajišťují stejnosměrné elektromotory s tachogenerátorem (snímače otáček, které tuto veličinu převádí na elektrický signál) zapojeným přes zápornou zpětnou vazbu. Tak je zajištěna regulace rychlosti pojezdu. Pohyby os jsou realizovány bezkontaktně pomocí vzduchových ložisek. Každá osa je vybavena pravítkem se čtecí hlavou. Tento systém slouží k odměřování polohy os. Z důvodů možných teplotních výkyvů jsou stroje opatřeny teplotní korekcí. Na základě zadaných údajů o měřeném materiálu a teplotě (pokud stroj nemá teplotní čidla) je SW stroje schopen zkorigovat naměřené rozměry dílu.



Legenda:
1 – kryt pinoly
2 – portál
3 – pinola
4 – podpěra na straně pohonů
5 – snímací hlava
6 – harmonikový kryt
7 – ovládací prvky
8 – ovládací panel
9 – měřící stůl
10 – řízení (za krytem)
11 – vodící dráha
12 – podpěra na straně vedení
13 – zásobník snímačů

Obrázek 2-1 Souřadnicový měřící stroj[10]

2.2.1 Historie

Historie souřadnicových měřících strojů se začala psát v šedesátých letech minulého století. U počátků výroby těchto strojů stálo několik firem podnikajících v odvětví metrologie. Společnost Digital Electronic Automation (DEA) představila světu svůj portálový SMS s pevnou měřící hlavou zhruba ve stejném období jako firma Ferranti Metrology Group. První SMS se vzduchovými ložisky vyvinula firma Shelton Metrology v šedesátých letech.

V počátcích vývoje CMM byly tyto stroje konstruovány pouze pro metrologické laboratoře. Potřeba souřadnicového dílenského měření byla natolik silná, že se brzy začaly vyrábět i pro dílenské prostředí.

Souřadnicové měřící stroje připravily vhodné podmínky i pro rozvoj dalších odvětví jako je například reverzní inženýrství, kdy se ze součásti o neznámých rozměrech tvoří digitální model.

V posledních letech na trhu působí několik firem, které vyrábějí SMS. Některé z nich sázejí více na kvalitu zpracování jednotlivých komponent jako je přesné obrobení granitu, vodících ploch pro vzduchová ložiska atd. Jiné firmy nabízí špičkový software. Současný trend je vzájemné slučování, případně spolupráce jednotlivých společností.

Obrázek 2-2 SMS z roku 1959[2]

2.3 Měření na souřadnicovém měřícím stroji

Problematika přesnosti měření na souřadnicovém stroji je velice obsáhlá a komplexní a je závislá na každém konkrétním měřeném kusu.

V technické dokumentaci ke stroji se můžeme snadno dočíst přesnost stroje MPE_E (maximální chyba měření) a MPE_P (maximální chyba snímání) podle normy ISO 10360-2.

Jako další faktory ovlivňující přesnost měření je možné uvést například výběr správného průměru a délky kuličky, modulu s vhodnou spínací silou, vliv měřících rychlostí a velikostí přibližovacích vzdáleností (příjezdů, odskoků a objezdů) v programu. Vliv počtu bodů pro snímání jednotlivých prvků, měření prvků v různých polohách hlavy, nebo měření jednoho prvku v několika různých polohách hlavy atd. Jedná se tedy o metodiku měření, která má zásadní vliv na výslednou přesnost měření konkrétní součásti.

Dalším důležitým faktorem přesnosti měření je samotná měřená součást. Jedná se především o její skutečné drsnosti a geometrické tolerance.

Platí tedy, že metodika měření se vytváří na každou konkrétní součást až po jejím důkladném prozkoumání.

Cílem této diplomové práce je vhodným způsoben porovnat různé metody měření na etalonech a vypracovat metodiku měření pro dvě konkrétní součásti dle výkresů č. 1 a č. 2 s přihlédnutím ke konstrukci měřícího stroje, k měřené součásti a k ostatním vlivům. Výstupem budou programy pro měření obou součástí.

2.3.1 Dotekové sondy

Dotekové sondy jsou významným prvkem měřícího řetězce, který má nezanedbatelný vliv na přesnost měření. Konstrukce dotekových sond má vliv také na volbu metodiky měření. Jsou pevně spojeny s měřící hlavou a jejich součástí jsou vyměnitelné magnetické moduly, na které se šroubují doteky.

2.3.1.1 Konstrukční řešení

V současné době jsou na trhu sondy pracující na dvou základních principech, jsou to kinematické a tenzometrické sondy.

- Kinematické sondy

Spínací síla je snímána mechanickým způsobem. Tento spínací mechanismus tvoří tři kinematické prvky pracující na stejném principu. Je to válec mezi dvěma kulovými plochami viz obr. 2-3. Po vychýlení mechanismu a sejmutí bodu zajišťuje vrácení do výchozí polohy přítlačná pružina. Kontakt každého prvku je ve dvou místech (kontakt dvakrát válec-koule) a celý kinematický mechanismus je určen šesti body dotyku. Důležitou hodnotou pro přesnost měření je opakovatelnost návratu celého mechanismu do klidové polohy.

Obrázek 2-3 Mechanismus kinematické sondy

Dalším důležitým faktorem je směr snímání bodu na obrobku, tedy směr, ve kterém působí snímací síla vůči kinematickému mechanismu. Na tento faktor má vliv vzdálenost mezi osou dříku a pivotovacím bodem kinematického mechanismu (bod kolem kterého se mechanismus naklápí při působení spínací síly). To ovlivňuje velikost ramene, na kterém působí spínací síla a tedy i velikost spínací síly.

Obrázek 2-4 Vliv směru snímací síly[5]

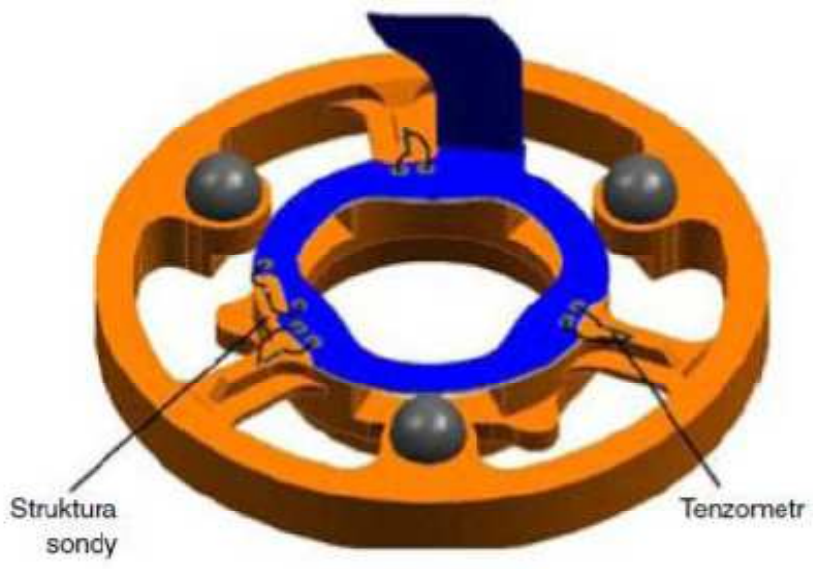
V neposlední řadě je třeba připomenout vliv tzv. trojúhelníkové chyby při měření kinematickou sondou. Je důsledkem vychýlení osy doteku od osy sondy. Nepřesnosti při měření s kinematickou sondou vzrůstají se zvyšující se délkou doteku. Při snímání několika bodů ve

stejném směru vůči kinematickému mechanismu se dotek vychýlí vždy do stejného úhlu potřebného k vyvolání spínací síly. Pro kratší montáže doteků je výsledná vzdálenost mezi středem kuličky doteku a osou sondy kratší než u delší montáže.

- Tenzometrické sondy

Spínací síla je detekována elektronicky pomocí tenzometrů. Jsou to čidla, která jsou schopna reagovat na mechanickou změnu povrchového napětí. Při určité předem nastavené síle, působící na tenzometr se vyšle spínací signál a sonda zaznamená polohu sejmutého bodu. Součástí tenzometrické sondy je i kinematický mechanismu. Neslouží však ke snímání spínací síly, ale jen jako bezpečnostní faktor zabraňující poškození sondy při kolizi s měřenou součástí.

Spínací síla potřebná k vyslání spínacího signálu je nižší než u kinematických sond (řádově několik gramů). To vede k větší náchylnosti k nechtěnému sejmutí bodu např. vlivem rázových sil při rychloposuvu v kombinaci s dlouhou montáží doteku. Ke snížení tohoto rizika slouží elektronický obvod, který je součástí sondy. Slouží pro filtraci spínacích sil. Porovnává velikosti a dobu trvání napětí v tenzometru a na základě těchto hodnot vyhodnocuje, zda je dotek v kontaktu s měřenou součástí, nebo na něj působí kinematické síly nebo jiné nepříznivé vlivy. Pro zvýšení efektivnosti tohoto filtru pracuje vyhodnocovací obvod s určitým zpožděním. Pokud spínací síla trvá v celém rozsahu tohoto časového intervalu, obvod vyšle spínací signál.



Obrázek 2-5 Část mechanismu tenzometrické sondy[5]

2.3.1.2 Technologie snímání měřeného povrchu

Na dotekové sondy můžeme také nahlížet dle způsobu jejich použití a technologie snímání jako na spínací dotekové sondy a skenovací dotekové sondy.

- Spínací doteková sonda

Tyto sondy slouží pro snímání nespojitých bodů. Důležitým faktorem je opakovatelnost snímání měřeného povrchu. Nejlepší výsledky měření dosahujeme u přesně obrobených trojrozměrných ploch, kde pro jejich dostatečné definování stačí pouze několik bodů na jejich povrchu.

- Skenovací doteková sonda

Skenovací sondy poskytují možnost nasnímání velkého počtu nespojitých bodů. Tím přesněji popisují složité tvary součásti. Tento způsob měření vyžaduje odlišnou konstrukci snímače, jiné řízení stroje a odlišný způsob vyhodnocování dat.

Tyto sondy umožňují kromě vyhodnocení polohy stroje, vyhodnotit také výchylku sondy. Na začátku měření dojde ke kontaktu doteku s měřenou součástí a tento kontakt trvá po celou dobu měření. Pohyb sondy je realizován tak, aby byl dotek po celou dobu v kontaktu s obrobkem a zároveň, aby výchylka doteku sondy zůstala v měřícím rozsahu sondy.

2.3.2 Doteky

Doteky jsou součásti měřícího systému, které přicházejí do kontaktu s měřeným kusem. Při dotyku s měřenou součástí působí potřebnou silou na kinematický mechanismus tak, že způsobí jeho sepnutí a tedy zaznamenání souřadnic bodu kontaktu kuličky doteku s měřenou součástí. Typ a rozměr doteku závisí na měřené součásti.

2.3.2.1 Vlastnosti doteků

Důležitou vlastností doteků je elastická deformace jejich dříku, ke které dochází při kontaktu s měřeným povrchem. Až po jejím překonání dochází k pohybu mechanismu u kinematických sond. Tato vlastnost je známa jako přejezd pozice (pre – travel) a její velikost určuje délka doteku, tuhost dříku a velikost síly potřebné pro vygenerování spínací síly. Vliv odchylky přejezdu neboli kruhové charakteristiky sondy se na souřadnicových strojích kompenzuje softwarově.

2.3.2.2 Typy doteků

- Přímý dotek

Je to nejpoužívanější a nejpřesnější dotek používaný pro všechny přístupné body kontaktu s měřenou součástí. Skládají se z dříku (stopky) a z kuličky.

- Hvězdicový dotek

Slouží ke snímání špatně přístupných prvků, např. různých drážek, zápichů a otvorů. Každý jednotlivý hrot hvězdicového doteku je třeba kalibrovat.

- Diskový dotek

Diskové doteky se uplatní při snímání zápichů a drážek v otvorech. Diskový dotek má tvar tenkého výřezu z koule.

Obrázek 2-6 Přímý, hvězdicový a diskový dotek[7]

- Válcový dotek

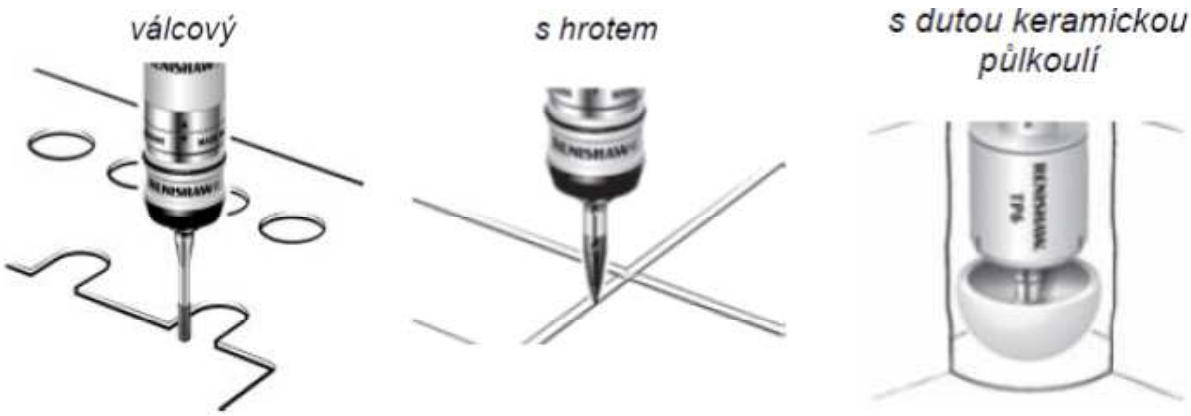
Jejich použiti je podobné, jako použití přímého doteku, ale uplatňují se především v oblastech, kde není možné zajistit bezproblémový kontakt kuličky doteku s měřenou součástí. Například při měření tenkých plechů a zaměřování středů závitů.

- Dotek s hrotem

Používají se například pro zaměřování malých otvorů, tvarů závitů a bodů o definovaných souřadnicích.

- Dotek s dutou keramickou půlkoulí

Jejich předností je velký průměr kuličky při zachování nízké hmotnosti. Hodí se pro měření součástí vykazující vysokou hodnotu drsnosti povrchu.



Obrázek 2-7 Doteky: válcový, s hrotem a s dutou keramickou půlkoulí

2.3.2.3 Zásady pro volbu doteku

Správná volba doteku určuje přesnost sejmutí každého bodu na měřené součásti. Nejdůležitější zásady pro volbu doteku jsou:

- Používat co možná nejkratší dotek

Tak, aby byl schopen dosáhnout ke všem bodům kontaktu na součásti. Toto je zvlášť důležité při použití kinematického snímacího mechanismu, který se používá pro měření v této diplomové práci.

- Minimum spojů

Každý spoj je potencionálním zdrojem nepřesností, způsobuje ohyby a deformace doteku.

- Co největší průměr kuličky

Průměr kuličky má veliký vliv na přesnost sejmutí bodu u součástí s vyšší hodnotou drsnosti povrchu. Dalším důvodem je větší rozdíl mezi průměrem kuličky a průměrem stopky doteku. Tím vzniká větší mezera mezi stopkou a měřenou součástí a snižuje se riziko sejmutí bodu stopkou doteku.

2.3.2.4 Materiál kuličky

- Rubín

Je považován za jeden z nejtvrdších materiálů (až 1800HV). Je to oxid hlinitý s čistotou 99%. Výhodou je jeho nízká hustota a tedy hmotnost.

Rubínové kuličky jsou nejpoužívanější, jsou vhodné pro většinu aplikací měření, pro většinu materiálů.

- Nitrid křemíku

Jedna z oblastí, kde není vhodné použití rubínové kuličky, je skenování hliníkových materiálů. Důvodem je adhezní otěr a usazování hliníku na povrchu kuličky. V těchto případech se používají kuličky z nitridu křemíku. Ty naopak nejsou vhodné pro měření ocelových dílů z důvodu značné míry opotřebení otěrem.

- Oxid zirkoničitý

Druhým materiálem, pro jehož měření není vhodné používat rubínové kuličky je litina. Řešení je použití kuliček z oxidu zirkoničitého, což je pevný a tvrdý keramický materiál s nízkou mírou opotřebení.

2.3.2.5 Materiál dříku

- Ocel

Jedná se o nemagnetickou nerezovou ocel. Při výběru doteku z tohoto materiálu je třeba vzít v úvahu vhodný poměr tuhosti a hmotnosti a průřez kuličky a stopky. Proto se ocelové dříky obvykle nabízejí s kuličkou o průměru minimálně 2 mm a délkou do 30 mm.

- Karbid wolframu

Tento materiál vykazuje větší tuhost než výše zmíněná ocel. Proto se používá pro výrobu dříků menších průměrů tj. pro průměr kuličky pod 1 mm a délky do 50 mm. U delších doteků hrozí nebezpečí menší tuhosti ve spoji díky zvýšené hmotnosti doteku.

- Keramika

Z hlediska tuhosti jsou vhodné pro průměry kuliček nad 3 mm a pro délky doteku přes 30 mm. Jejich výhodou je nízká hmotnost. Keramika je velice křehký materiál, což vyžaduje opatrnou manipulaci s dotekem.

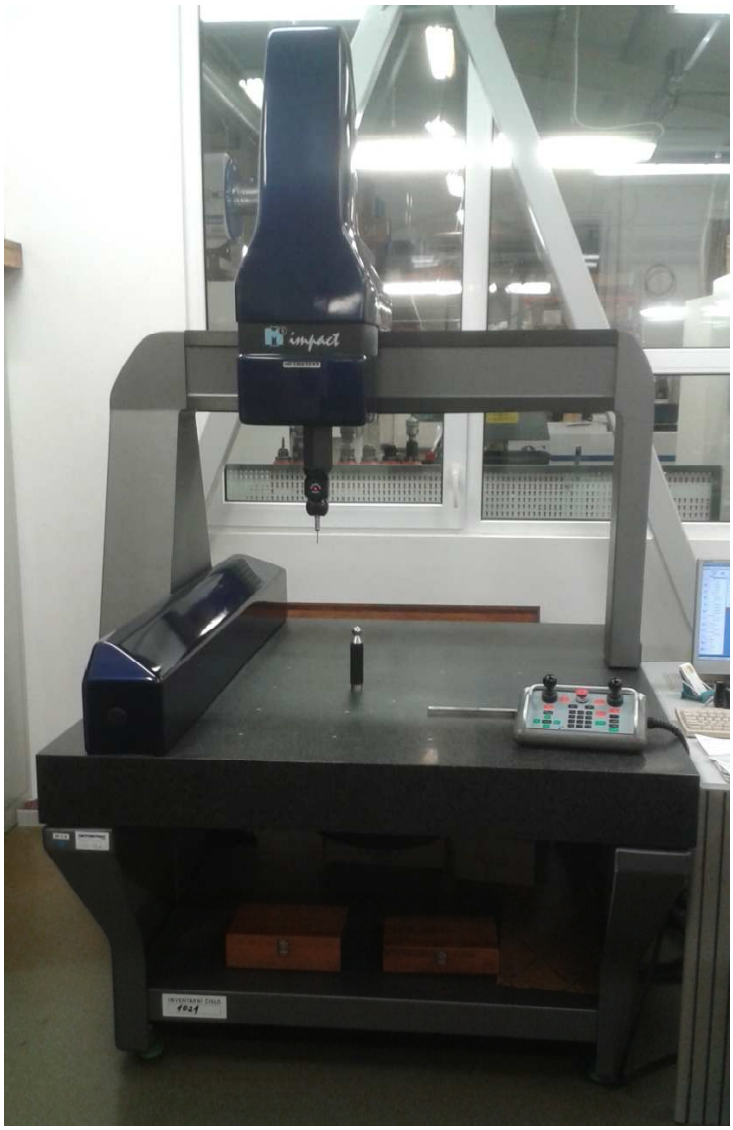
- Uhlíková vlákna

Je to kombinace uhlíkových vláken s pryskyřicovými matricemi, dobře tlumí vibrace a mají nízký koeficient tepelné roztažnosti. Jsou to materiály o nízké hmotnosti a vysoké tuhosti. Používají se proto pro délky doteků nad 50 mm.

2.4 Souřadnicový měřící stroj Impact II

Z výše uvedeného textu plyne, že na výběr metodiky měření má vliv také souřadnicový měřící stroj. Například způsob snímání sondy (tenzometrická technologie x sondy s trojúhelníkovým uložením), má vliv na výběr kuličky z hlediska její délky. Proto bude v dalším textu podrobněji představen souřadnicový měřicí přístroj Impact II na kterém bude měření prováděno.

Jak vyplívá z kapitoly 2.1, souřadnicový měřící stroj se ve firmě Hofmeister s.r.o. používá pro měření široké rozměrové i hmotnostní škály výrobků. Tomu musí odpovídat i široký inventář dotyků, ustavujících prvků pro měřené součásti a indexovatelná měřící hlava.



Obrázek 2-8 Souřadnicový měřící stroj Impact II

Impact II je portálový souřadnicový měřicí přístroj. Jeho základem je granitový stůl s vodícími plochami v ose Y. Vodící plochy v ose X jsou provedeny z hliníkových slitin a osa Z je vyrobena z karbonového kompozitu. Pohyby v osách jsou realizovány pomocí vzduchových ložisek. Měřící rozsah je v ose X 750mm, v ose Y 800mm a v ose Z 550mm. Je vybaven transputerovým řídícím systémem On Motion a vyhodnocovacím systémem pro zobrazení a zpracování dat Virtual DMIS.

Maximální přípustná chyba podle normy ISO 10360-2 (μ, L / mm) je 3,0+L/300

Obrázek 2-9 Sada doteků

Doteky se používají nejčastěji přímé, s rubínovou kuličkou Al_2O_3 o průměru 0,5mm až 6mm a délce 10mm až 75mm. Dále je k dispozici několik prodlužovacích nástavců z karbidu wolframu, uhlíkových vláken a z nerezové ocele. Je také možno použít diskový dotek, hvězdicový dotek a kloubový adaptér.

Obrázek 2-10 Renishaw PH10T PLUS

Na přístroji Impact II je instalována měřící hlava Renishaw PH10T PLUS společně se sondou TP20. Indexování měřící hlavy je po 7,5° s rozsahy 0° až 105° v ose A a -180° až 180° v ose B.

Obrázek 2-11 Snímací sonda TP20

TP20 je snímací sonda s kinematickým uložením a s magnetickou spojkou pro připojení modulů.

Obrázek 2-12 Modul

Moduly sond se používají dvojího typu:

SF – se standartní spínací silou, univerzální pro běžné aplikace (s černým víčkem)
MF – se střední spínací silou, vhodné pro delší, nebo těžší montáže doteků (se šedivým víčkem)

3 Návrh vlastního řešení

3.1 Měření jednotlivých prvků

V této kapitole budou popsány metody měření prvků použité v měřících programech pro součásti č. 1 a č. 2. Bude vysvětleno, jak se v softwaru tvoří jednotlivé prvky během snímání bodů a jakým způsobem software vypočítává souřadnice při jejich měření. Měření součástí probíhá v rámci této diplomové práce v softwaru Virtual Dmis. Následující teorie a úvahy se týkají tohoto softwaru.

Při měření bodů, potřebných pro zaměření většiny geometrických prvků je třeba dbát na správné směry příjezdů k měřenému povrchu tj. směry normály. Při sestavování programu se tyto směry zapisují po ručním sejmutí každého jednotlivého bodu do jmenovité hodnoty směrových vektorů I,J,K. Směr ručního příjezdu k měřenému povrchu se zapíše do programu a při jeho spuštění se dotek přibližuje ve stejném směru ke jmenovité poloze bodu vůči aktuálnímu souřadnému systému jako při ručním najetí na měřený bod při stavbě programu, bez ohledu na skutečný tvar povrchu a jeho případné geometrické nepřesnosti.

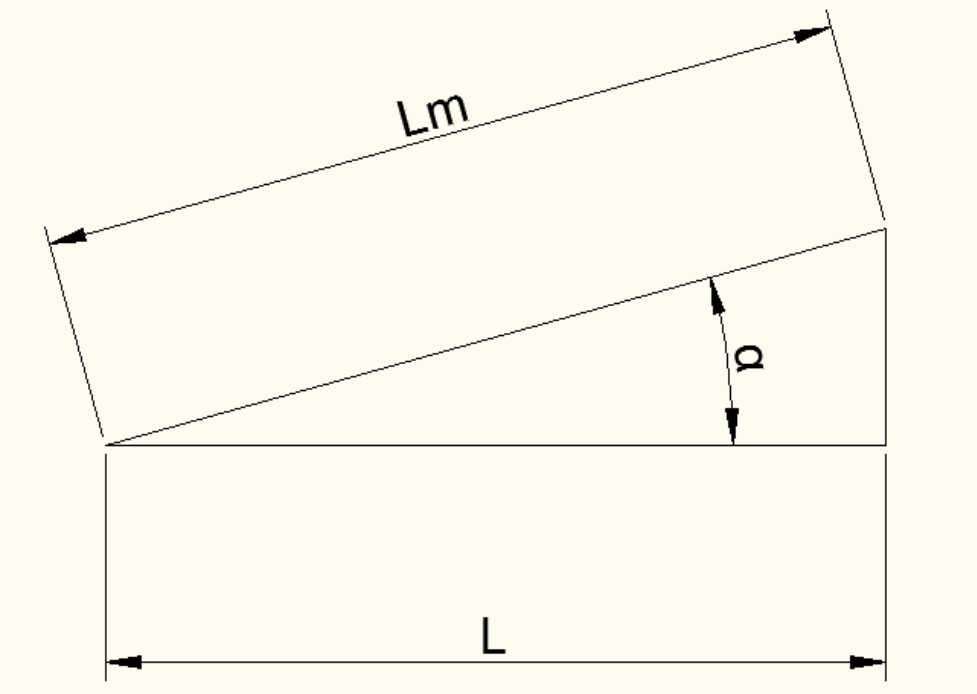
3.1.1 Kosinová chyba

Kosinová chyba se vyskytuje např. při vyhodnocování délkových rozměrů na základě souřadného systému, který je vytvořen pomocí nedokonale zaměřených prvků. Měřená vzdálenost je odečítána pod nesprávným úhlem.

$$\cos\alpha = \frac{L}{Lm}$$
$$L = Lm \times \cos\alpha$$
$$Lm - L = \Delta$$
$$\Delta = Lm - Lm \times \cos\alpha$$

$$\Delta = Lm \times (1 - \cos\alpha)$$

L…….Skutečná vzdálenost
L_m……. Měřená vzdálenost
α…… Úhel vychýlení
Δ…… Kosinová chyba



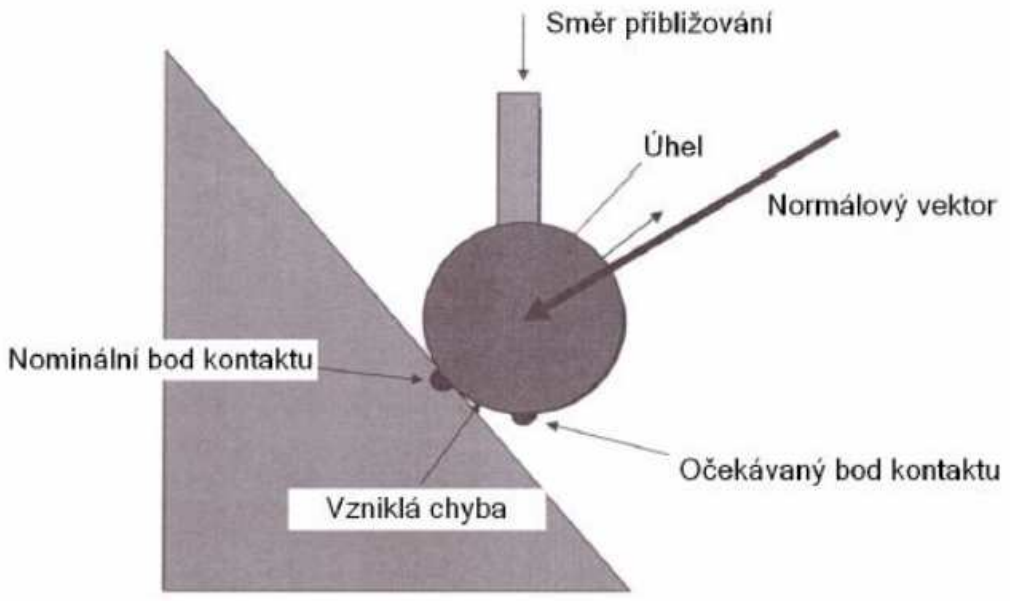
Obrázek 3-1 Kosinová chyba

3.1.2 Kompenzace kuličky doteku

Pro vysvětlení způsobu měření jednotlivých prvků, je třeba nejprve definovat pojem kompenzace kuličky doteku. Při zapnuté kompenzaci doteku v softwaru platí, že při měření všech prvků, program automaticky počítá s průměrem kuličky aktuálně vybraného doteku a snímaný bod vypočítává k jejímu povrchu. Při vypnuté kompenzaci jsou měřené prvky vypočítávány ke středu kuličky doteku. Toho se využívá velice zřídka, pouze pro skenování složitějších křivek. Tyto křivky importované do CAD softwaru je třeba upravit pomocí funkce offset do vzdálenosti závislé na průměru kuličky použité pro skenování.

3.1.2.1 Směr snímání bodů

Pokud je kompenzace doteku vypočítávána ze směru příjezdu k měřenému bodu, tento směr musí být pro přesné měření ve směru normály k povrchu. Přesnost zaznamenání bodu kontaktu doteku s měřenou součástí je závislá na směru příjezdu doteku k součásti. Důvodem je vznik kosinové chyby v bodě kontaktu. Tento problém vysvětluje obr. 3-2 Směr přibližování k nominálnímu bodu kontaktu, musí být ve směru normálového vektoru. Potom by se spojil očekávaný a nominální bod kontaktu v jeden. Pokud je směr příjezdu odlišný od směru normálového vektoru, vzniká chyba závislá na velikosti rozdílu úhlu těchto směrů.



Obrázek 3-2 Vliv směru snímání bodů na přesnost měření[6]

3.1.3 Bod

Při měření bodu je třeba dbát na správné směry příjezdů k měřenému povrchu (směr normály). Ručně změřený bod na povrchu součásti určuje polohu pouze v jedné ose a to v ose směru vektoru příjezdu k povrchu, protože právě v tomto směru je vypočítávána kompenzace doteku. Bod zkonstruovaný jako průsečík dvou přímek určuje polohu ve dvou osách. A bod zkonstruovaný jako průsečík dvou přímek, promítnutý do roviny určuje polohu ve třech osách.

3.1.4 Přímka

Minimální počet bodů pro změření jsou dva. Přímka je 2D prvek vyžadující pro správné změření výběr vhodné pracovní roviny, do které se měřené body přímky promítnou. Pracovní rovina, respektive její normálový vektor je určen aktuálním souřadným systémem. To znamená, že při tvoření souřadného systému kusu je důležité nejdříve měřit prvky, které odebírají nejvíce stupňů volnosti a poté postupovat k prvkům, které jich odebírají méně. Při měření přímky je kompenzace doteku vypočítána kolmo ke směru přímky a není tedy vypočítána ze směru příjezdu a odjezdu.

V měřících programech pro zadané součásti jsou některé přímky konstruovány z prvků bod. Pro jejich měření platí zásady popsané pro měření bodu.

3.1.5 Kružnice

Při měření kružnice je kompenzace doteku vypočítávána z měřeného prvku. Pokud měříme kružnici, která je již definovaná na základě jmenovitých dat, jsou tato data použita pro výpočet kompenzace doteku bez ohledu na skutečné směry příjezdů.

Při ručním měření kružnice jsou správné směry příjezdů v radiálním směru vzhledem k měřenému prvku.

Minimální počet bodů pro změření kružnice jsou 3. Kružnice je 2D prvek který vyžaduje výběr správné pracovní roviny, do které se promítne.

Kružnice v měřících programech definující tolerované průměry, jejich polohy a geometrické tolerance jsou měřeny na 7 bodů.

Kružnice používané pro zaměření středů závitů jsou měřeny na 4 body.

3.1.6 Rovina

Při měření roviny je kompenzace doteku vypočítávána ve směru roviny a ne ve směru příjezdu k rovině. Minimální počet bodů pro definování roviny jsou tři.

V měřícím programu pro součást č. 2 je využit prvek rovina pro měření čelního házení 0,02/A. Tato rovina je snímána v polárních souřadnicích s počátkem ve válci ∅95H8 (základna A) a všechny body snímané na této rovině mají shodnou souřadnici R=69 mm. Tato rovina je snímána na sedm bodů.

3.1.7 Válec

V průběhu měření válce je kompenzace doteku vypočítávána z měřeného prvku. Pokud je válec již definován pomocí jmenovitých dat, jsou tato data použita pro kompenzaci doteku bez ohledu na směr skutečného příjezdu.

Při ručním měření válce jsou správné směry příjezdů v radiálním směru vzhledem k měřenému prvku.

Minimální počet bodů pro zaměření válce je 5. Body je třeba snímat ve dvou rovinách podél osy měřeného válce. 3 body tvoří kruh kolmý k ose měřeného prvku a slouží ke změření průměru válce. 2 body snímané v odlišné rovině slouží k vytvoření směru osy válce.

Směr vektoru podél osy měřeného válce je vypočítáván od prvního sejmutého bodu na prvku až do posledního. Na toto je důležité myslet, při měření válce na více bodů než 5. Nepřesně změřený směr vektoru podél osy válce použité pro rotaci souřadného systému je příčinou vzniku kosinové chyby při vyhodnocování délkových rozměrů závislých na směrech os X,Y,Z.

V měřících programech napsaných pro měření zadaných součástí jsou válce snímány na 14 bodů ve dvou rovinách. Jsou to dvě kružnice na sedm bodů vzdálené pokud možno co nejdále od sebe ve směru osy válce, pro co nejpřesnější zaměření směru jeho osy.

3.2 Problematika dotykového měření geometrických úchylek

Dotykové měření geometrických úchylek vnáší nepřesnosti do výsledků již ze své podstaty. Není možné zaručit, že body budou sejmuty vždy přesně v místech, které tyto geometrické úchylky na součásti charakterizují. Každá skutečná strojní součást má jiný tvar geometrické úchylky a body, které je třeba sejmout pro její přesné vyhodnocení, leží pokaždé v jiných místech.

Zvláštní zřetel je třeba dát na měření prvků pro vyrovnání souřadného systému kusu. Pokud budou tyto prvky vykazovat vysoké hodnoty geometrických úchylek vzhledem k ostatním tolerancím kót na kusu (poloh, délek, úhlů atd.) závislých na směru souřadného systému, může být opakovatelnost měření a rozptyl naměřených hodnot nevyhovující.

Geometrické úchylky především kruhovitost, rovinnost a přímost jsou hlavním problémem vyskytujícím se při měření zadaných součástí. Jejich hodnoty ovlivňují výsledné hodnoty geometrických tolerancí, které se na výkresech vyskytují (kolmost, házení, souosost, rovnoběžnost).

3.2.1 Počet bodů pro měření prvků

Zásadní vliv na měření geometrických úchylek má počet bodů pro měření prvků. Jako příklad se blíže podívejme na měření kružnice. Matematicky přesná kružnice popsaná rovnicí kružnice je charakterizována třemi body. Pokud je známe, můžeme jimi proložit kružnici a známe tedy všechny body této kružnice. Dejme si za cíl změřit kružnici, o které víme, že její hodnota kruhovitosti je 0,1 mm. Pokud ji změříme na tři body, tak ve vyhodnocení kruhovitosti najdeme hodnotu 0 mm, protože software těmito třemi body proloží kružnici a žádný bod neleží mimo ní. Průměr této kružnice může být v rozpětí 0,1mm a je závislý na tom, které body na skutečné kružnici nasnímáme. Poloha středu kružnice se bude pohybovat v závislosti na hodnotě kruhovitosti a také na skutečném tvaru kružnice. Když stejnou kružnici změříme na 30 bodů, tak už zmapujeme její skutečný tvar poměrně přesně. Tato přesnost závisí také na velikost průměru měřené kružnice. Její vyhodnocený průměr bude střední hodnota ze všech bodů, stejně tak její poloha středu. Kruhovitost bude závislá na místech, ve kterých bude prvek snímán.

Tento princip můžeme aplikovat při měření všech prvků.

V praktických aplikacích volby počtu bodů pro měření jednotlivých prvků je třeba zohledňovat také ekonomické hledisko měření. Sondy s kinematickým uložením, které se používají pro měření v této diplomové práci, respektive moduly sond mají životnost cca 1 500 000 sepnutí. Tento aspekt nutí ke snižování počtu snímaných bodů. Další hledisko je časová náročnost. Programy pro složité součásti, jako jsou například součásti 1 a 2 řešené v této diplomové práci, vyžadují měření velkého počtu prvků. Potřeba rychlého měření je ve většině případů silnější, než potřeba velice přesného měření. Při vzrůstajícím počtu bodů pro měření jednotlivých prvků také vzrůstá hodnota pravděpodobnosti špatného sejmutí bodu. Jedná se o směrové vektory I,J,K příjezdu a odskoku kuličky vzhledem k měřenému povrchu. Tyto vektory by měly být, pro většinu prvků, ve směru normály ke skutečnému povrchu. U geometricky nepřesných součástí a na hrubých površích můžeme díky špatným příjezdům proměřovat až v řádu desetin milimetru na každém bodu měřeného prvku.

Můžeme konstatovat, že díky výše zmíněným důvodům není měření geometrických úchylek a tolerancí na souřadnicovém stroji dotykovými sondami přesné. Mechanické měření pomocí číselníkových úchylkoměrů jistě vykazuje přesnější výsledky. Například měření házení vůči středícím důlkům mezi hroty. Existuje velmi mnoho případů, kdy je toto měření nedostačující. Jedná se například o měření geometrických tolerancí vůči špatně přístupným základnám, soustavě několika základen, dílčím základnám. Problematické bývá měření tolerance čáry a tvaru profilu, polohy, soustřednosti, souososti atd. V těchto případech se uplatňuje měření pomocí souřadnicového stroje. Základny na výkresech jsou obvykle nejpřesněji obrobené plochy součásti. To zvyšuje možnost jejich přesného zaměření a tedy přesného vyrovnání souřadného systému kusu, které tvoří základ pro další měření a vyhodnocování.

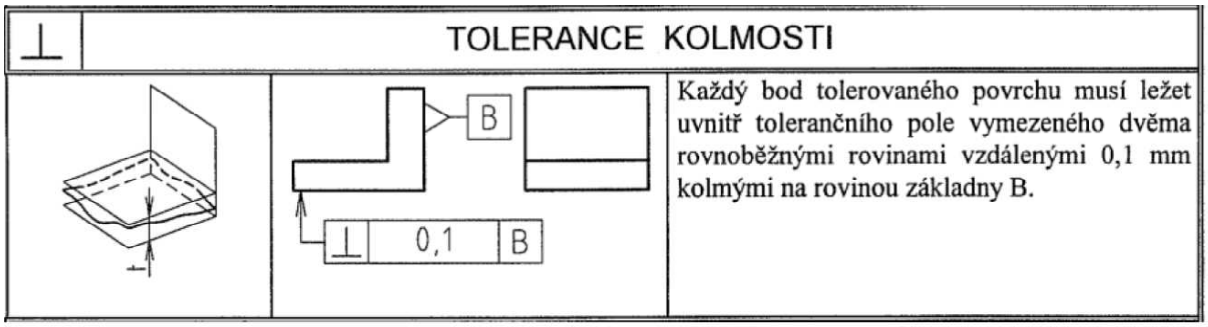
3.3 Měření geometrických tolerancí

V předchozí kapitole byla naznačena úskalí měření geometrických úchylek na CMM. Přestože bylo řečeno, že dotykové měření není pro jejich vyhodnocování zcela vhodné, byly popsány i některé důvody proč tento způsob měření použít. Dalším praktickým důvodem může být potřebné vybavení kontrolní laboratoře, ve které měření probíhá. Mechanická měřidla jsou často nahrazována souřadnicovými stroji pro jejich univerzálnost a rychlost měření.

Při vyhodnocování geometrických tolerancí na SMS je třeba mít problematiku popsanou výše stále na paměti a počítat s určitými nepřesnostmi a zvýšenou hodnotou opakovatelnosti měření.

Geometrické tolerance na výkresech součástí č. 1 a č. 2 budou měřeny na souřadnicovém stroji a budou tedy vyhodnocovány v programech, které budou pro jejich měření na SMS napsány. Vyhodnocovány budou kóty označené žlutě, měřené a konstruované prvky zeleně a názvy rozměrů červeně. Cílem této kapitoly je bližší prostudování těchto tolerancí a navržení metodiky jejich měření.

3.3.1 Kolmost



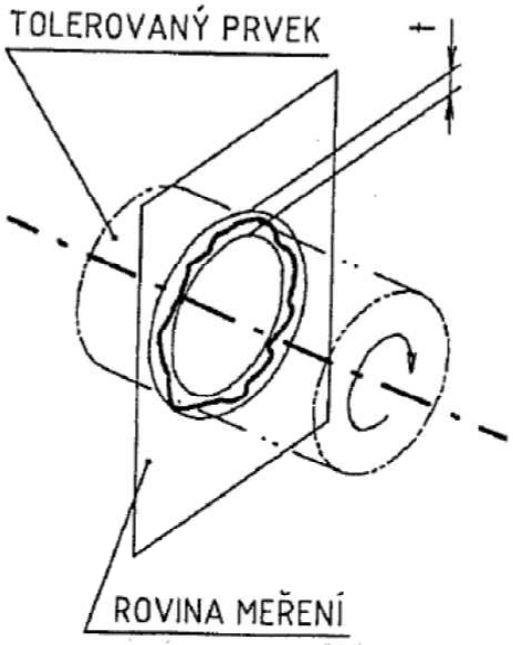
Obrázek 3-3 Kolmost [3]

Na výkrese č. 2 je předepsaná kolmost 0,02 válce ∅56G6 k základně A tvořenou válcem ∅90G6. U hodnoty tolerance 0,02 není předepsaný válcový tvar tolerančního pole, jedná se tedy o toleranční pole, které leží mezi dvěma rovnoběžnými rovinami o vzdálenosti 0,02mm. Tyto roviny jsou kolmé ke skutečné ose válce o ∅90G6 (základna A).

Měření této tolerance bude probíhat tak, že nasnímáme prvek válec na ∅90G6 a ∅56G6. Cílem je co nejlépe zaměřit směr os obou válců, pro snížení vlivu kosinové chyby. Volba počtu bodů pro snímání válců byla provedena po důkladném prozkoumání povrchu kusu, na základě posouzení vlivu časové náročnosti na jejich snímání a dalších vlivů, o kterých bylo dříve pojednáváno. Oba válce budou měřeny na 14 bodů ve dvou rovinách tj. dvě kružnice po sedmi bodech. Vzdálenost těchto kružnic ve směru osy válce by měla být co nejdelší, aby se podařilo co nelépe nasnímat směr osy válce. Na konci válců mohou být zbytky otřepů, nebo vyvalené a zdeformované hrany po obrábění, které by tento směr zkreslily. Proto se budou válce snímat cca 3mm před touto hranou.

3.3.2 Házení

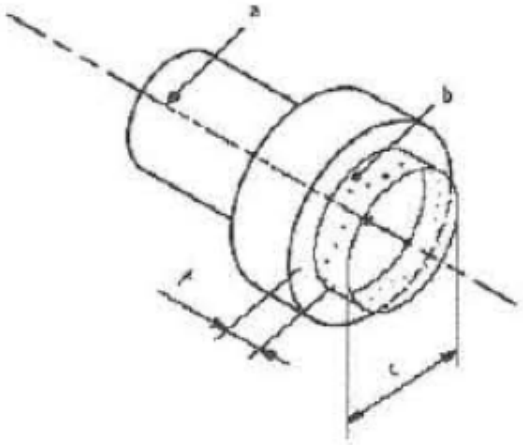
- Obvodové



Obrázek 3-4 Obvodové házení [3]

Na výkrese č. 1 je předepsaná tolerance obvodového házení ∅120 f7 a ∅125h9 vůči základně A kterou tvoří válec ∅95 H8. Obě geometrické tolerance jsou měřeny stejným způsobem, který bude vysvětlen na toleranci obvodového házení ∅120f7/A. Jmenovitá hodnota této tolerance je 0,02. Toleranční pole leží v libovolném průřezu, kolmém k ose válce ∅95H8 (základna A) a je vymezeno dvěma soustřednými kružnicemi, jejichž poloměry mají rozdíl 0,02mm a středy těchto kružnic jsou totožné s ∅98H8. V tomto tolerančním poli musí ležet všechny body skutečné naměřené kružnice na součásti. Na obvodové házení má vliv kruhovitost naměřené kružnice a její soustřednost se základnou A. Pro změření této tolerance bude sejmuta kružnice na ∅120f7. Jde o změření její kruhovitosti a polohy středu. Kružnice bude měřena na 7 bodů a bude porovnávána vůči základně A.

- Čelní



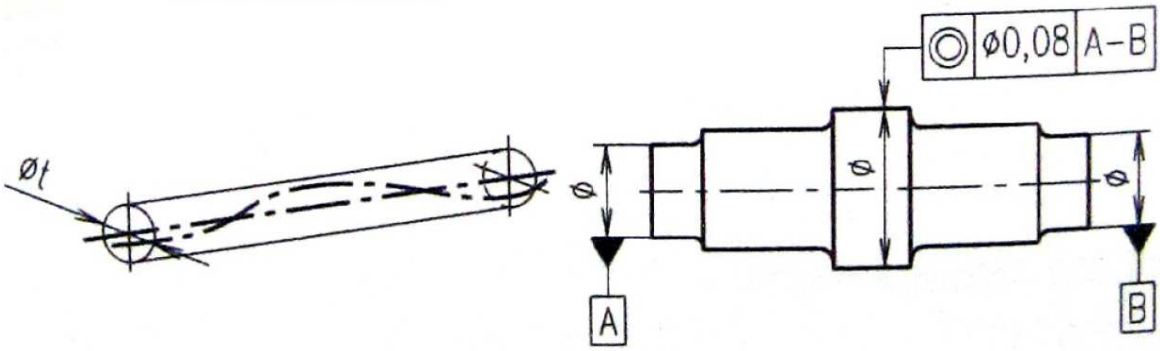
Obrázek 3-5 Čelní házení [3]

Na výkresech obou měřených součástí je předepsáno několik tolerancí čelního házení. Jako příklad bude uvedeno čelní házení 0,02 k základně A na výkrese č. 2. Je to házení čela okolo ∅120G6 vůči základně A, kterou tvoří válec ∅90G6. Toleranční pole leží v libovolném válcovém průřezu, který má shodnou osu s válcem ∅90G6 (základna A) a je ohraničeno dvěma kružnicemi ležícími v tomto válcovém poli, které jsou od sebe vzdáleny 0,02mm (hodnota t na obr 3-5).

V měřícím a vyhodnocovacím softwaru stroje není možné vyhodnotit přímo hodnotu čelního házení. Proto bude tato hodnota vyhodnocována jako kolmost čelní roviny vůči válci ∅90G6 (základna A). Body této čelní roviny budou nasnímány v polárních souřadnicích a budou ležet na kružnici o poloměru 69mm, která je soustředná s válcem ∅90G6.

Pro vyhodnocení čelního házení není možné použít prvek kružnice. Výslednou kružnici software promítne do zvolené pracovní roviny. V tomto případě by to byla rovina kolmá k ose základny A. To znamená, že na změřené kružnici by nebyly rozeznatelné rozdíly souřadnic měřených bodů v axiálním směru vzhledem k základně A. Proto je čelní házení vyhodnocováno prostřednictvím prvku rovina a pomocí geometrické tolerance kolmosti.

3.3.3 Souosost

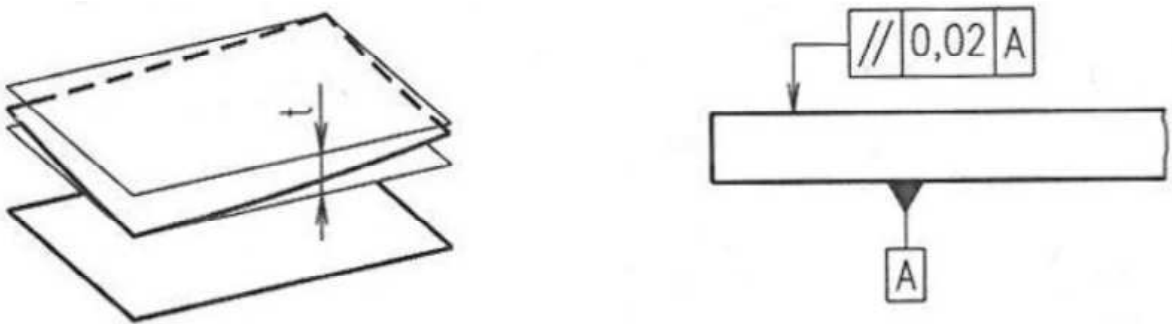


Obrázek 3-6 Souosost[4]

Předepsaná tolerance na výkrese č. 2 je souosost válce ∅120G6 k základně, kterou tvoří válec ∅90G6. Toleranční pole je válcové viz obrázek 3-6 vlevo. Průměr tohoto válce je 0,02mm a osa je vytvořena skutečnou osou válce ∅90G6. V tomto tolerančním poli musí ležet skutečná osa válce ∅120G6.

K měření a vyhodnocení této tolerance budeme potřebovat nasnímat oba válce. Opět je hlavním úkolem zaměřit co nejpřesněji osy těchto prvků. Z výše zmíněných důvodů budou oba prvky snímány na 14 bodů.

3.3.4 Rovnoběžnost



Obrázek 3-7 Rovnoběžnost[4]

Na výkrese č. 2 je předepsaná tolerance rovnoběžnosti 0,02 základny A (tedy osy vytvořené z válce ∅90G6) se zahloubením o ∅92+0,5, které je vyrobeno na čele soustředně s ∅56G6 ve vzdálenosti 74±0,05 od osy základny A. Toleranční pole leží mezi dvěma rovnoběžnými rovinami, které jsou rovnoběžné se základnou A. Osa symetrie těchto rovin je vzdálena 74±0,05 mm od skutečné osy válce ∅90G6 a jejich vzdálenost je 0,02mm.

Základna A bude měřena jako prvek válec na 14 bodů dle výše zmíněných důvodů. Zahloubení bude měřeno jako prvek rovina. Je třeba zaměřit směr normálového vektoru této roviny. Rovina bude měřena na 6 bodů.

3.4 Normy technického kreslení

Normy, které jsou závazné pro výrobu a měření součásti najdeme na výkrese v popisovém poli. V případě obou součástí se jedná o normy ISO 2768 a ISO 8015

Obrázek 3-8 Výňatek z popisového pole

3.4.1 ISO 2768

Tato norma určuje nepředepsané mezní úchylky délkových a úhlových rozměrů. Slouží ke zjednodušení a zpřehlednění výkresů. Vztahuje se pouze na následující rozměry, které nemají jednotlivě předepsány mezní úchylky:

a) délkové rozměry (např. vnější rozměry, vnitřní rozměry, stupňovité rozměry, průměry, poloměry, rozteče, poloměry zaoblení a velikosti zkosení hran);
b) úhlové rozměry, včetně obvykle nekótovaných úhlových rozměrů, např. pravých úhlů (90°), pokud není odkaz na ISO 2768-2, nebo úhlů pravidelných mnohoúhelníků;
c) délkové a úhlové rozměry vzniklé obrobením smontovaných součástí.

Nevztahuje se na následující rozměry:

a) délkové a úhlové rozměry, které se odvolávají na jiné normy o všeobecných tolerancích;
b) pomocné rozměry uvedené v závorkách;
c) teoreticky přesné rozměry uvedené v pravoúhlých rámečcích. [8]

V popisovém poli najdeme označení ISO 2768 mK

- m – označuje třídu přesnosti délkových a úhlových rozměrů
- K – označuje třídu přesnosti geometrických tolerancí

Třídy přesnosti délkových a úhlových rozměrů:
- f – jemná (fine)
- m – střední (medium)
- c – hrubá (coarse)
- v – velmi hrubá (very coarse)

Třídy přesnosti geometrických tolerancí:
- H - nejpřesnější
- K - střední přesnost
- L - nejméně přesné

3.4.2 ISO 8015

Norma stanoví základní vztahy mezi tolerancemi rozměrů (délek a úhlů) a geometrickými tolerancemi. Toto pravidlo se vztahuje v technických výkresech a v příslušné technické dokumentaci na:

- délkové rozměry a jejich úchylky,
- úhlové rozměry a jejich úchylky,
- geometrické tolerance; kterými jsou určeny následující čtyři vlastnosti každého prvku součásti: velikost, tvar, směr, poloha. [9]

Tato norma je známá také jako Základní pravidlo tolerování. Je to mezinárodní norma, která specifikuje termín výkres v co nejširším slova smyslu tak, že zahrnuje celý soubor dokumentace specifikující obrobek.

3.5 Přibližovací vzdálenost doteku

Definuje vzdálenost, okolo bodu kontaktu doteku s měřenou součástí, ve které se dotek pohybuje sníženou (tzv. měřící) rychlostí při automatickém pojezdu.

- Příjezdy

Hodnota příjezdů udává vzdálenost od jmenovité hodnoty bodu kontaktu ve směru jeho směrového vektoru, ve které se dotek pohybuje měřící rychlostí.

- Objezdy

Využití objezdů je možné pouze při automatickém měření v programovacím režimu. Po posledním měřeném bodu prvku odjede dotek do určité vzdálenosti, kterou definuje objezdová vzdálenost. Poté se přibližuje nejkratší cestou do objezdové vzdálenosti prvního bodu dalšího měřeného prvku. Nastavení objezdů slouží k definování vzdálenosti, ve které se bude senzor pohybovat mezi měřenými prvky a při vhodném nastavení může do jisté míry nahrazovat nutnost programování přejezdů mezi prvky.

- Odskoky

Definuje vzdálenost od jmenovité hodnoty bodu kontaktu, do které se dotek vzdálí měřící rychlostí po kontaktu s povrchem měřené součásti.

- Vyhledávací vzdálenost

Vyhledávací vzdálenost udává vzdálenost, po kterou se bude souřadnicový měřící stroj snažit najít definovaný bod kontaktu. Pokud tento bod v definované vzdálenosti nenajde např. proto, že dotek mine měřený kus, program se zastaví a zobrazí se chybové hlášení.

- Hloubka

Hloubka měření se uplatňuje pouze v automatickém měřícím režimu. Definuje vzdálenost od středu prvku, ve které budou měřeny body v automatickém režimu. Například při měření přímky na dva body o souřadnicích X,Y,Z 0,0,0, a 0,100,0, bude střední bod ležet v souřadnicích 0,50,0. Při nastavení hloubky 2 mm a při měření tohoto prvku v automatickém režimu budou body snímány v souřadnicích 0,48,0 a 0,52,0.

3.6 Plynulé a neplynulé pohyby

Plynulé pohyby způsobují, že se stroj pohybuje mezi měřenými body po křivce. Při měření vnějšího průměru není nutné nastavení tak velkých příjezdů, aby nedošlo ke kolizi, jako u neplynulých pohybů. Pokud jsou plynulé pohyby vypnuté, je třeba nastavit větší hodnoty příjezdů i pro automatickou kalibraci doteku, jinak dojde ke kolizi kuličky s kalibrační koulí během přejezdu mezi měřenými body.

Přesnost měřícího systému vykazuje mírně zvýšenou přesnost, pokud jsou plynulé pohyby vypnuty.

4 Analýza a hodnocení výsledků

4.1 Sonda s kinematickým uložením a délka doteku

V této kapitole budou na praktické ukázce prokázány, nebo vyvráceny teoretické poznatky a úvahy o vlivu délky doteku na přesnost měření při použití sondy s kinematickým uložením.

Bude proměřen průměr a kruhovitost nástavného kroužku o průměru 80,0070 mm, jehož kalibrační protokol s přesnými rozměry z kalibrační laboratoře je v příloze této diplomové práce. Pro měření budou použity dva doteky o průměru kuličky 5mm. Jeden dotek o délce 10mm a druhý 50mm.

Kružnice budou měřeny automatickým pojezdem kvůli vyloučení vlivu lidského faktoru při měření. Budou použity moduly s černým víčkem.

Nastavení automatického pojezdu je:

- Neplynulé pohyby
- Příjezdy: 2mm
- Odskoky: 2mm
- Objezdy: 2,5mm
- Kružnice na 8 bodů

Oběma doteky bude měřeno nejdříve v rovině XY, tedy v poloze hlavy A= 0°,B= 0°. Poté bude kroužek nastaven do roviny ZX s vytočením hlavy A=90°,B=0°. Poslední měření bude probíhat v rovině YZ s hlavou v poloze A=90°,B=-90°.

První měření proběhne dotekem s kuličkou o průměru 5mm a o délce 10mm. Po nastavení požadovaných natočení hlavy proběhne kalibrace doteku.

Poté budou proměřeny všechny tři kružnice v každé výše popsané rovině v automatickém režimu. Celý postup se bude opakovat pro dotek s průměrem kuličky 5mm o délce 50mm.

Obrázek 4-1 Měření nástavného kroužku

4.1.1 Měření v rovině XY

Maximální odchylka od skutečného průměru nástavného kroužku uvedeného v kalibračním listu při měření oběma doteky je 0,0004 mm. Je možné konstatovat, že tato odchylka je za hranicí přesnosti tohoto stroje. Proto se dá považovat měření průměru 80,0070 oběma doteky v rovině XY jako srovnatelné.

Kruhovitost kružnice při měření dotekem o průměru kuličky 5 a délce dříku 10 je cca 0,0030mm a kruhovitost kružnice při měření dotekem o průměru kuličky 5 a délce dříku 50mm je přibližně 0,0050mm. Rozdíl mezi doteky se tedy projevil v kruhovitosti kružnice a jeho hodnota je 0,0020.

Kruhovitost kružnice má vliv na polohu středu kružnice. Pro měření přesných poloh kružnic, zvláště pro měření kružnice pro vyrovnání souřadného systému je tedy vhodnější kratší dotek s délkou dříku 10mm.

4.1.2 Měření v rovině ZX

Měření průměru nástavného kroužku dotekem o průměru kuličky 5mm a délce 10mm je velice přesné a jeho průměrná odchylka je 0,0003mm. Vytočení hlavy 90°, 0° se projevilo v kruhovitosti naměřených kružnic. Její průměrná hodnota je po zaokrouhlení 0,0031mm.

Při měření dotekem o průměru kuličky 5mm a délce 50mm v rovině ZX se délka doteku projevila již na průměru naměřené kružnice. Průměrná odchylka od hodnoty napsané v kalibračním protokolu kroužku při měření tímto dotekem je 0,0035mm. Další veličina, na kterou se zaměřujeme, je kruhovitost, jejíž průměrná hodnota je v tomto případě 0,0051mm, tedy o 0,002mm vyšší hodnota než při měření kratším dotekem.

4.1.3 Měření v rovině YZ

Při měření průměrů v této rovině bylo použito natočení hlavy v osách A, B 90°, -90°. Do výsledků měření by se měly promítnout chyby při natočení do obou os a toto měření by mělo být nejméně přesné.

Toto se potvrzuje již při měření dotekem s kuličkou o průměru 5mm a délkou dříku 10mm. Měření vykazuje největší odchylku od skutečné hodnoty průměru nástavného kroužku. Průměrná hodnota této odchylky je 0,0027mm, což je největší odchylka pro tento dotek ze všech výše uvedených měření. Průměrná hodnota kruhovitosti je 0,0030mm. Na této hodnotě tedy výrazný rozdíl proti ostatním měřením nepozorujeme.

Měření hodnoty průměru dotekem s kuličkou o průměru 5mm a délce dříku 50mm vykazuje rovněž největší odchylku a její průměrná hodnota je 0,0045mm. Průměrná hodnota kruhovitosti je v tomto případě 0,0065mm.

4.1.4 Hodnocení

Praktickým měřením průměru nástavného kroužku bylo zjištěno, že maximální průměrná chyba měření ve všech rovinách při měření oběma doteky je 0,0045mm a minimální průměrná chyba je 0,0003. Maximální průměrná hodnota kruhovitosti je 0,0065mm a minimální hodnota je 0,0030mm.

Potvrdilo se, že délka doteku má významný vliv na výsledek měření. Přínosem tohoto experimentu je vytvoření představy o tom, jak velký tento vliv je. Z výše uvedenými hodnotami můžeme kalkulovat v průběhu vypracování metodiky měření pro zadané součásti. Pokud bude nutné použít dlouhý dotek v kombinaci s natočením měřící hlavy, je třeba počítat

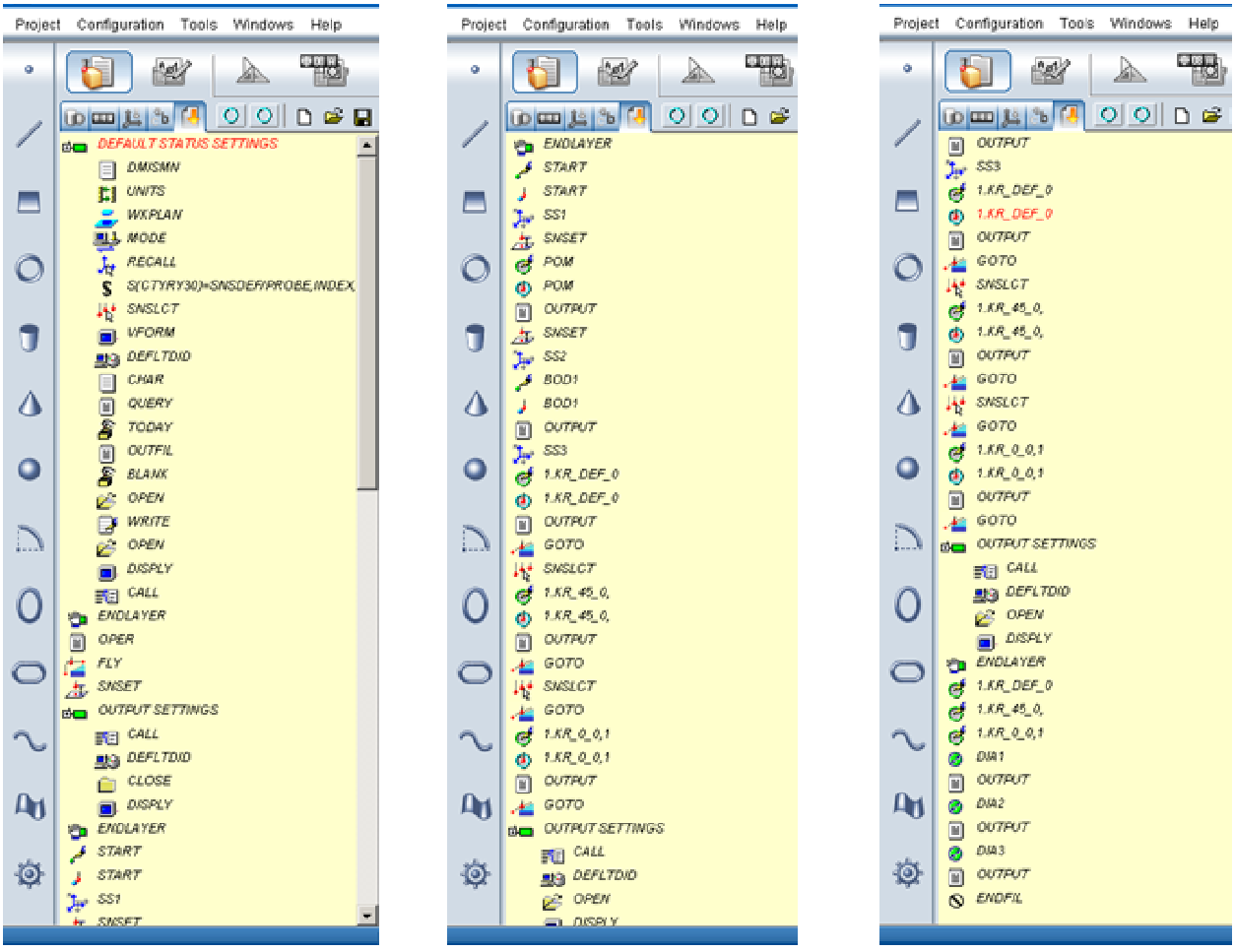
s odchylkami v řádech mikrometrů. Tato skutečnost je zvláště důležitá při měření prvků, které slouží k vyrovnání souřadného systému pro měření a pro vyhodnocení výsledků.

4.2 Měření průměru v různých polohách měřící hlavy

Cílem této kapitoly je prakticky ověřit teoretickou úvahu o vlivu rozdílných sil potřebných pro vyvolání spínací síly na kinematický mechanismus sondy. Síla by měla být závislá na směru jejího působení vůči kinematickému mechanismu. Při praktickém měření se snímá každý bod prvku v jiném směru vůči kinematickému mechanismu, to znamená, že i směr působení spínací síly je v různých směrech. Bude se zkoumat přesnost měření průměru nástavného kroužku, kdy pro každý snímaný bod kružnice bude použito jiné vytočení měřící hlavy. K tomuto účelu bude použit nástavný kroužek o průměru 65,005mm. Kalibrační protokol nástavného kroužku je v příloze této práce.

4.2.1 Měřící program

Pro účely toho experimentu byl vytvořen program pro měření viz obrázek 4-2. Důvodem je automatické měření a tedy vyloučení dopadu lidského faktoru na výsledky měření.



Obrázek 4-2 Program pro měření nástavného kroužku

V levém sloupci vidíme hlavičku a nastavení programu. Automatické pojezdy jsou nastaveny takto:

- Neplynulé pohyby
- Příjezdy: 2mm
- Odskoky: 2mm
- Objezdy: 2,5mm

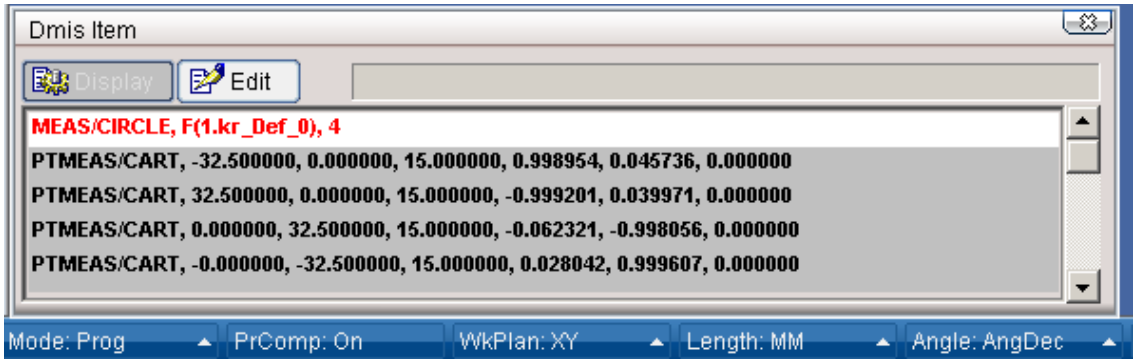
Bude se měřit dotekem 4-20, osazeným na modulu s černým víčkem.

V pravém sloupci ve spodní části je nastavení jmenovitých rozměrů kružnic a vyhodnocení výsledků.

Prostřední sloupec ukazuje tělo programu. Startovní bod je uprostřed nástavného kroužku. Do tohoto bodu je přesunut souřadný systém SS1. Poté, v řádku SNSET, je nastavena zvýšená hodnota příjezdu na 3,5mm. Toto eliminuje nepřesnost najetí na startovní bod při snímání pomocné kružnice (POM). Po změření této kružnice je hodnota příjezdu vrácena opět na původní hodnotu. Pomocná kružnice slouží k posunutí souřadného systému do středu nástavného kroužku v souřadnicích X, Y (souřadný systém SS2). Následuje sejmutí bodu na granitu měřícího stroje (BOD1) a posunutí souřadného systému v ose Z do tohoto bodu (souřadný systém SS3). Tím je dokončeno vyrovnání souřadného systému.

Dále jsou v programu měřeny tři kružnice vnitřního průměru nástavného kroužku na 4 body. Polohy těchto bodů jsou ručně přepsány do kombinací čtyř nejzazších poloh souřadnic X, Y a souřadnice osy Z je pro všechny body stejná. Na obrázku 4-3 vidíme ukázku pro první měřenou kružnici. Každý měřený bod kružnice je reprezentován řádkem PTMES/CART další tři čísla jsou souřadnice X,Y,Z těchto bodů. Platí, že:

1. bod kružnice je snímán v souřadnicích: X = -32,5 mm Y = 0 mm Z = 15 mm
2. bod kružnice je snímán v souřadnicích: X = 32,5 mm Y = 0 mm Z = 15 mm
3. bod kružnice je snímán v souřadnicích: X = 0 mm Y = 32,5 mm Z = 15 mm
4. bod kružnice je snímán v souřadnicích: X = 0 mm Y = -32,5 mm Z = 15 mm



Obrázek 4-3 Souřadnice X,Y,Z pro jednotlivé body kružnice

Tímto způsobem jsou napsány souřadnice bodů pro všechny tři kružnice. Tím je zajištěno, že všechny tyto kružnice jsou snímány přesně ve stejných bodech.

Pro každou kružnici je zvolena jiná metoda pro snímání bodů.

4.2.1.1 První metoda snímání bodů

Pro první kružnici (1.KR_DEF_0) platí, že všechny čtyři její body jsou snímány v defaultním natočení měřící hlavy, to znamená 0° v ose A a 0° v ose B.

4.2.1.2 Druhá metoda snímání bodů

Druhá kružnice má každý bod sejmut v jiném natočení měřící hlavy. Nejdříve se hlava natočí v úhlech A=45°, B=0°, poté je sejmut první bod. Následuje odjezd od kusu a natočení A=45°, B=180° a sejmutí druhého bodu dle výše popsaných souřadnic. Dále je naprogramován opět odjez od kusu a natočení A=45°, B=90° a sejmutí dalšího bodu. A poslední bod je sejmut s vytočením měřící hlavy A=45°, B=-90°.

4.2.1.3 Třetí metoda snímání bodů

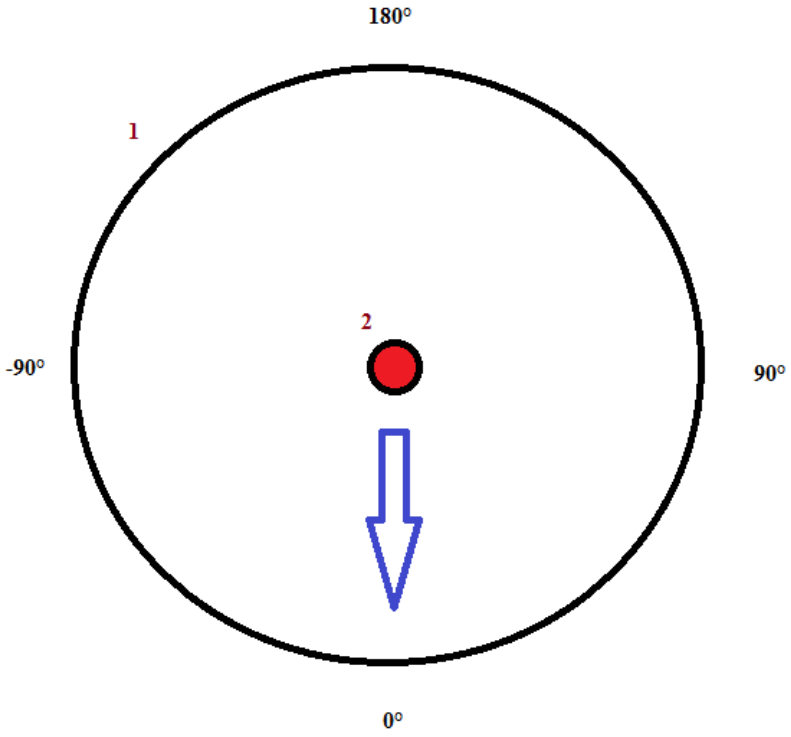
Poslední kružnice je měřena také na 4 body a každý bod je snímán v jiném natočení měřící hlavy. Tato natočení jsou:

1. Bod: A=0°, B=0°
2. Bod: A=0°, B=180°
3. Bod: A=0°, B=90°
4. Bod: A=0°, B=-90°

Takto vytvořený program byl spuštěn 15-krát a výstupem je rozměrový protokol, který je v příloze této práce.

4.2.2 Hodnocení

Nejpřesněji změřené kružnice jsou pomocí třetí metody. První dvě metody vykazují velice podobné výsledky a rozdíly jsou pod hranicí přesnosti měřícího stroje.



Obrázek 4-4 Třetí metoda: způsob snímání bodů na kružnici

Třetí metoda snímání bodů je graficky znázorněna na obrázku 4-4. Tento obrázek ukazuje způsob sejmutí prvního bodu (B=0°). Úhlové hodnoty napsané okolo měřené kružnice, popisují směry natočení měřící hlavy v ose B. Při každém natočení měřící hlavy v ose B, dojde ke kontaktu kuličky s nástavným kroužkem přesně ve stejném bodu kuličky. To znamená, že při natočení B=90° je bod snímán vpravo, při natočení B=-90° vlevo atd. To má za následek i to, že síla na kinematický mechanismus snímání působí vždy ve stejném směru pro každý snímaný bod. Tato snímací síla je tedy pro každý snímaný bod vždy přesně stejná. Skutečnost, že ke kontaktu kuličky s nástavným kroužkem dojde u všech snímaných bodů vždy stejným bodem na kuličce, platí i pro druhou metodu snímání. U této metody ale vnáší nepřesnost do měření natočení 45° v ose A.

Díky tomu, že je každý bod snímán vždy stejným bodem kuličky se ve výsledné měřené hodnotě výrazně neprojeví vliv kulovitosti kuličky při měření. A vlivem toho že je snímací síla vždy ve stejném směru vůči kinematickému mechanismu snímání se neprojeví ani rozdíly v síle potřebné k sepnutí mechanismu v různých směrech. V kombinaci s nulovým natočením v ose A jsou tyto důvody příčinou nejlepších výsledků měření pomocí třetí metody.

4.3 Měření válce dotekem 5-50 a 4-20

Tento experiment pomůže rozhodnout při volbě doteků pro měření obou součástí mezi dvěma možnostmi. První je měření prvků pro vyrovnání souřadného systému (a poté i ostatních prvků) dotekem 5-50 v natočení A=90°, B=0°. Výhodou je, že se v tomto natočení dá změřit celý válec, který tvoří základnu A, nevýhodou je délka doteku. Druhou možností je použití doteku 4-20, kterým se však nedá dosáhnout na celý válec základny A v jednom nato-

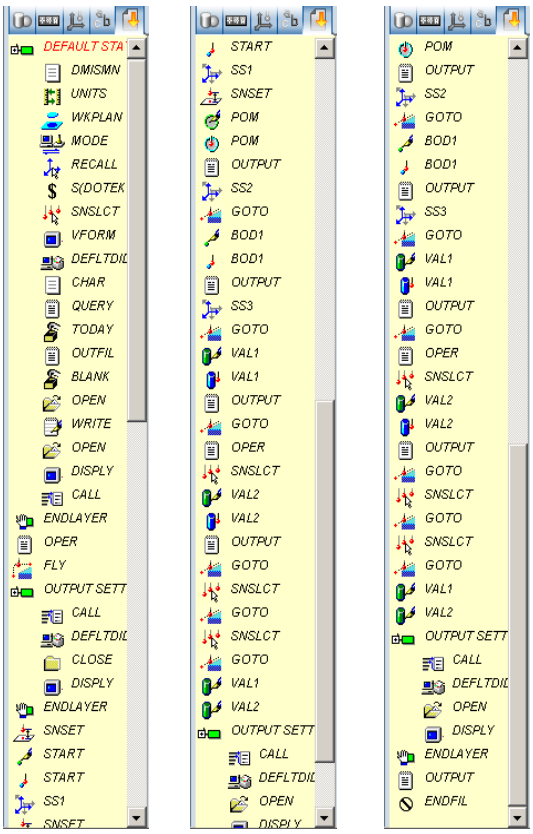
ční. Z toho důvodu je třeba tento prvek měřit ve dvou natočení A=90°, B=0° a A=90°, B=180°. Experiment, který popisuje tato kapitola má pomoci při rozhodnutí, který dotek pro měření použít.

Bude měřen prvek válec na 14 bodů na nástavném kroužku ∅80,0070 mm. Válec bude měřen ve dvou rovinách tj. dvě kružnice na 7 bodů. Nejdříve dotekem 5-50 ve výše popsaném natočení a poté dotekem 4-20. Dotek 4-20 bude měřit nejdříve jednu kružnici na válci v natočení A=90°, B=0°, potom měřící hlava přejede z druhé strany nástavného kroužku a natočí se v hodnotách A=90°, B=180° a změří druhou kružnici válce. Pro oba doteky bude použit modul s černým víčkem.

Pro účely toho experimentu vznikl program pro automatické měření popsaným způsobem. Rozměrový protokol z programu je přílohou této diplomové práce.

Obrázek 4-5 Měření válce na nástavném kroužku

4.3.1 Měřící program



Obrázek 4-6 Program pro měření válce

Pro účely toho experimentu byl vytvořen program pro automatické měření viz obr. 4-6. Rozměrový protokol z programu je přílohou této diplomové práce.

Osa válce nástavného kroužku leží v ose Y. Startovní bod (řádek START) je uprostřed kroužku dotekem 5-50. Následuje přesun souřadného systému do tohoto bodu. Dále se měří prvky pro vyrovnání souřadného systému. Jsou to prvky kružnice (POM), kam je přesunut souřadný systém v osách X a Z (SS2) a prvek bod na čele nástavného kroužku, kam je přesunut souřadný systém (SS3) v ose Y. Následuje měření válce 1 dotekem 5-50 a poté válce 2 dotekem 4-20 výše popsaným způsobem.

Tento program byl spuštěn 15 krát a z tohoto souboru hodnot bylo provedeno vyhodnocení.

4.3.2 Vyhodnocení

Průměrná hodnota naměřených průměrů dotekem 5-50 je 80,0076mm a průměrná hodnota válcovitosti je 0,0063mm. Při měření dotekem 4-20 jsou tyto hodnoty: ∅80,0070mm, válcovitost 0,0047mm. Z těchto výsledků je patrné, že přesnější hodnoty vykazuje měření za pomoci doteku 4-20. Válce, které se budou měřit pro vyrovnání souřadného systému u obou měřených kusů, jsou delší než nástavný kroužek. Délka válce má vliv na přesnost zaměření směru osy válce. Oba měřené válce tedy budou citlivější na nepřesnosti vzniklé při měření. Při měření válců pro rotaci souřadného systému jde především o přesné zaměření směru jeho osy z důvodu minimalizování vzniku kosinové chyby. Proto pro měření zadaných součástí bude použit dotek 4-20.

4.4 Měřící programy pro zadané součásti

Mezi hlavní cíle této diplomové práce patří vytvoření programů pro měření dvou součástí označených čísly 1 a 2. Jejich výkresy jsou v příloze. Vyhodnocovány budou kóty označené žlutě, měřené a konstruované prvky zeleně a názvy rozměrů červeně.

Obě tyto součásti jsou vyráběny pro středisko montáže firmy Hofmeister v kooperaci. Jsou to součásti, které jsou z technologického hlediska náročné na výrobu a také vyžadují zkušenou a bdělou obsluhu obráběcích strojů. Z těchto důvodů se před konečnou povrchovou úpravou a před montáží provádí kontrola předepsaných rozměrů.

Nejdůležitější kóty na výkresech byly konzultovány a vybírány s konstruktéry firmy Hofmeister s.r.o. a také na základě zkušeností montážníků, kteří tyto díly montují do sestav. Z tohoto souboru rozměrů byly vybrány ty, které jsou vhodné pro měření na SMS. Ostatní rozměry se dají doměřit snadno a rychle mechanickými měřidly.

Tyto díly se měří v sériích přibližně deseti kusů jednou za dva měsíce. Měřící programy výrazně ušetří práci i čas při rozměrové kontrole takto složitých součástí.

4.4.1 Součást č. 1

Jedná se o součást tvaru hranolu o vnějších rozměrech 149mm x 149mm x 122mm. Výchozím prvkem kusu je válec ∅95H8, který je na výkrese označen jako základna A. Do tohoto prvku je otočen a přesunut souřadný systém. Zbývá otočení souřadného systému okolo osy válce. To je provedeno do středu drážky 16H8. Tato rotace nejlépe simuluje skutečné natočení součásti při montáži. Na základě takto vytvořeného souřadného systému jsou změřeny všechny ostatní prvky potřebné pro vyhodnocení označených rozměrů. V dalším textu najdeme podrobné vysvětlení postupu měření a metodiky měření.

4.4.1.1 Upnutí kusu a startovní bod

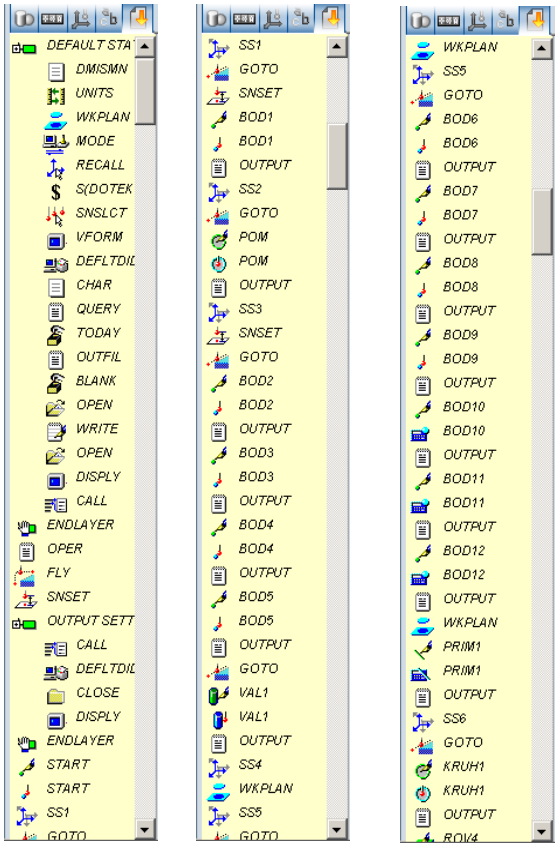
Upnutí kusu vychází z požadavku přístupnosti ke všem měřeným prvkům, stability upnutí a z jednoduchosti upínání. Kus je položen na prizma, drážka $40^{+0,1}_{+0,2}$ směřuje vzhůru a průměr 125h9 je natočen dopředu. Kus je na prizma zajištěn pomocí modelíny proti posunutí a je vyrovnán do osy X podél čela kusu. Vyrovnání je důležité, protože osy děr musí být ve stejném směru, jako osy natočeného doteku. Pokud by tak nebylo, náměry budou vykazovat vyšší hodnoty kruhovitosti a navíc hrozí nebezpečí sejmutí bodu dříkem doteku. Startovní bod je v natočení A=90°, B=0° s dotekem 4-20 v ∅8H7.

Obrázek 4-7 Součást č. 1 – Upnutí a startovní bod

4.4.1.2 Program

V programu jsou použity následující doteky:

- Průměr kuličky 4mm,délka dříku 20mm (4-20), modul s černým víčkem
  Pro měření většiny prvků
- Průměr kuličky 2mm, délka dříku 10mm (2-10), modul s černým víčkem
  Pro měření ∅4H7
- Válcový dotek, modul se šedým víčkem kvůli vyšší hmotnosti válcového doteku
  Pro měření poloh závitů

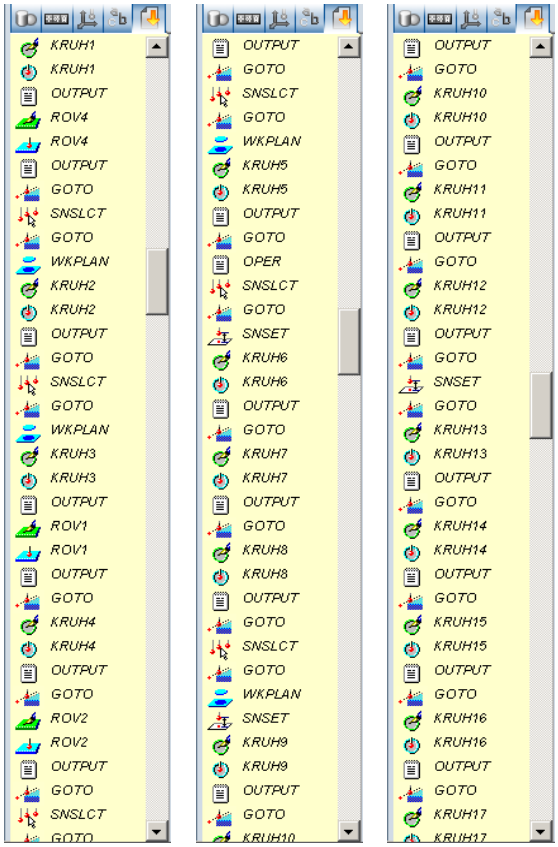


Obrázek 4-8 Měřící program pro součást č. 1; 1. část

Na obrázku 4-8 vlevo vidíme začátek programu a jeho nastavení. Jedná se například o pracovní rovinu pro měření prvků, o výběr módu pro měření prvků, souřadný systém, výběr doteku, zobrazení hlavičky protokolu s možností vložení čísla kusu atd. Toto základní nastavení končí řádkem ENDLAYER. V dalším řádku (OPER) je popsáno upnutí kusu na SMS, startovní bod programu a doteky potřebné v průběhu programu. FLY označuje nastavení neplynulých pohybů a SNSET je nastavení přibližovacích vzdáleností doteku (příjezdy, objezdy, odskoky atd.). Mezi řádky OUTPUT SETTINGS a ENDLAYER je vypnuto zapisování naměřených prvků do rozměrového protokolu. Způsob upnutí je patrný z obrázku a startovní bod je v ∅8H7 (řádka START). Začíná se dotekem o průměru kuličky 4mm a délce dříku 20mm (dále jen 4-20) v natočení A=90°, B=180°. Do tohoto bodu je přesunut souřadný systém (SS1).

Na obrázku 4-8 uprostřed se nachází řádka GOTO, která značí přejezdy mezi měřenými prvky. Následující dva prvky (BOD1 a POM) označují pomocnou geometrii pro vyrovnání souřadného systému (pomocný souřadný systém SS2 a SS3). Tyto prvky korigují nepřesnost ručního najetí na startovní bod. Proto jsou před nimi v řádce SNSET nastaveny větší hodnoty příjezdů, objezdů a odskoků, které jsou po jejich změření nastaveny zpět na původní hodnotu. Dále jsou v programu body pro měření šířky (BOD2, BOD3) a hloubky (BOD4, BOD5) drážky 16H8. Body 2 a 3 budou později využity pro konečnou rotaci souřadného systému okolo osy válce ∅95H8 (VAL1). Tento válec je měřen na 14 bodů ve dvou rovinách (dvě kružnice na 7 bodů) a ve dvou natočení měřící hlavy. Tedy 1. kružnice v aktuálním natočení A=90°, B=180°, poté přejezd na opačnou stranu válce a druhá kružnice v natočení A=90°, B=0°. Do VAL1 je otočen (SS4) a přesunut (SS5) souřadný systém ve všech osách.

Na obrázku 4-8 vpravo je vidět nasnímání čtyř bodů. Opět se jedná o měření šířky (BOD6, BOD7) a hloubky (BOD8, BOD9) drážky 16H8, tentokrát v opačném natočení měřící hlavy okolo osy B (o 180°). To znamená, že body jsou snímány na opačném konci drážky. Následující tři prvky tvoří pomocnou geometrii, vytvořenou z bodů 2, 3 (BOD10) a 6,7 (BOD 11) pomocí funkce „Střední“ (Middle). BOD12 je rovněž pomocná geometrie s využitím funkce Middle, tentokrát z bodů, vytvořených v předchozích dvou řádkách (z bodů 10 a 11). BOD12 tedy udává střední hodnotu ze všech čtyř bodů, pomocí kterých byla měřena šířka drážky 16H8. Následuje další prvek pomocné geometrie (PRIM1) vytvořený pomocí funkce „nejlepší poloha“ (Best fit). Je to spojnice středu drážky (BOD 12) a středu válce ∅95H8 (VAL1). Do této přímky je provedena konečná rotace souřadného systému okolo osy válce ∅95H8 (osa Y) do středu drážky 16H8. Výsledný souřadný systém je SS6.



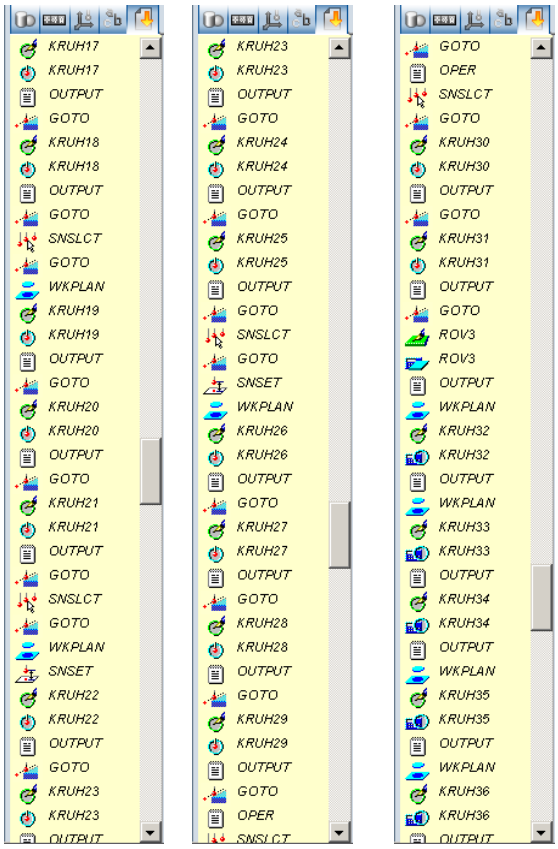
Obrázek 4-9 Měřící program pro součást č. 1; 2. část

Na obrázku 4-9 vlevo vidíme pokračování programu snímáním kruhu 1 na 7 bodů. Je to prvek pro vyhodnocení ∅125h9 a házení 0,05 k základně A. Dále je měřen prvek rovina (ROV4) na 5 bodů na čelní ploše hranolu pod válcem ∅125h9, slouží k vyhodnocení vzdálenosti 98,5, která udává polohu děr ∅4H7. Následující prvek (KRUH2) měří ∅30H8 v natočení hlavy A=90°, B=-90° a v pracovní rovině YZ. Dalším krokem je otočení měřící hlavy zpět do polohy A=90°, B=0°(SNSLCT). V této poloze je snímán KRUH3 na 7 bodů, který slouží k vyhodnocení ∅120f7 a odvodového házení 0,02 k základně A. Následující prvek (ROV1) je rovina která slouží pro vyhodnocení čelního házení 0,02 k základně A. Tato rovina byla snímána na 7 bodů v polárních souřadnicích a každý bod má vzdálenost 69mm od středu válce ∅95H8 (základna A). Dalším prvkem je KRUH4, který je důležitý pro vyhodnocení průměru a polohy díry ∅8H7. Poslední prvek, který můžeme najít v tomto obrázku je rovina (ROV2), který později využijeme k vyhodnocení výšky válce ∅120f7 tj. kóty $5^{-0,05}$.

Na obrázku 4-9 uprostřed najdeme odjezd od poslední měřené roviny (GOTO) a v řádku SNSLCT je nastaveno otočení měřící hlavy do polohy A=90°, B=-90°. V tomto natočení je měřen ∅30H8 pomocí prvku KRUH5. Následuje odjezd a řádka OPER zastaví program a napíše požadavek na obsluhu, aby vyměnila stávající dotek za válcový. Po výměně a potvrzení, program pokračuje dál. Řádka SNSLCT je programová změna doteku, měřící hlava zůstává ve stejném natočení. Dále jsou nastaveny snížené hodnoty přibližovací vzdálenosti doteku (SNSET). Dalšími prvky, které se budou měřit, jsou kružnice pro vyhodnocení poloh závitů M4 (KRUH6, KRUH7, KRUH8). Válcový dotek, který byl k dispozici při sestavování programu má ∅ 2mm. Aby bylo možné tímto dotekem závity měřit bylo nutné snížit hodnoty přibližovací vzdálenosti doteku. Po zaměření této trojice závitů dotek odjede do bezpečné vzdálenosti od kusu tak aby se mohla měřící hlava bezpečně otočit do polohy A=90°, B=0°(SNSLCT). Následuje přejezd a změna pracovní roviny (WKPLAN) a vrácení hodnot přibližovací vzdálenosti doteku na původní hodnotu. Kružnice 9 až 12(dokončení na obrázku vpravo) slouží k vytvoření roztečné kružnice ∅ 170±0,1 závitů M10. Poté je opět nastavena změna přibližovací vzdálenosti doteku na hodnoty potřebné pro měření středů závitů M4. Tyto závity představují kružnice 13 až 18. Prvky KRUH13 AŽ KRUH18, budou později použity k vytvoření roztečné kružnice ∅112±0,1.

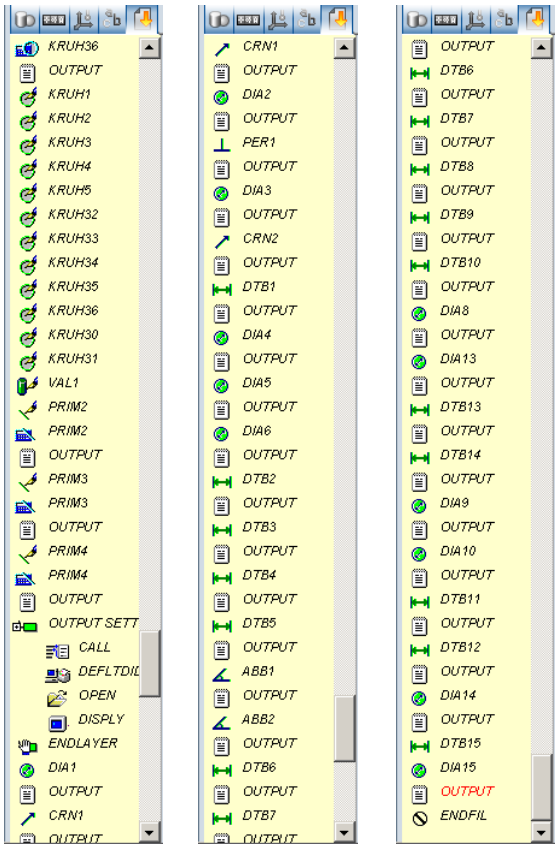
Na obrázku 4-10 vlevo vidíme dokončení měření kružnic 17 a 18. Dalším krokem je odjezd do bezpečné vzdálenosti a otočení měřící hlavy do polohy A = 90°, B = 90°. V této poloze následuje měření závitů M4 (kružnice 19 až 21) pro vyhodnocení roztečné kružnice ∅38±0,1. Následuje odjezd od kusu a otočení měřící hlavy v úhlech A=90°, B=180° změna pracovní roviny na rovinu ZX (WKPLAN) a nastavení hodnot přibližovacích vzdáleností

doteku na původní hodnoty. Dalšími měřenými prvky jsou kružnice (KRUH22 až KRUH25). Jejich účelem je zaměření středů závitů M10 a později vytvoření roztečné kružnice ∅170±0,1.



Obrázek 4-10 Měřící program pro součást č. 1; 3. část

V následující části programu zobrazené na obrázku 4-10 uprostřed, se budou měřit středy závitů M4 v drážce $40^{+0,1}_{+0,2}$. K tomu je třeba odjezd od kusu a otočení měřící hlavy do defaultní polohy, tedy A=0°, B=0°(SNSLCT). Dále nastavení hodnot přibližovací vzdálenosti doteku pro měření závitů M4. Ty jsou reprezentovány kružnicemi 26 až 29. V další části programu, na obrázku vlevo, je nastaven odjezd od kusu a vyvolání hlášky pro obsluhu (řádka OPER) o výměně doteku za dotek o průměru kuličky 2 mm a o délce 20 mm (dotek 2-20). Tento dotek je vybrán programově v řádce SNSLCT a slouží pro měření průměrů 4H7, které jsou měřeny pomocí kružnic 30 a 31. Příkaz GOTO za kružnicí 31 je závěrečný odjezd od kusu. Následující prvky jsou vytvořeny konstrukcí z již změřených prvků. ROV3 je vytvořena z bodů 4,5 a 8,9 a představuje dno drážky 16H8. KRUH32 je roztečná kružnice vytvořená z prvků KRUH6 až 8, pomocí kterých byly měřeny závity M4. KRUH33 tvoří roztečnou kružnici ∅ 170±0,1 ze závitů M10, která se skládá z kruhů 9 až 12. Další roztečnou kružnicí je KRUH34 sestávající z prvků KRUH13 až 18 závitů M4, které tvoří ∅112±0,1. KRUH35 je sestaven z kruhů 19 až 21 závitů M4 a tvoří roztečnou kružnici ∅38±0,1. Posledním konstruovaným prvkem je KRUH36 z kružnic 22 až 25 vytvořen pro vyhodnocení ∅170±0,1 ze závitů M10.



Obrázek 4-11 Měřící program pro součást č. 1; 4. část

Program pokračuje na obrázku 4-11 vlevo. Následujícím krokem je přiřazení jmenovitých hodnot k prvkům kružnice a válec. Řádek PRIM2 značí vytvoření přímky konstrukcí z kružnice 17 a válce 1. Tato přímka bude sloužit k vyhodnocení úhlu 30° závitů M4 vůči drážce 16H8. PRIM3 je vytvořena konstrukcí z kruhu 11 a válce 1 pro změření úhlu 45° mezi závitem M10 a drážkou 16H8. PRIM4 je zkonstruována z prvků KRUH30 a KRUH31 a slouží k vyhodnocení vzdálenosti 98,5 od čela kusu k ∅4H7. Dále, mezi řádky OUTPUT SETTINGS a ENDLAYER je nastaveno zapisování výsledků do rozměrového protokolu. Všechny následující řádky slouží k vyhodnocení výsledků z naměřených prvků, nebo prvků vytvořených pomocí konstrukce. Názvy řádků odpovídají názvům hodnot v rozměrovém protokolu z měření kusu.

Poslední řádek na obrázku 4-11 vlevo dole (ENDFIL) značí konec programu.

4.4.1.3 Hodnocení

Hlavním problémem při programování měření tohoto kusu bylo vytvoření souřadného systému. Osa základny A leží v ose Y měřícího stroje. Z toho plyne nutnost měření v natočení měřící hlavy A=90°. Pro správné rozhodnutí při volbě doteku byl proveden experiment, který porovnával přesnost měření dotekem délky 50mm a 20mm.

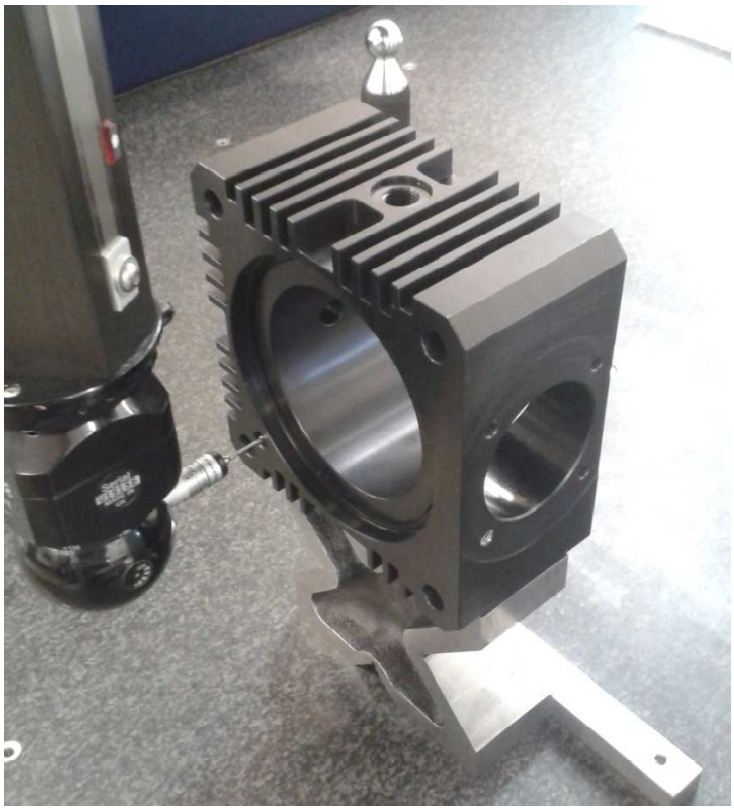
Další důležitý krok byla rotace souřadného systému okolo osy Y do drážky 16H8. Ta byla provedena na základě měření 4 bodů, které definovaly šířku drážky po obou krajích její délky. Při měření těchto bodů jsou důležité správné směry příjezdů, tak jak je popsáno v kapitole o měření bodu.

4.4.2 Součást č. 2

Je to součást tvaru hranolu a rozměrech 149mm x 149mm x 75mm. Základnu A tvoří válec o průměru 90G6 a délce 70mm. Je to výchozí prvek, do kterého je otočen a přesunut souřadný systém pro měření a vyhodnocování. Otočení souřadného systému okolo osy Y je provedeno do prvku válec sejmutého na ∅56G6. Takto vytvořený souřadný systém nejlépe odpovídá skutečné funkci součásti a je použit pro vyhodnocení ostatních rozměrů kusu.

4.4.2.1 Upnutí kusu a startovní bod

Upnutí je provedeno, podobně jako u součásti č. 1 tak, že kus je položena na prizma, válec ∅56G6 je vpravo a ∅120G6 je vpředu. Kus je na prizma zajištěn pomocí modelíny a je vyrovnán do osy X podél čela. Startovní bod je v ∅8,1±0,05. Pro začátek programu je použit dotek 4-20 a natočení měřící hlavy A=90°, B=0°.

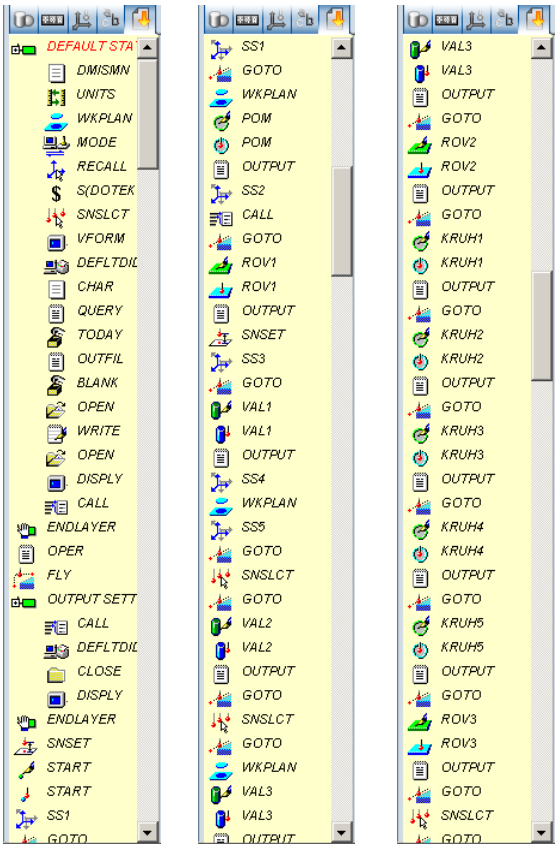


Obrázek 4-12 Součást č. 2 – Upnutí a startovní bod

4.4.2.2 Program

V programu jsou použity následující doteky:

- Průměr kuličky 4mm, délka 20mm (4-20) , modul s černým víčkem
  Pro měření většiny prvků
- Válcový dotek, modul se šedým víčkem kvůli vyšší hmotnosti válcového doteku
  Pro zaměření středů závitů

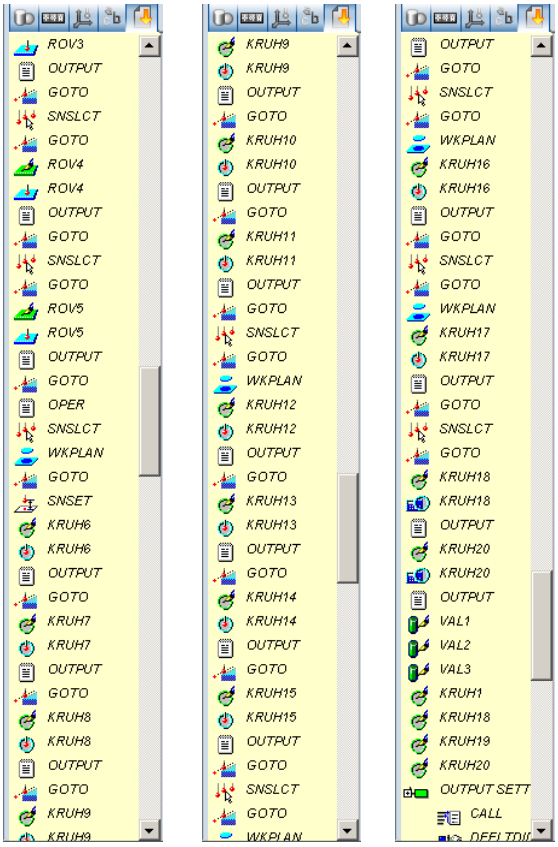


Obrázek 4-13 Měřící program pro součást č. 2; 1. část

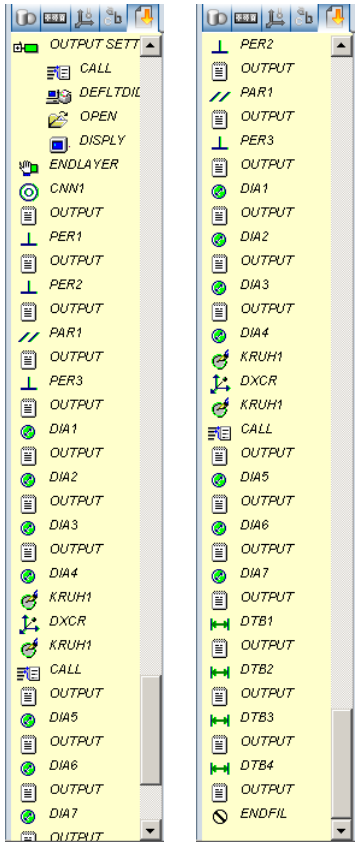
Na obrázku 4-13 vlevo vidíme začátek programu. Mezi řádky DEFAULT STATUS a ENDLAYER je základní nastavení programu, které již bylo popsáno v předchozí kapitole. Stejně tak řádek OPER, FLY a následné vypnutí zapisování hodnot do rozměrového protokolu. START představuje startovní bod v ∅8,1±0,05 a SS1 je přesun souřadného systému do tohoto bodu.

Na obrázku 4-13 uprostřed je měřena pomocná kružnice (POM) pro vyrovnání souřadného systému (pomocné vyrovnání SS2). ROV1 je rovina na 8 bodů snímána na čele kusu a je do ní přesunut souřadný systém (SS3) v ose Y. Válec 1 je výchozí prvek pro vyrovnání souřadného systému kusu. Na výkrese je to ∅90G6, základna A. Tento prvek je snímán způsobem popsaným v kapitole o měření válce, ve dvou natočení měřící hlavy. První kružnice válce je nasnímána v aktuálním natočení (A=90°, B=0°), pak následuje přejezd na druhou stranu válce a natočení hlavy A=90°, B=180° a změření druhé kružnice válce. Do tohoto prvku je otočen (SS4) a přesunut (SS5) souřadný systém ve všech osách. Následuje natočení měřící hlavy A=90°, B=-90° a změření válce 2 ∅56G6. Řádky GOTO, SNSLCT, GOTO představují odjezd od kusu do bezpečné vzdálenosti a otočení měřící hlavy do úhlů A=90°, B=0°. VAL3 představuje ∅120G6.

Na obrázku 4-13 vpravo je měřen prvek ROV2, který představuje rovinu snímanou v polárních souřadnicích, kdy každý bod leží v R=62mm vzhledem k počátku souřadného systému (základna A). Tato rovina bude sloužit pro vyhodnocení čelního házení 0,02/A. KRUH1 měří ∅8,1±0,05 a kruhy 2 až 5 budou později sloužit k vytvoření roztečné kružnice ∅170±0,1. ROV3 je prvek rovina snímaný v zahloubení 8 $^{+0,05}$ na 8 bodů.



Obrázek 4-14 Měřící program pro součást č. 2; 2. část



Obrázek 4-15 Měřící program pro součást č. 2; 3. část

Na obrázku 4-15 vlevo je pokračování programu odjezdem od kusu a natočením měřící hlavy A=90°, B=90° a snímáním roviny 4 na 6 bodů. Tento prvek je snímán na zahloubení ∅90+0,5 okolo ∅56G6 a bude později využit pro vyhodnocení rovnoběžnosti 0,02/A. Následuje opět odjezd a natočení měřící hlavy A=90°, B=180° pro měření ROV5. Tato rovina je snímána na 9 bodů v polárních souřadnicích a každý bod má souřadnici R=65mm. Tento prvek bude využit pro vyhodnocení čelního házení 0,02/A. Řádek OPER vyvolá hlášku pro obsluhu o výměně doteku za válcový dotek, který je následně programově vyvolán v řádku SNSLCT. WKPLAN je změna pracovní roviny na ZX a řádku SNSET jsou nastaveny snížené hodnoty měřící vzdálenosti doteku pro měření středů závitů M6. Tyto středy závitů jsou měřeny pomocí kružnic 6 až 11 a naměřené kružnice budou sloužit pro vytvoření roztečné kružnice ∅104±0,1.Dokončení tohoto měření je na obrázku uprostřed. Všechny středy závitů jsou zaměřovány pomocí kružnic na 4 body. Po změření kruhu11 je naprogramován odjezd a otočení měřící hlavy A=90°, B=-90°, změna pracovní roviny na YZ a měření kružnic 12 až 15. Ty slouží pro zaměření středů závitů M6, ze kterých se později vytvoří roztečná kružnice ∅74±0,1. Následuje odjezd do bezpečné vzdálenosti a natočení měřící hlavy do defaultní polohy (A=0°, B=0°). Na obrázku vlevo je změna pracovní roviny na XY (WKPLANE) a měření středu závitu Rp1/4´´ (KRUH16). Posledním měřeným prvkem je KRUH17, který představuje druhý závit Rp1/4´´, který je vyroben na měřeném kusu. Před změřením tohoto prvku je nejdříve potřeba změnit natočení měřící hlavy na hodnoty A=90°, B=90° (SNSLCT) a změnit pracovní rovinu na YZ. Posledním krokem je odjezd od kusu (GOTO) natočení do defaultní polohy (SNSLCT) a závěrečný odjezd od kusu (GOTO). Následující kružnice 18 až 20 jsou vytvořeny konstrukcí z dříve měřených a popsaných kružnic a budou vyhodnocovány jako

jejich roztečné kružnice. V dalším kroku se přiřazují jmenovité hodnoty k dříve změřeným, nebo zkonstruovaným prvkům.

Na obrázku 4-14 mezi řádky OUTPUT SETTINGS a ENDLAYER je zapnuto zapisování výsledků do rozměrového protokolu. Následuje vyhodnocení všech rozměrů a geometrických tolerancí dle vyznačených hodnot na výkrese součásti. Řádek ENDFIL ukončuje program.

4.4.2.3 Hodnocení

Nejdůležitějším prvkem celého kusu je prvek válec, který je snímán na ∅90G6 (základna A). Důležitý je především směr vektoru podél osy tohoto válce. Přesnost zaměření jeho směru určuje velikost kosinové chyby při vyhodnocování ostatních rozměrů na kusu. Tento prvek byl snímán ve dvou natočení měřící hlavy dotekem 4-20. O této metodě měření bylo rozhodnuto na základě experimentu provedeném v této diplomové práci.

Rotace souřadného systému okolo osy tohoto válce byla provedena do prvku válec nasnímaném v ∅56G6. Na základě takto vytvořeného souřadného systému byly měřeny ostatní prvky a vyhodnocovány rozměry a geometrické tolerance označené na výkrese č. 2 měřeného kusu.

5 Zhodnocení a závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na metodiku měření na souřadnicovém stroji a na její vliv na výsledky měření. Úkolem byl teoretický popis a zamyšlení nad způsoby měření a několik praktických experimentů, které s tím souvisejí. To vedlo k vypracování metodiky měření pro dvě strojní součásti dle výkresů v příloze této práce. Poté k napsání programů pro měření obou součástí. Vypracovaná metodika se opírala o teoretické i praktické poznatky obsažené v této diplomové práci. Přínosem programového měření je výrazná úspora času při rozměrové kontrole takto složitých součástí. Teoretické i praktické poznatky obsažené v této práci se mohou aplikovat při potřebě vypracování metodiky měření i pro jiné součásti, než zadané.

Diplomová práce poskytla nejprve seznámení s dotykovými měřícími stroji a jejich důležitými částmi z hlediska metodiky měření. Z toho vyplynulo, že metodiku měření je třeba navrhovat s ohledem na konkrétní stroj, na kterém se bude měření provádět. Proto byl představen souřadnicový měřící stroj Impact II, který sloužil pro měření zadaných součástí. Byly popsány jeho technické parametry a zvláště ty součásti měřícího řetězce, které jsou důležité z hlediska vypracování metodiky měření. Z této kapitoly vyplynula určitá omezení z hlediska volby způsobu měření, jako je např. omezený sortiment doteků.

Dále byl popsán způsob, kterým software vyhodnocuje snímané body při měření jednotlivých prvků, jak se tyto prvky v softwaru během snímání bodů vytvářejí a jakých nepřesností se dá dosáhnout špatným snímáním prvků. Tato kapitola výrazně pomohla při volbě způsobu měření prvků na zadaných součástech.

Důležitými kapitolami z hlediska metodiky měření, jsou kapitoly popisující problematiku dotykového měření geometrických tolerancí. Z této kapitoly vyplývá, že důležitým faktorem je počet bodů pro snímání jednotlivých prvků. A že počet bodů se volí v závislosti na měřené součásti a jejích geometrických tolerancích. Právě z důvodu, že se počet bodů volí v závislosti na každé konkrétní součásti, nebyly prováděny praktické experimenty na téma počet bodů pro měření prvků. Výsledky měření na etalonech by nevypovídaly o tomto vlivu na přesnost měření na zadaných součástech. Experiment, který by měl vypovídající schopnosti a byl by obecným přínosem pro volbu počtu bodů, by musel obsahovat veliké množství náměrů. Byly by zapotřebí měřit například různé průměry o různých kruhovitostech. Ty by byly nejdříve proměřeny na měřidle, které má o řád vyšší přesnost než souřadnicový měřící stroj a tím by byly stanoveny referenční hodnoty. Na základě těchto náměrů by se stanovili potřebné počty bodů z hlediska hodnoty měřeného průměru a nejvyšší povolené kruhovitosti měřeného průměru. Tak rozsáhlý experiment přesahuje rámec této práce.

Praktické zkoumání vlivu délky doteku na přesnost měření potvrdil teoretické úvahy na toto téma. Jeho hlavním přínosem je kvantifikování tohoto vlivu. Měřily se kružnice na nástavném kroužku postupně ve všech rovinách měřícího stroje a vliv délky doteku se projevil nejvíce v kruhovitosti naměřených kružnic. Další experiment potvrdil teorii o rozdílnosti velikosti síly potřebné pro sepnutí kinematické sondy v závislosti na směru působení této síly vůči sondě. V praktických aplikacích se popsanému vlivu nedá vyhnout a přínosem experimentu je možnost uvědomit si, jak velkou chybu může tento vliv vnášet do výsledků. Poslední experiment pomohl rozhodnout o použitém doteku v programu pro měření zadaných součástí. Měřil se válec na nástavném kroužku dotekem dlouhým 50 mm v jednom natočení měřící hlavy a pak dotekem dlouhým 20 mm ve dvou natočení měřící hlavy pro sejmutí jednoho prvku. Nejdůležitějším prvkem při měření v této diplomové práci byl válec, protože tvořil prvek pro vyrovnání souřadného systému u obou součástí. Jak plyne z informací v této diplo-

mové práci, nepřesnosti v zaměření směru jeho osy zvyšují vliv kosinové chyby při vyhodnocování závislých rozměrů. Ze zmíněného experimentu plyne, že vliv dvojího natočení měřící hlavy pro sejmutí jednoho prvku není tak významný, jako vliv dlouhého doteku při měření s kinematickou sondou.

V závěru práce je podrobný popis programů vytvořených pro měření zadaných součástí. V popisu je několik zásad stavby měřících programů v softwaru Virtual Dmis, které jsou obecně platné a použitelné pro stavbu měřících programů pro jakékoli součásti.

Při volbě metodiky měření součástí je třeba dbát zvláště na správné zaměření prvků, které se používají pro vyrovnání souřadného systému kusu. Nesprávná metodika a následné nepřesné měření těchto prvků vedou ke zkreslení rozměrů závislých na směru souřadného systému vlivem kosinové chyby.

6 Seznam použité literatury

[1] Kdo jsme. *Hofmeister* [online]. Plzeň, 2006 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: http://www.hofmeister.cz/onas/kdo-jsme

[2] The First ever CMM in the World. In: *International Metrology Systems* [online]. Bilston 1998 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: http://uk.ims-cmm.co.kr/company_01.php

[3] BARTOŇ, Lukáš. *Tolerance tvaru a polohy*. Plzeň, 2016.

[4] *Geometrické tolerance: Technická dokumentace* [online]. **2008**, 32 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: http://www.studentcar.cz/files/vyuka/TTD/lesson06.pdf#page=14&zoom=auto,-211,31

[5] Snímací technologie a nová sonda OMP400 společnosti Renishaw s tenzometrickou technologií v ultra kompaktním provedení [online]. , 4 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://resources.renishaw.com/cs/details/technicky-clanek-omp400-tenzometricka-sonda--19529

[6] *Management kalibrace souřadnicového měřícího stroje (SMS)* [online]. Brno, 2012 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53766

[7] *Doteky a příslušenství* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://www.renishaw.cz/cs/doteky-renishaw--18675

[8] ČSN ISO 2768. *Všeobecné tolerance: Nepředepsané mezní úchylky délkových a úhlových rozměrů*. Praha: ČNI, 1992.

[9] ISO 8015. *Technické výkresy: Základní pravidlo tolerování*. 2. vydání. Praha: ČNI, 1994.

[10] *Využití systémové měřící techniky ve strojírenství*. České Budějovice, 2008. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce PaedDr. Bedřich Veselý.

7 Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Souřadnicový měřící stroj[10] 7
Obrázek 2-2 SMS z roku 1959[2] 8
Obrázek 2-3 Mechanismus kinematické sondy 9
Obrázek 2-4 Vliv směru snímací síly[5] 9
Obrázek 2-5 Část mechanismu tenzometrické sondy[5] 10
Obrázek 2-6 Přímý, hvězdicový a diskový dotek[7] 12
Obrázek 2-7 Doteky: válcový, s hrotem a s dutou keramickou půlkoulí 13
Obrázek 2-8 Souřadnicový měřící stroj Impact II 15
Obrázek 2-9 Sada doteků 16
Obrázek 2-10 Renishaw PH10T PLUS 16
Obrázek 2-11 Snímací sonda TP20 17
Obrázek 2-12 Modul 17
Obrázek 3-1 Kosinová chyba 19
Obrázek 3-2 Vliv směru snímání bodů na přesnost měření[6] 20
Obrázek 3-3 Kolmost [3] 23
Obrázek 3-4 Obvodové házení [3] 24
Obrázek 3-5 Čelní házení [3] 25
Obrázek 3-6 Souosost[4] 26
Obrázek 3-7 Rovnoběžnost[4] 26
Obrázek 3-8 Výňatek z popisového pole 27
Obrázek 4-1 Měření nástavného kroužku 30
Obrázek 4-2 Program pro měření nástavného kroužku 32
Obrázek 4-3 Souřadnice X,Y,Z pro jednotlivé body kružnice 33
Obrázek 4-4 Třetí metoda: způsob snímání bodů na kružnici 35
Obrázek 4-5 Měření válce na nástavném kroužku 36
Obrázek 4-6 Program pro měření válce 37
Obrázek 4-7 Součást č. 1 – Upnutí a startovní bod 39
Obrázek 4-8 Měřící program pro součást č. 1; 1. část 40
Obrázek 4-9 Měřící program pro součást č. 1; 2. část 41
Obrázek 4-10 Měřící program pro součást č. 1; 3. část 42
Obrázek 4-11 Měřící program pro součást č. 1; 4. část 43
Obrázek 4-12 Součást č. 2 – Upnutí a startovní bod 44
Obrázek 4-13 Měřící program pro součást č. 2; 1. část 45
Obrázek 4-14 Měřící program pro součást č. 2; 2. část 46
Obrázek 4-15 Měřící program pro součást č. 2; 3. část 46

8 Přílohy

8.1 Seznam příloh volně vložených

1. Výkres součásti č. 1
2. Výkres součásti č. 2
3. Rozměrový protokol součásti č. 1
4. Rozměrový protokol součásti č. 2
5. CD s elektronickou podobou práce

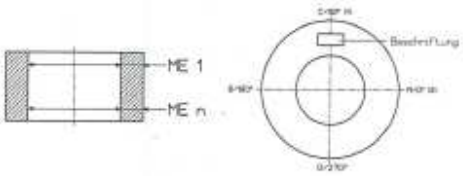
8.2 Kalibrační protokol pro nástavný kroužek ∅ 65,005 mm

Kalibracní protokol
Calibration Certificate

Trescal

Zákazník	**HOFMEISTER s.r.o.**
	Plzen
Císlo zakázky	**108415**
Typ meridla	**Nástavný krouzek**
Stav meridla	**pouzitý**
Identifikacní císlo	**Dmi c.4**
Jmenovitý rozmer	**65,0050 mm**
Výrobce	**Bowers**
Merící postup	**VDI/VDE/DGQ 2618, Blatt 4.1; Option 4**
Norma	**DIN 2250 ; DIN ISO 286**

Kalibracní list cís.:
Certificate-No.:
C/15-015214



Vyhodnocení

Vizuální kontrola **Bez nálezu**

Prumer

Namerená hodnota ()	Hranice (mm)	Nejist. merení (mm	Posudek	Stav v tolerancním poli	ME	Pos.
65,0055	65,0025 - 65,0075	0,0006	i.O.	|..... X .....|	1	AB
65,0055	65,0025 - 65,0075	0,0006	i.O.	|..... X .....|	2	AB
65,0055	65,0025 - 65,0075	0,0006	i.O.	|..... X .....|	3	AB
65,0053	65,0025 - 65,0075	0,0006	i.O.	|..... X .....|	1	CD
65,0053	65,0025 - 65,0075	0,0006	i.O.	|..... X .....|	2	CD
65,0053	65,0025 - 65,0075	0,0006	i.O.	|..... X .....|	3	CD

Vysvetlivky: i.O. - je v Toleranci (G a G'), n.i.O. - není v Toleranci (G a G'), (U) - ve spolehlivosti merení, n.gepr. - nemereno

Nejistota merení: Vyhodnocení nejistoty merení s k=2 shodne se smernicí EA-4/02 (DKD-3)

Teplota: (20±1) °C

Zpetná návaznost na národní normály: Sada koncových merek , ocel / 0,5 az 100,0 mm / Ident-cís. 1 31 110 / P/12-056996
Univerzální délkomer SIP - 305 M / 0 - 300 mm / Ident-cís. 1 24 09 / C/13-008039
Nástavný trn / 5,003 mm / Ident-Nr. 1 32 67

Rozhodnutí podle DIN EN ISO 14253-1 **Meridlo je schopno provozu**

Datum	Kontrolor	Razítko/Podpis
14.7.2015	Müller	

Trescal GmbH - D 01844 Neustadt

Tento kalibracní list smí být použit pouze pouze v plné nezmenené forme.Výnatky a zmeny potrebují souhlas firmy Trescal. Kalibracní listy bez podpisu a razítka nemají žádnou platnost. Provedení kalibracních listu odpovídá požadavkum norem DIN EN ISO/IEC 17025, VDI/VDE/DGQ-R 2618 Bl. 1.

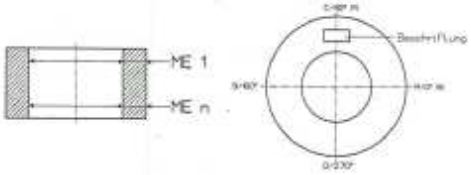
8.3 Kalibrační protokol pro nástavný kroužek ∅ 80,007 mm

Kalibracní protokol
Calibration Certificate

Trescal

Zákaznik	**HOFMEISTER s.r.o.**
	Plzen
Císlo zakázky	**108415**
Typ meridla	**Nástavný krouzek**
Stav meridla	**pouzitý**
Identifikacní císlo	**Dmi c.4**
Jmenovitý rozmer	**80,0060 mm**
Výrobce	**Bowers**
Merící postup	**VDI/VDE/DGQ 2618, Blatt 4.1; Option 4**
Norma	**DIN 2250 ; DIN ISO 286**

Kalibracní list cís.:
Certificate-No.:
C/15-015213



Vyhodnocení

Vizuální kontrola **Bez nálezu**

Prumer

Namerená hodnota (i	Hranice (mm)	Nejist. merení (mm	Posudek	Stav v tolerancním poli	ME	Pos.
80,0071	80,0030 - 80,0090	0,0006	i.O.	|..... X.....|	1	AB
80,0071	80,0030 - 80,0090	0,0006	i.O.	|..... X.....|	2	AB
80,0071	80,0030 - 80,0090	0,0006	i.O.	|..... X.....|	3	AB
80,0070	80,0030 - 80,0090	0,0006	i.O.	|..... X.....|	1	CD
80,0070	80,0030 - 80,0090	0,0006	i.O.	|..... X.....|	2	CD
80,0070	80,0030 - 80,0090	0,0006	i.O.	|..... X.....|	3	CD

Vysvetlivky i.O. - je v Toleranci (G a G'), n.i.O. - není v Toleranci (G a G'), (U) - ve spolehlivosti merení, n.gepr. - nemereno

Nejistota merení	Vyhodnocení nejistoty merení s k=2 shodne se smernicí EA-4/02 (DKD-3)
Teplota	(20±1) °C
Zpetná návaznost na národní normály	Sada koncových merek , ocel / 0,5 az 100,0 mm / Ident-cís. 1 31 110 / P/12-056996 Univerzální délkomer SIP - 305 M / 0 - 300 mm / Ident-cís. 1 24 09 / C/13-008039 Nástavný trn / 5,003 mm / Ident-Nr. 1 32 67
Rozhodnutí podle DIN EN ISO 14253-1	**Meridlo je schopno provozu**

Datum	Kontrolor	Razítko/Podpis
14.7.2015	Müller	

Trescal GmbH - D 01844 Neustadt

Tento kalibracní list smí být použit pouze pouzr v plné nezmenené forme Výnatky a zmeny potrebují souhlas firmy Trescal. Kalibracní listy bez podpisu a razítka nemají žádnou platnost. Provedení kalibracních listu odpovídá požadavkum norem DIN EN ISO/IEC 17025, VDI/VDE/DGQ-R. 2618 Bl. 1.

8.4 Zdrojový kód programu č. 1

```
$$DMISLAYER/'Default status settings'
DMISMN/'D',3.00
UNITS/MM,ANGDEC
WKPLAN/ZXPLAN
MODE/PROG,MAN
RECALL/D(MCS)
$$S(DOTEK1)=SNSDEF/PROBE,INDEX,POL,90.0000,180.0000,$
0.000000,0.000000,-1.000000,84.9799,3.9931
SNSLCT/S(DOTEK1)
V(FORMAT1)=VFORM/NOM,ACT,DEV,AMT
V(FORMAT2)=VFORM/DEV,AMT
V(FORMAT3)=VFORM/ACT
V(FORMAT4)=VFORM/NOM,ACT,DEV
V(FORMAT5)=VFORM/NOM,ACT
V(DEFAULT)=VFORM/NOM,ACT,DEV,AMT
DID(DEFLTDID) = DEVICE/STOR, $
 'C:\Program Files\Virtual DMIS\Users\hrabeta\Report\Default.Rep'
decl/char,10,today,now,cislo
DECL/char,10,blank,hdr1,hdr2,hdr3,hdr4
text/query,(cislo),10,an,l,'Vlož číslo kusu'
today=sdate()
now=stime()
text/outfil,' '
blank=' '
hdr1='                HOFMEISTER Plzeň                '
hdr2='            ================================'
hdr4='Číslo kusu                                    :- '
open/did(defltdid),direct,output,APPEND
write/did(defltdid),hdr1
write/did(defltdid),hdr2
write/did(defltdid),hdr4,blank,cislo
OPEN/DID(DEFLTDID), FDATA, V(FORMAT1), OUTPUT, APPEND
DISPLY/STOR, V(FORMAT1)
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPOINT', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DLINE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF, OFF, OFF, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPLANE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DSPHERE', ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCYLNDR', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCONE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DARC', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DELLIPS', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCPARLN', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
$$ENDLAYER
TEXT/OPER, 'Start bod (plusy 4-20, $
 priprav Dratek a 2-10) ak ut v prum 8H7 (vlevo nahore). Kus na velkem prizma $
, valec95H8 v ose Y, valec 30H8 v ose X dole, prum 120f7 vpredu.'
FLY/OFF
SNSET/APPRCH, 2.000000
SNSET/RETRCT, 2.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 2.500000
$$DMISLAYER/'Output settings'
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPOINT', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DLINE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF, OFF, OFF, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPLANE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, OFF
```

```
CALL/EXTERN, DME, 'V3DSPHERE', ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCYLNDR', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCONE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DARC', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DELLIPS', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCPARLN', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
DID(DEFLTDID) = DEVICE/STOR, $
 'C:\Program Files\Virtual DMIS\Users\hrabeta\Report\Default.Rep'
CLOSE/DID(DEFLTDID), KEEP
DISPLY/OFF
$$ENDLAYER
F(start)=FEAT/POINT, CART, 470.353277, 182.344747, 230.056510, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000
MEAS/POINT, F(start), 0
ENDMES
D(SS1)=TRANS/ XORIG, FA(start), YORIG, FA(start), ZORIG, FA(start)
GOTO/-0.000072, -9.606766, -0.000504
SNSET/APPRCH, 3.000000
SNSET/RETRCT, 3.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 3.500000
F(BOD1)=FEAT/POINT, CART, -8.530198, -1.398315, -5.476094, 0.000333, $
 -0.999999, -0.001000
MEAS/POINT, F(BOD1), 1
PTMEAS/CART, -8.530198, -1.398315, -5.476094, 0.000333, -0.999999, -0.001000
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD1)
D(SS2)=TRANS/ YORIG, FA(BOD1)
GOTO/-8.529398, -14.703880, -5.481397
GOTO/28.402320, -15.239958, -19.174047
F(POM) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 49.417846, 2.638729, -49.517913, 0.000000, $
 -1.000000, 0.000000,95.052873
MEAS/CIRCLE, F(pom), 4
PTMEAS/CART, 15.198352, 2.632680, -16.534801, 0.719994, 0.000000, -0.693980
PTMEAS/CART, 88.335758, 2.633180, -22.240495, -0.818887, 0.000000, -0.573955
PTMEAS/CART, 84.887451, 2.644539, -81.152849, -0.746297, 0.000000, 0.665613
PTMEAS/CART, 11.017133, 2.644519, -77.518824, 0.808004, 0.000000, 0.589178
ENDMES
OUTPUT/FA(pom)
D(SS3)=TRANS/ XORIG, FA(POM), ZORIG, FA(POM)
SNSET/RETRCT, 2.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 2.500000
GOTO/44.292786, 2.541092, -0.208174
F(BOD2)=FEAT/POINT, CART, 49.909615, 2.542340, -8.119790, 0.000666, 0.000000, $
 1.000000
MEAS/POINT, F(BOD2), 1
PTMEAS/CART, 49.909615, 2.542340, -8.119790, 0.000666, 0.000000, 1.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD2)
F(BOD3)=FEAT/POINT, CART, 50.271505, 2.539786, 7.898336, -0.000665, 0.000000, $
 -1.000000
MEAS/POINT, F(BOD3), 1
PTMEAS/CART, 50.271505, 2.539786, 7.898336, -0.000665, 0.000000, -1.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD3)
F(BOD4)=FEAT/POINT, CART, 53.375492, 2.542585, 3.701843, -0.999999, $
 -0.000997, 0.000665
```

```
MEAS/POINT, F(BOD4), 1
PTMEAS/CART, 53.375492, 2.542585, 3.701843, -0.999999, -0.000997, 0.000665
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD4)
F(BOD5)=FEAT/POINT, CART, 53.409039, 2.541728, -3.980621, -0.999996, $
 0.000333, 0.002667
MEAS/POINT, F(BOD5), 1
PTMEAS/CART, 53.409039, 2.541728, -3.980621, -0.999996, 0.000333, 0.002667
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD5)
GOTO/36.304232, 2.311727, -1.102026
F(VAL1) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, 0.037213, 64.404769, -0.020638, 0.000635, $
 1.000000, -0.000290,95.049030,128.228243
MEAS/CYLNDR, F(VAL1), 14
PTMEAS/CART, -46.577082, 0.328930, -9.516997, 0.979762, -0.000564, 0.200165
PTMEAS/CART, -37.157190, 0.321974, 29.642161, 0.781676, -0.000677, -0.623684
PTMEAS/CART, 0.555257, 0.317893, 47.509992, -0.011759, -0.000283, -0.999931
PTMEAS/CART, 37.498287, 0.319302, 29.194794, -0.789058, 0.000323, -0.614318
PTMEAS/CART, 44.901591, 0.326799, -15.603093, -0.944615, 0.000695, 0.328181
PTMEAS/CART, 19.831356, 0.332964, -43.183214, -0.417410, 0.000529, 0.908718
PTMEAS/CART, -26.838106, 0.333835, -39.218144, 0.564721, -0.000119, 0.825282
GOTO/-14.822475, -27.686165, -18.399500
GOTO/-2.363194, -27.706688, 111.044474
GOTO/8.873198, 364.446120, 111.044052
SNSLCT/S(DOTEK2)
GOTO/13.507672, 173.153232, 16.842537
PTMEAS/CART, 39.181248, 128.478585, 26.965385, -0.822851, 0.000358, -0.568258
PTMEAS/CART, -3.554042, 128.476985, 47.344590, 0.076425, -0.000338, -0.997075
PTMEAS/CART, -39.835187, 128.481628, 25.755767, 0.839868, -0.000691, -0.542790
PTMEAS/CART, -44.783899, 128.488770, -15.719061, 0.944001, -0.000504, 0.329942
PTMEAS/CART, -28.301196, 128.492495, -38.157521, 0.597173, -0.000146, 0.802112
PTMEAS/CART, 17.409095, 128.492152, -44.289158, -0.364691, 0.000502, 0.931128
PTMEAS/CART, 45.780439, 128.485184, -13.067521, -0.961688, 0.000690, 0.274145
ENDMES
OUTPUT/FA(VAL1)
D(SS4) = DATSET/FA(VAL1), YDIR, XORIG, ZORIG
WKPLAN/ZXPLAN
D(SS5)=TRANS/ XORIG, FA(VAL1), YORIG, FA(VAL1), ZORIG, FA(VAL1)
GOTO/39.275822, 63.738459, 0.682731
F(BOD6)=FEAT/POINT, CART, 49.682432, 61.542805, -8.079406, 0.000000, $
 -0.000290, 1.000000
MEAS/POINT, F(BOD6), 1
PTMEAS/CART, 49.682432, 61.542805, -8.079406, 0.000000, -0.000290, 1.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD6)
F(BOD7)=FEAT/POINT, CART, 49.680917, 61.538825, 7.959757, 0.000331, $
 -0.000041, -1.000000
MEAS/POINT, F(BOD7), 1
PTMEAS/CART, 49.680917, 61.538825, 7.959757, 0.000331, -0.000041, -1.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD7)
F(BOD8)=FEAT/POINT, CART, 53.208212, 61.543256, 3.340685, -0.999999, $
 -0.000304, -0.000992
MEAS/POINT, F(BOD8), 1
PTMEAS/CART, 53.208212, 61.543256, 3.340685, -0.999999, -0.000304, -0.000992
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD8)
F(BOD9)=FEAT/POINT, CART, 52.932161, 61.551328, -4.927313, -0.839472, $
 -0.001354, 0.543402
MEAS/POINT, F(BOD9), 1
```

```
PTMEAS/CART, 52.932161, 61.551328, -4.927313, -0.839472, -0.001354, 0.543402
ENDMES
OUTPUT/FA(BOD9)
F(BOD10)=FEAT/POINT, CART, 50.092624, -61.831878, -0.108034, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000
CONST/POINT, F(BOD10), MIDPT, FA(BOD2), FA(BOD3)
OUTPUT/FA(BOD10)
F(BOD11)=FEAT/POINT, CART, 49.681674, 61.540815, -0.059824, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000
CONST/POINT, F(BOD11), MIDPT, FA(BOD6), FA(BOD7)
OUTPUT/FA(BOD11)
F(BOD12)=FEAT/POINT, CART, 49.887149, -0.145531, -0.083929, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000
CONST/POINT, F(BOD12), MIDPT, FA(BOD10), FA(BOD11)
OUTPUT/FA(BOD12)
WKPLAN/ZXPLAN
F(PRIM1)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 24.943575, -0.072766, -0.041964, -0.999994, $
 0.002917, 0.001682,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM1),BF,FA(VAL1),FA(BOD12)
OUTPUT/FA(PRIM1)
D(SS6) = ROTATE/YAXIS, FA(PRIM1), -XDIR
GOTO/46.852770, 80.715050, -3.486735
GOTO/70.088561, 80.729038, -3.445231
F(KRUH1) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.010468, 63.231843, 0.003438, $
 -0.000000, 1.000000, 0.000000,124.918505
MEAS/CIRCLE, F(KRUH1), 7
PTMEAS/CART, 58.878779, 63.281088, -20.865032, 0.942530, -0.000000, -0.334121
GOTO/47.695757, 63.288284, -52.324625
PTMEAS/CART, 17.943990, 63.274728, -59.829525, 0.287107, 0.000000, -0.957898
GOTO/-21.518766, 63.254171, -70.612080
PTMEAS/CART, -35.800569, 63.235183, -51.163716, -0.573398, 0.000000, -0.819277
GOTO/-70.392905, 63.210243, -44.779774
PTMEAS/CART, -60.590392, 63.200562, -15.130750, -0.970203, 0.000000, -0.242294
GOTO/-72.357361, 63.182833, 9.390623
PTMEAS/CART, -50.173397, 63.181733, 37.191096, -0.803447, 0.000000, 0.595377
GOTO/-37.866572, 63.177848, 70.720020
PTMEAS/CART, -7.645953, 63.199459, 61.989323, -0.122587, 0.000000, 0.992458
GOTO/43.793023, 63.230413, 66.557229
PTMEAS/CART, 52.630495, 63.250148, 33.655269, 0.842453, 0.000000, 0.538770
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH1)
F(ROV4) = FEAT/PLANE, CART, -12.205879, 57.567164, 6.422034, -0.000096, $
 1.000000, 0.000131
MEAS/PLANE,F(ROV4),5
PTMEAS/CART, 57.006032, 57.568332, 47.766084, -0.000096, 1.000000, 0.000131
GOTO/68.760538, 61.852732, -9.605970
PTMEAS/CART, 48.981584, 57.581066, -52.723961, -0.000096, 1.000000, 0.000131
GOTO/-2.542086, 63.966808, -73.754007
PTMEAS/CART, -65.695686, 57.568704, -49.673775, -0.000096, 1.000000, 0.000131
GOTO/-75.274210, 62.997588, -1.154583
PTMEAS/CART, -68.001010, 57.560813, 23.692203, -0.000096, 1.000000, 0.000131
PTMEAS/CART, -33.320314, 57.556906, 63.049621, -0.000096, 1.000000, 0.000131
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV4)
GOTO/-53.682167, 80.526641, 54.837999
GOTO/81.261574, 102.942211, 50.452854
SNSLCT/S(DOTEK3)
GOTO/90.997783, 184.567246, 49.967947
GOTO/89.217060, -6.634658, -50.482632
WKPLAN/YZPLAN
```

```
F(KRUH2) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 63.491354, -7.441890, -49.869472, $
 1.000000, -0.000000, 0.000000,30.038927
MEAS/CIRCLE, F(KRUH2), 7
PTMEAS/CART, 63.476729, 5.970640, -43.109454, -0.000000, -0.892991, -0.450074
PTMEAS/CART, 63.492837, 6.967470, -54.108930, -0.000000, -0.959340, 0.282253
PTMEAS/CART, 63.513317, -2.786987, -64.150001, -0.000000, -0.309913, 0.950765
PTMEAS/CART, 63.513888, -19.552863, -58.750653, 0.000000, 0.806411, 0.591355
PTMEAS/CART, 63.496147, -21.945618, -45.966322, -0.000000, 0.965644, -0.259868
PTMEAS/CART, 63.474133, -10.686312, -35.203276, 0.000000, 0.215996, -0.976394
PTMEAS/CART, 63.472429, 3.041790, -39.116939, -0.000000, -0.698099, -0.716001
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH2)
GOTO/85.676642, -5.328106, -46.316889
SNSLCT/S(DOTEK1)
GOTO/141.225088, -97.923181, 8.540694
WKPLAN/ZXPLAN
F(KRUH3) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.012612, -66.829471, -0.006610, $
 0.000000, -1.000000, -0.000000,119.946389
MEAS/CIRCLE, F(KRUH3), 7
PTMEAS/CART, 59.691899, -66.795202, 5.933928, 0.995082, 0.000000, 0.099052
GOTO/67.463152, -66.777079, -23.103776
PTMEAS/CART, 45.526052, -66.781302, -39.061449, 0.758900, 0.000000, -0.651208
GOTO/35.007265, -66.776157, -64.853743
PTMEAS/CART, -0.529306, -66.800215, -59.976459, -0.009036, -0.000000, -0.999959
GOTO/-44.442994, -66.826421, -64.223431
PTMEAS/CART, -50.229464, -66.845954, -32.756127, -0.837741, -0.000000, -0.546068
GOTO/-66.726263, -66.864968, -14.892489
PTMEAS/CART, -58.056170, -66.875027, 14.994052, -0.968216, 0.000000, 0.250115
GOTO/-55.874430, -66.886890, 46.033747
PTMEAS/CART, -30.391062, -66.874784, 51.686440, -0.506971, 0.000000, 0.861963
GOTO/3.426027, -66.860010, 71.929018
PTMEAS/CART, 32.343651, -66.833816, 50.505765, 0.539091, 0.000000, 0.842248
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH3)
F(ROV1) = FEAT/PLANE, POL, 1.295657, 277.455430, -64.444909, 0.000023, $
 -1.000000, -0.000068
MEAS/PLANE,F(ROV1),7
PTMEAS/POL, 69.000000, 31.848758, -64.444520, 0.000023, -1.000000, -0.000068
GOTO/55.552877, -67.745043, 48.019228
PTMEAS/POL, 69.000000, 80.606389, -64.448301, 0.000023, -1.000000, -0.000068
GOTO/67.917536, -68.786541, -18.017056
PTMEAS/POL, 69.000000, 129.076183, -64.440575, 0.000023, -1.000000, -0.000068
GOTO/26.636870, -68.307474, -62.798574
PTMEAS/POL, 69.000000, 189.283598, -64.437641, 0.000023, -1.000000, -0.000068
GOTO/-44.877744, -70.017073, -56.485927
PTMEAS/POL, 69.000000, 236.711592, -64.443988, 0.000023, -1.000000, -0.000068
GOTO/-70.080082, -68.819298, -11.974697
PTMEAS/POL, 69.000000, 286.598788, -64.451032, 0.000023, -1.000000, -0.000068
GOTO/-55.780323, -66.944122, 45.518507
PTMEAS/POL, 69.000000, 332.415119, -64.448309, 0.000023, -1.000000, -0.000068
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV1)
GOTO/-49.444864, -70.483536, 49.393285
F(KRUH4) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 69.900805, 314.932654, -61.362789, $
 0.000000, -1.000000, -0.000000,8.008881
MEAS/CIRCLE, F(KRUH4), 6
PTMEAS/POL, 73.838322, 314.359807, -61.364555, 0.826058, -0.000000, -0.563585
PTMEAS/POL, 68.491180, 318.036554, -61.362114, -0.921107, 0.000000, -0.389310
PTMEAS/POL, 66.396651, 313.301199, -61.361725, -0.290789, -0.000000, 0.956787
PTMEAS/POL, 69.911521, 311.649755, -61.363245, 0.687651, -0.000000, 0.726041
```

```
PTMEAS/POL, 66.237815, 316.292985, -61.361193, -0.928456, -0.000000, 0.371443
PTMEAS/POL, 73.265212, 316.674289, -61.363899, 0.195977, 0.000000, -0.980609
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH4)
GOTO/-49.669675, -77.986359, 49.689901
F(ROV2) = FEAT/PLANE, CART, -1.601653, -69.416021, 2.416475, 0.000046, $
 -1.000000, -0.000113
MEAS/PLANE,F(ROV2),5
PTMEAS/CART, -34.468369, -69.422448, 39.245975, 0.000046, -1.000000, -0.000113
PTMEAS/CART, 29.303527, -69.417761, 42.920258, 0.000046, -1.000000, -0.000113
PTMEAS/CART, 49.485625, -69.413206, -15.265005, 0.000046, -1.000000, -0.000113
PTMEAS/CART, -0.139101, -69.408828, -51.226347, 0.000046, -1.000000, -0.000113
PTMEAS/CART, -52.189945, -69.417864, -3.592509, 0.000046, -1.000000, -0.000113
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV2)
GOTO/-42.480603, -91.531207, -3.582616
SNSLCT/S(DOTEK7)
GOTO/-93.066127, -174.427766, -3.698622
GOTO/-100.376992, -10.357366, -49.224327
WKPLAN/YZPLAN
F(KRUH5) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -58.293218, -7.476656, -50.084122, $
 -1.000000, 0.000000, 0.000000,30.042842
MEAS/CIRCLE, F(KRUH5), 7
PTMEAS/CART, -58.286497, 3.713144, -60.111579, 0.000000, -0.744727, 0.667369
PTMEAS/CART, -58.306675, 7.434985, -48.267508, 0.000000, -0.992661, -0.120931
PTMEAS/CART, -58.319240, -0.629957, -36.715812, -0.000000, -0.455850, -0.890056
PTMEAS/CART, -58.307723, -16.947325, -38.426364, 0.000000, 0.630542, -0.776155
PTMEAS/CART, -58.286241, -22.487328, -50.772250, -0.000000, 0.998951, 0.045794
PTMEAS/CART, -58.271762, -14.570103, -63.320813, -0.000000, 0.472344, 0.881414
PTMEAS/CART, -58.274391, -5.016717, -64.900500, -0.000000, -0.163786, 0.986496
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH5)
GOTO/-152.487861, -8.737895, -51.231577
TEXT/OPER, 'Vymena doteku - nasad DRATEK '
SNSLCT/S(DOTEK6)
GOTO/-64.969038, 12.332217, -61.674113
SNSET/APPRCH, 0.800000
SNSET/RETRCT, 0.800000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 1.000000
F(KRUH6) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -60.464422, 12.451233, -61.634338, $
 -1.000000, 0.000000, 0.000000,3.510676
MEAS/CIRCLE, F(KRUH6), 4
PTMEAS/CART, -60.465264, 14.204976, -61.704235, 0.000000, -0.999207, 0.039824
PTMEAS/CART, -60.464007, 10.696946, -61.689563, -0.000000, 0.999505, 0.031464
PTMEAS/CART, -60.462950, 12.543115, -63.387470, -0.000000, -0.052339, 0.998629
PTMEAS/CART, -60.465467, 12.547797, -59.881472, -0.000000, -0.055006, -0.998486
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH6)
GOTO/-65.383536, 12.358359, -61.682334
GOTO/-65.936707, -27.624026, -61.726175
F(KRUH7) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -59.813831, -27.421561, -61.603969, $
 -1.000000, 0.000000, 0.000000,3.541105
MEAS/CIRCLE, F(KRUH7), 4
PTMEAS/CART, -59.814219, -25.667061, -61.838903, -0.000000, -0.991154, 0.132719
PTMEAS/CART, -59.813243, -29.174257, -61.852200, -0.000000, 0.990119, 0.140229
PTMEAS/CART, -59.812396, -27.356307, -63.373750, -0.000000, -0.036846, 0.999321
PTMEAS/CART, -59.815466, -27.353301, -59.834405, -0.000000, -0.038546, -0.999257
ENDMES
```

```
OUTPUT/FA(KRUH7)
GOTO/-64.831281, -27.805113, -61.740984
GOTO/-64.954452, -7.609244, -27.182880
F(KRUH8) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -59.933680, -7.469393, -27.135498, $
 -1.000000, 0.000000, 0.000000,3.483541
MEAS/CIRCLE, F(KRUH8), 4
PTMEAS/CART, -59.934100, -5.732764, -27.223882, -0.000000, -0.998707, 0.050829
PTMEAS/CART, -59.933358, -9.206063, -27.230688, -0.000000, 0.998501, 0.054730
PTMEAS/CART, -59.932443, -7.341348, -28.875399, -0.000000, -0.073395, 0.997303
PTMEAS/CART, -59.934820, -7.337961, -25.396133, 0.000000, -0.075348, -0.997157
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH8)
GOTO/-89.168656, -9.433941, -26.997706
SNSLCT/S(DOTEK4)
GOTO/-127.376965, 107.959588, -26.966631
GOTO/-60.041209, 62.923726, -60.515167
WKPLAN/ZXPLAN
SNSET/APPRCH, 2.000000
SNSET/RETRCT, 2.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 2.500000
F(KRUH9) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -59.951739, 54.785158, -60.171403, $
 -0.000000, 1.000000, 0.000000,8.490941
MEAS/CIRCLE, F(KRUH9), 4
PTMEAS/CART, -60.054330, 54.786322, -64.419506, 0.024143, -0.000000, 0.999709
PTMEAS/CART, -60.070812, 54.783422, -55.924660, 0.028028, 0.000000, -0.999607
PTMEAS/CART, -64.153033, 54.783545, -60.757468, 0.990410, 0.000000, 0.138158
PTMEAS/CART, -55.748286, 54.787343, -60.743110, -0.990877, 0.000000, 0.134768
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH9)
GOTO/-59.838883, 74.645668, -60.607239
GOTO/59.962788, 77.727969, -60.405720
F(KRUH10) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 60.242267, 55.548267, -60.017637, $
 -0.000000, 1.000000, 0.000000,8.536448
MEAS/CIRCLE, F(KRUH10), 4
PTMEAS/CART, 59.903847, 55.547018, -64.265752, 0.079412, 0.000000, 0.996842
PTMEAS/CART, 59.888499, 55.545693, -55.769578, 0.082990, -0.000000, -0.996550
PTMEAS/CART, 55.988780, 55.548105, -60.443705, 0.995021, 0.000000, 0.099670
PTMEAS/CART, 64.496251, 55.552252, -60.428553, -0.995367, -0.000000, 0.096148
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH10)
GOTO/61.001449, 75.389521, -60.331778
GOTO/59.881886, 75.349169, 59.522276
F(KRUH11) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 60.091296, 55.421565, 60.203134, $
 -0.000000, 1.000000, 0.000000,8.495485
MEAS/CIRCLE, F(KRUH11), 4
PTMEAS/CART, 58.944689, 55.422107, 56.108105, 0.269630, -0.000000, 0.962964
PTMEAS/CART, 60.087188, 55.420193, 64.454613, 0.000966, -0.000000, -1.000000
PTMEAS/CART, 55.872844, 55.419834, 59.748965, 0.994254, 0.000000, 0.107044
PTMEAS/CART, 64.316412, 55.424125, 59.801786, -0.995519, 0.000000, 0.094565
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH11)
GOTO/59.793064, 80.249974, 59.894962
GOTO/-60.619287, 80.574651, 59.683310
F(KRUH12) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -60.101870, 55.014867, 60.015659, $
 -0.000000, 1.000000, 0.000000,8.484599
MEAS/CIRCLE, F(KRUH12), 4
PTMEAS/CART, -60.895283, 55.011532, 55.855240, 0.187329, 0.000000, 0.982297
PTMEAS/CART, -60.910528, 55.011992, 64.175629, 0.190819, -0.000000, -0.981625
```

PTMEAS/CART, -64.252832, 55.014617, 59.107802, 0.976908, 0.000000, 0.213660
PTMEAS/CART, -55.947633, 55.021328, 59.133442, -0.978186, 0.000000, 0.207733
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH12)
GOTO/-60.559560, 85.255832, 59.342909
SNSET/APPRCH, 0.800000
SNSET/RETRCT, 0.800000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 1.000000
GOTO/-48.662905, 72.348992, 27.696020
F(KRUH13) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -48.484771, 67.305083, 27.986316, $
-0.000000, 1.000000, 0.000000,3.433306
MEAS/CIRCLE, F(KRUH13), 4
PTMEAS/CART, -48.902195, 67.297491, 26.318760, 0.242828, 0.000000, 0.970069
PTMEAS/CART, -48.402338, 67.305244, 29.702879, -0.047967, -0.000000, -0.998849
PTMEAS/CART, -50.190517, 67.306946, 27.815396, 0.995017, 0.000000, 0.099703
PTMEAS/CART, -46.776357, 67.310653, 27.838761, -0.996291, -0.000000, 0.086049
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH13)
GOTO/-48.564965, 71.983454, 27.921773
GOTO/-48.670220, 71.370425, -28.343526
F(KRUH14) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -48.367133, 67.467406, -28.039004, $
-0.000000, 1.000000, 0.000000,3.440890
MEAS/CIRCLE, F(KRUH14), 4
PTMEAS/CART, -49.080800, 67.436073, -29.591271, 0.417724, -0.000000, 0.908574
PTMEAS/CART, -49.091597, 67.474028, -26.487041, 0.422988, 0.000000, -0.906135
PTMEAS/CART, -50.066768, 67.477653, -28.385105, 0.979890, 0.000000, 0.199537
PTMEAS/CART, -46.673396, 67.481870, -28.371536, -0.981267, 0.000000, 0.192652
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH14)
GOTO/-48.447405, 72.139273, -28.181415
GOTO/-0.098214, 70.933278, -56.058852
F(KRUH15) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 0.145376, 67.385476, -55.993260, $
-0.000000, 1.000000, 0.000000,3.421949
MEAS/CIRCLE, F(KRUH15), 4
PTMEAS/CART, -0.428809, 67.381348, -57.602465, 0.336061, 0.000000, 0.941840
PTMEAS/CART, -0.436362, 67.383179, -54.384790, 0.340111, 0.000000, -0.940385
PTMEAS/CART, -1.184135, 67.387136, -57.073627, 0.776074, -0.000000, 0.630641
PTMEAS/CART, 1.619246, 67.390244, -56.863799, -0.861025, 0.000000, 0.508563
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH15)
GOTO/-0.028157, 73.185929, -56.361948
GOTO/48.315310, 71.225279, -28.214848
F(KRUH16) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 48.614415, 67.306374, -27.885376, $
-0.000000, 1.000000, 0.000000,3.415965
MEAS/CIRCLE, F(KRUH16), 4
PTMEAS/CART, 47.905497, 67.196613, -29.432999, 0.416456, -0.000000, 0.909156
PTMEAS/CART, 47.897462, 67.339870, -26.338852, 0.420592, 0.000000, -0.907250
PTMEAS/CART, 46.956168, 67.342832, -28.320942, 0.967191, 0.000000, 0.254049
PTMEAS/CART, 50.291847, 67.346182, -28.220290, -0.980645, -0.000000, 0.195795
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH16)
GOTO/48.519739, 71.591306, -28.026786
GOTO/48.196019, 71.174956, 27.720354
F(KRUH17) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 48.503442, 67.130486, 28.095242, $
-0.000000, 1.000000, 0.000000,3.408065
MEAS/CIRCLE, F(KRUH17), 4
PTMEAS/CART, 47.772879, 66.871765, 26.561733, 0.430088, 0.000000, 0.902787
PTMEAS/CART, 47.763252, 67.213645, 29.626567, 0.435193, 0.000000, -0.900337

```
PTMEAS/CART, 46.851103, 67.216500, 27.653865, 0.966125, -0.000000, 0.258074
PTMEAS/CART, 50.187481, 67.220034, 27.820010, -0.986906, 0.000000, 0.161295
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH17)
GOTO/48.406422, 72.307842, 27.977850
GOTO/-0.420615, 73.049156, 55.783329
F(KRUH18) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -0.011071, 66.849171, 56.027281, $
 -0.000000, 1.000000, 0.000000,3.409822
MEAS/CIRCLE, F(KRUH18), 4
PTMEAS/CART, -0.437221, 66.845103, 54.378072, 0.250179, 0.000000, 0.968199
PTMEAS/CART, -0.447746, 66.847449, 57.674728, 0.256214, 0.000000, -0.966620
PTMEAS/CART, -1.541323, 66.850361, 55.272525, 0.896845, 0.000000, 0.442345
PTMEAS/CART, 1.520161, 66.853770, 55.275861, -0.897732, -0.000000, 0.440543
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH18)
GOTO/-0.170425, 118.526036, 55.725876
SNSLCT/S(DOTEK5)
GOTO/96.734073, 219.621199, 55.823236
GOTO/81.843501, 9.026524, -59.500797
WKPLAN/YZPLAN
F(KRUH19) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 68.340121, 9.072692, -59.270627, $
 1.000000, -0.000000, 0.000000,3.427926
MEAS/CIRCLE, F(KRUH19), 4
PTMEAS/CART, 68.343468, 8.948641, -60.976282, 0.000000, 0.072538, 0.997366
PTMEAS/CART, 68.339574, 8.954204, -57.563853, 0.000000, 0.069256, -0.997599
PTMEAS/CART, 68.338562, 10.780673, -59.447925, 0.000000, -0.994655, 0.103251
PTMEAS/CART, 68.338881, 7.364628, -59.451843, -0.000000, 0.994419, 0.105502
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH19)
GOTO/72.594893, 9.156277, -59.339297
GOTO/72.706961, -7.726192, -30.786775
F(KRUH20) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 68.325694, -7.462997, -30.809765, $
 1.000000, -0.000000, 0.000000,3.427102
MEAS/CIRCLE, F(KRUH20), 4
PTMEAS/CART, 68.327224, -5.745661, -30.771913, 0.000000, -0.999757, -0.022036
PTMEAS/CART, 68.326833, -9.179512, -30.771024, -0.000000, 0.999745, -0.022564
PTMEAS/CART, 68.326602, -7.284296, -32.510236, 0.000000, -0.104514, 0.994523
PTMEAS/CART, 68.322119, -7.281863, -29.109724, -0.000000, -0.105947, -0.994372
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH20)
GOTO/73.855073, -7.381666, -30.886103
GOTO/71.767874, -23.820431, -59.455627
F(KRUH21) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 67.960368, -23.875716, -59.299660, $
 1.000000, -0.000000, 0.000000,3.414915
MEAS/CIRCLE, F(KRUH21), 4
PTMEAS/CART, 67.960029, -22.207834, -59.687918, -0.000000, -0.973959, 0.226723
PTMEAS/CART, 67.960904, -25.543036, -59.684787, 0.000000, 0.974345, 0.225060
PTMEAS/CART, 67.961444, -23.636674, -60.984854, 0.000000, -0.140442, 0.990089
PTMEAS/CART, 67.959097, -23.643230, -57.611524, -0.000000, -0.136430, -0.990650
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH21)
GOTO/94.264083, -23.762251, -59.346167
SNSLCT/S(DOTEK8)
GOTO/117.117524, -79.960663, -59.281239
GOTO/60.598220, -70.540350, -59.397821
WKPLAN/ZXPLAN
SNSET/APPRCH, 2.000000
SNSET/RETRCT, 2.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
```

```
SNSET/CLRSRF, 2.500000
F(KRUH22) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 60.346903, -61.850415, -59.999970, $
 0.000000, -1.000000, -0.000000,8.468400
MEAS/CIRCLE, F(KRUH22), 4
PTMEAS/CART, 56.117936, -61.852482, -59.908438, 0.999766, -0.000000, -0.021639
PTMEAS/CART, 64.575681, -61.848097, -59.893608, -0.999684, 0.000000, -0.025144
PTMEAS/CART, 60.274216, -61.849073, -64.237612, 0.017150, -0.000000, 0.999853
PTMEAS/CART, 60.258949, -61.852007, -55.762422, 0.020751, 0.000000, -0.999785
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH22)
GOTO/60.237623, -78.090588, -59.162499
GOTO/60.080879, -78.242061, 60.336412
F(KRUH23) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 60.075563, -62.171505, 60.222583, $
 0.000000, -1.000000, -0.000000,8.496881
MEAS/CIRCLE, F(KRUH23), 4
PTMEAS/CART, 55.836099, -62.173375, 60.368148, 0.999411, 0.000000, -0.034315
PTMEAS/CART, 64.315897, -62.169772, 60.378176, -0.999327, 0.000000, -0.036669
PTMEAS/CART, 59.635242, -62.170128, 55.991335, 0.103505, 0.000000, 0.994629
PTMEAS/CART, 59.628027, -62.172746, 64.453494, 0.105191, 0.000000, -0.994452
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH23)
GOTO/58.984075, -81.449067, 60.466221
GOTO/-60.284854, -79.329761, 60.255734
F(KRUH24) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -60.108287, -61.546526, 59.936370, $
 0.000000, -1.000000, -0.000000,8.484324
MEAS/CIRCLE, F(KRUH24), 4
PTMEAS/CART, -64.334810, -61.547926, 59.591024, 0.996678, 0.000000, 0.081438
PTMEAS/CART, -55.880247, -61.544671, 59.606487, -0.996970, -0.000000, 0.077786
PTMEAS/CART, -60.519958, -61.545707, 55.712696, 0.097008, -0.000000, 0.995284
PTMEAS/CART, -60.538308, -61.547801, 64.157987, 0.101337, -0.000000, -0.994852
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH24)
GOTO/-60.467003, -78.528913, 60.513245
GOTO/-60.332817, -88.201646, -59.963481
F(KRUH25) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -59.848342, -61.610559, -60.250359, $
 0.000000, -1.000000, -0.000000,8.451306
MEAS/CIRCLE, F(KRUH25), 4
PTMEAS/CART, -64.069545, -61.612298, -60.406238, 0.999319, 0.000000, 0.036902
PTMEAS/CART, -55.625816, -61.608515, -60.385698, -0.999487, 0.000000, 0.032035
PTMEAS/CART, -60.908861, -61.609279, -64.342126, 0.250894, 0.000000, 0.968015
PTMEAS/CART, -60.835656, -61.612144, -56.140414, 0.233580, -0.000000, -0.972338
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH25)
GOTO/-59.967725, -81.045051, -58.932853
GOTO/-60.413150, -81.157167, 200.224389
SNSLCT/S(DR)
GOTO/-15.026499, -32.844375, 81.441104
SNSET/APPRCH, 0.800000
SNSET/RETRCT, 0.800000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 1.000000
WKPLAN/XYPLAN
F(KRUH26) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -15.079642, -32.983160, 62.803690, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,3.434284
MEAS/CIRCLE, F(KRUH26), 4
PTMEAS/CART, -16.761898, -32.637081, 62.802929, 0.979488, -0.201504, -0.000000
PTMEAS/CART, -13.398986, -32.629052, 62.804928, -0.978516, -0.206170, -0.000000
PTMEAS/CART, -14.922333, -31.273696, 62.803966, -0.091636, -0.995793, -0.000000
PTMEAS/CART, -14.924469, -34.692975, 62.802937, -0.090383, 0.995907, 0.000000
```

```
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH26)
GOTO/-15.025104, -32.902150, 68.334898
GOTO/14.830797, -32.380193, 67.177899
F(KRUH27) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 14.913377, -32.949434, 63.770234, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,3.494056
MEAS/CIRCLE, F(KRUH27), 4
PTMEAS/CART, 13.307115, -32.265155, 63.768096, 0.919997, -0.391926, -0.000000
PTMEAS/CART, 16.516778, -32.257752, 63.773247, -0.918207, -0.396100, -0.000000
PTMEAS/CART, 14.662617, -31.219166, 63.768865, 0.143427, -0.989661, -0.000000
PTMEAS/CART, 14.673916, -34.680545, 63.770729, 0.137023, 0.990568, -0.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH27)
GOTO/14.798747, -32.894768, 69.914162
GOTO/14.798803, 37.625645, 67.816620
F(KRUH28) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 14.884157, 37.053554, 63.107415, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,3.439990
MEAS/CIRCLE, F(KRUH28), 4
PTMEAS/CART, 13.267360, 37.646690, 63.108493, 0.938818, -0.344414, 0.000000
PTMEAS/CART, 16.497411, 37.654435, 63.107612, -0.937108, -0.349041, 0.000000
PTMEAS/CART, 14.601135, 38.747571, 63.107417, 0.164788, -0.986329, 0.000000
PTMEAS/CART, 14.610681, 35.356654, 63.106138, 0.159109, 0.987261, 0.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH28)
GOTO/14.754630, 37.139171, 70.501886
GOTO/-15.143838, 37.135759, 67.530177
F(KRUH29) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -15.135947, 37.019720, 63.077232, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,3.451788
MEAS/CIRCLE, F(KRUH29), 4
PTMEAS/CART, -15.138060, 38.747581, 63.079664, 0.001223, -0.999999, 0.000000
PTMEAS/CART, -15.139169, 35.293027, 63.076865, 0.001866, 0.999998, -0.000000
PTMEAS/CART, -16.702360, 37.741025, 63.075680, 0.908324, -0.418267, 0.000000
PTMEAS/CART, -13.573183, 37.748897, 63.076718, -0.906208, -0.422831, 0.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH29)
GOTO/-15.364365, 37.308844, 118.345588
TEXT/OPER, 'Vymena doteku, nasad 2-10'
SNSLCT/S(2-10)
GOTO/-15.117345, -40.700156, 72.895840
F(KRUH30) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -15.055481, -40.964285, 62.722828, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,4.018865
MEAS/CIRCLE, F(KRUH30), 6
PTMEAS/CART, -16.448808, -39.502034, 62.723049, 0.689838, -0.723963, -0.000000
PTMEAS/CART, -14.083925, -39.192994, 62.724791, -0.480910, -0.876770, -0.000000
PTMEAS/CART, -14.992122, -42.977376, 62.722702, -0.031458, 0.999505, 0.000000
PTMEAS/CART, -16.960186, -41.591216, 62.720415, 0.949869, 0.312648, -0.000000
PTMEAS/CART, -13.758361, -42.493061, 62.723234, -0.646971, 0.762515, 0.000000
PTMEAS/CART, -15.140166, -38.973751, 62.722774, 0.042505, -0.999096, -0.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH30)
GOTO/-14.954532, -40.772904, 68.262998
GOTO/14.985726, -40.929200, 67.417114
F(KRUH31) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 14.958792, -40.939203, 62.619494, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,3.992995
MEAS/CIRCLE, F(KRUH31), 6
PTMEAS/CART, 14.099289, -39.124138, 62.620166, 0.427979, -0.903789, 0.000000
PTMEAS/CART, 16.486854, -39.657728, 62.621473, -0.766222, -0.642576, 0.000000
PTMEAS/CART, 15.197555, -42.896698, 62.619374, -0.121076, 0.992643, -0.000000
PTMEAS/CART, 13.562919, -42.363020, 62.617790, 0.700065, 0.714079, -0.000000
PTMEAS/CART, 15.587619, -42.862640, 62.618708, -0.310744, 0.950494, -0.000000
```

```
PTMEAS/CART, 15.066806, -38.955261, 62.619453, -0.054363, -0.998521, 0.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH31)
GOTO/14.971760, -40.527384, 92.902636
GOTO/-92.890446, 137.327950, 163.050452
F(ROV3) = FEAT/PLANE, CART, 53.234207, -0.138827, -0.380119, -0.999895, $
 -0.002536, 0.014234
CONST/PLANE,F(ROV3),BF,FA(BOD4),FA(BOD5),FA(BOD8),FA(BOD9)
OUTPUT/FA(ROV3)
WKPLAN/YZPLAN
F(KRUH32) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, -60.072971, -7.478665, -50.141420, $
 1.000000, 0.000000, -0.000000,46.004678
CONST/CIRCLE,F(KRUH32),BF,FA(KRUH6),FA(KRUH7),FA(KRUH8)
OUTPUT/FA(KRUH32)
WKPLAN/ZXPLAN
F(KRUH33) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.083208, 55.194347, 0.007207, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,169.989465
CONST/CIRCLE,F(KRUH33),BF,FA(KRUH9),FA(KRUH10),FA(KRUH11),FA(KRUH12)
OUTPUT/FA(KRUH33)
F(KRUH34) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.066903, 67.244431, 0.025935, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,112.003567
CONST/CIRCLE,F(KRUH34),BF,FA(KRUH13),FA(KRUH14),FA(KRUH15),FA(KRUH16), $
FA(KRUH17),FA(KRUH18)
OUTPUT/FA(KRUH34)
WKPLAN/YZPLAN
F(KRUH35) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 68.208245, -7.412065, -49.813912, $
 1.000000, 0.000000, -0.000000,38.005925
CONST/CIRCLE,F(KRUH35),BF,FA(KRUH19),FA(KRUH20),FA(KRUH21)
OUTPUT/FA(KRUH35)
WKPLAN/ZXPLAN
F(KRUH36) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.130469, -61.792088, -0.023144, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,169.986474
CONST/CIRCLE,F(KRUH36),BF,FA(KRUH22),FA(KRUH23),FA(KRUH24),FA(KRUH25)
OUTPUT/FA(KRUH36)
F(KRUH1) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.000000, 63.231843, 0.000000, 0.000000, $
 1.000000, 0.000000, 125.000000
F(KRUH2) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 63.491354, -7.441890, -50.000000, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000, 30.038927
F(KRUH3) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.000000, -66.829471, -0.000000, $
 -0.000000, -1.000000, 0.000000, 120.000000
F(KRUH4) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 70.000000, 315.000000, -61.362789, $
 -0.000000, -1.000000, 0.000000, 8.000000
F(KRUH5) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -58.293218, -7.476656, -50.000000, $
 -1.000000, -0.000000, 0.000000, 30.000000
F(KRUH32) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, -60.072971, -7.478665, -50.000000, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000, 46.000000
F(KRUH33) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.000000, 55.194347, -0.000000, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000, 170.000000
F(KRUH34) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.000000, 67.244431, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000, 112.000000
F(KRUH35) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 68.208245, -7.412065, -50.000000, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000, 38.000000
F(KRUH36) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, -0.000000, -61.792088, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000, 170.000000
F(KRUH30) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -15.055481, -40.964285, 62.722828, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000, 4.000000
F(KRUH31) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 14.958792, -40.939203, 62.619494, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000, 4.000000
F(VAL1) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, -0.003132, -0.002610, -0.002368, $
 -0.000020, 1.000000, 0.000000, 95.000000, 128.228243
```

```
F(PRIM2)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 24.254941, 33.567028, 14.047645, 0.554642, $
 0.767583, 0.321230,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM2),BF,FA(KRUH17),FA(VAL1)
OUTPUT/FA(PRIM2)
F(PRIM3)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 30.047566, 27.711674, 30.104135, 0.591899, $
 0.545885, 0.593013,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM3),BF,FA(KRUH11),FA(VAL1)
OUTPUT/FA(PRIM3)
F(PRIM4)=FEAT/LINE, UNBND, CART, -0.042676, -40.951240, 62.669838, -0.999994, $
 0.000111, 0.003465,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM4),BF,FA(KRUH30),FA(KRUH31)
OUTPUT/FA(PRIM4)
$$DMISLAYER/'Output settings'
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPOINT', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DLINE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF, OFF, OFF, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPLANE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DSPHERE', ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCYLNDR', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCONE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DARC', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DELLIPS', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCPARLN', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
DID(DEFLTDID) = DEVICE/STOR, $
 'C:\Program Files\Virtual DMIS\Users\hrabeta\Report\Default.Rep'
OPEN/DID(DEFLTDID), FDATA, V(FORMAT1), OUTPUT, APPEND
DISPLY/STOR,V(FORMAT1)
$$ENDLAYER
T(DIA1) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.000000
OUTPUT/FA(KRUH1), TA(DIA1)
T(CRN1) = TOL/CRNOUT,0.050000,FA(VAL1)
OUTPUT/FA(KRUH1), TA(CRN1)
T(DIA2) = TOL/DIAM, 0.000000, 0.054000
OUTPUT/FA(VAL1), TA(DIA2)
T(PER1) = TOL/PERP,0.020000,RFS,FA(VAL1),RFS
OUTPUT/FA(ROV1), TA(PER1)
T(DIA3) = TOL/DIAM, -0.071000, -0.036000
OUTPUT/FA(KRUH3), TA(DIA3)
T(CRN2) = TOL/CRNOUT,0.020000,FA(VAL1)
OUTPUT/FA(KRUH3), TA(CRN2)
T(DTB1) = TOL/DISTB, NOMINL, 5.000000, -0.050000, 0.000000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(ROV2), FA(ROV1), TA(DTB1)
T(DIA4) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH36), TA(DIA4)
T(DIA5) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH33), TA(DIA5)
T(DIA6) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH34), TA(DIA6)
T(DTB2) = TOL/DISTB, NOMINL, 16.000000, 0.000000, 0.027000, ZAXIS, AVG
OUTPUT/FA(BOD2), FA(BOD3), TA(DTB2)
T(DTB3) = TOL/DISTB, NOMINL, 16.000000, 0.000000, 0.027000, ZAXIS, AVG
OUTPUT/FA(BOD6), FA(BOD7), TA(DTB3)
T(DTB4) = TOL/DISTB, NOMINL, 100.500000, 0.000000, 0.250000, XAXIS, MAX
OUTPUT/FA(VAL1), FA(ROV3), TA(DTB4)
T(DTB5) = TOL/DISTB, NOMINL, 30.014273, -0.020000, 0.020000, XAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH30), FA(KRUH31), TA(DTB5)
T(ABB1) = TOL/ANGLB, 150.000000, -0.333333, 0.333333, ZXPLAN
OUTPUT/FA(PRIM2), FA(PRIM1), TA(ABB1)
T(ABB2) = TOL/ANGLB, 135.000000, -0.333333, 0.333333, ZXPLAN
OUTPUT/FA(PRIM3), FA(PRIM1), TA(ABB2)
```

```
T(DTB6) = TOL/DISTB, NOMINL, 98.500000, -0.300000, 0.300000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(ROV4), FA(PRIM4), TA(DTB6)
T(DTB7) = TOL/DISTB, NOMINL, 30.000000, -0.100000, 0.100000, XAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH28), FA(KRUH29), TA(DTB7)
T(DTB8) = TOL/DISTB, NOMINL, 30.000000, -0.100000, 0.100000, XAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH26), FA(KRUH27), TA(DTB8)
T(DTB9) = TOL/DISTB, NOMINL, 70.000000, -0.100000, 0.100000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH27), FA(KRUH28), TA(DTB9)
T(DTB10) = TOL/DISTB, NOMINL, 70.000000, -0.100000, 0.100000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH26), FA(KRUH29), TA(DTB10)
T(DIA8) = TOL/DIAM, 0.000000, 0.033000
OUTPUT/FA(KRUH5), TA(DIA8)
T(DIA13) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH32), TA(DIA13)
T(DTB13) = TOL/DISTB, NOMINL, 50.000000, -0.300000, 0.300000, ZAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH32), FA(VAL1), TA(DTB13)
T(DTB14) = TOL/DISTB, NOMINL, 57.000000, -0.300000, 0.300000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH32), FA(ROV1), TA(DTB14)
T(DIA9) = TOL/DIAM, 0.000000, 0.033000
OUTPUT/FA(KRUH2), TA(DIA9)
T(DIA10) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH35), TA(DIA10)
T(DTB11) = TOL/DISTB, NOMINL, 50.000000, -0.300000, 0.300000, ZAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH35), FA(VAL1), TA(DTB11)
T(DTB12) = TOL/DISTB, NOMINL, 57.000000, -0.300000, 0.300000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(KRUH35), FA(ROV1), TA(DTB12)
T(DIA14) = TOL/DIAM, 0.000000, 0.015000
OUTPUT/FA(KRUH4), TA(DIA14)
T(DTB15) = TOL/DISTB, NOMINL, 70.000000, -0.050000, 0.050000, ZXPLAN, AVG
T(DIA15) = TOL/DIAM, 0.000000, 0.012000
T(DIA16) = TOL/DIAM, 0.000000, 0.012000
OUTPUT/FA(KRUH4), FA(VAL1), TA(DTB15)
OUTPUT/FA(KRUH31), TA(DIA16)
OUTPUT/FA(KRUH30), TA(DIA15)
ENDFIL
```

8.5 Zdrojový kód programu č. 2

```
$$DMISLAYER/'Default status settings'
DMISMN/'D',3.00
UNITS/MM,ANGDEC
WKPLAN/XYPLAN
MODE/PROG,MAN
RECALL/D(MCS)
$$S(DOTEK1)=SNSDEF/PROBE,INDEX,POL,90.0000,180.0000,$
0.000000,0.000000,-1.000000,84.9692,3.9921
SNSLCT/S(DOTEK1)
V(FORMAT1)=VFORM/NOM,ACT,DEV,AMT
V(FORMAT2)=VFORM/DEV,AMT
V(FORMAT3)=VFORM/ACT
V(FORMAT4)=VFORM/NOM,ACT,DEV
V(FORMAT5)=VFORM/NOM,ACT
V(DEFAULT)=VFORM/NOM,ACT,DEV,AMT
DID(DEFLTDID) = DEVICE/STOR, $
 'C:\Program Files\Virtual DMIS\Users\hrabeta\Report\Default.Rep'
decl/char,10,today,now,cislo
DECL/char,10,blank,hdr1,hdr2,hdr3,hdr4
text/query,(cislo),10,an,l,'Vlož číslo kusu'
today=sdate()
now=stime()
text/outfil,' '
blank=' '
hdr1='                HOFMEISTER Plzeň                '
hdr2='            ================================'
hdr4='Číslo kusu                                    :- '
open/did(defltdid),direct,output,APPEND
write/did(defltdid),hdr1
write/did(defltdid),hdr2
write/did(defltdid),hdr4,blank,cislo
OPEN/DID(DEFLTDID), FDATA, V(FORMAT1), OUTPUT, APPEND
DISPLY/STOR, V(FORMAT1)
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPOINT', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DLINE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF, OFF, OFF, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPLANE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DSPHERE', ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCYLNDR', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCONE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DARC', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DELLIPS', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCPARLN', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
$$ENDLAYER
TEXT/OPER, 'Start bod ( Plusy 4-20, priprav dratek) ak utop v prum 8, $
1. Kus na velkem prizma, valec 90G6 v ose Y, prum 56G6 vpravo. Srov do X.'
FLY/OFF
$$DMISLAYER/'Output settings'
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPOINT', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DLINE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF, OFF, OFF, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPLANE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DSPHERE', ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCYLNDR', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCONE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DARC', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DELLIPS', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCPARLN', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
```

```
DID(DEFLTDID) = DEVICE/STOR, $
 'C:\Program Files\Virtual DMIS\Users\hrabeta\Report\Default.Rep'
CLOSE/DID(DEFLTDID), KEEP
DISPLY/OFF
$$ENDLAYER
SNSET/RETRCT, 4.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 5.000000
F(start)=FEAT/POINT, CART, 500.597276, 202.754286, 130.851228, 0.000000, $
 0.000000, 1.000000
MEAS/POINT, F(start), 0
ENDMES
D(SS1)=TRANS/ XORIG, FA(start), YORIG, FA(start), ZORIG, FA(start)
GOTO/0.564120, -8.068298, -0.009353
GOTO/48.702640, -8.072442, 16.582467
WKPLAN/ZXPLAN
F(POM) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 49.778801, 11.689515, 49.660677, 0.000000, $
 -1.000000, 0.000000,90.031275
MEAS/CIRCLE, F(pom), 4
PTMEAS/CART, 27.639674, 11.695980, 10.464021, 0.491796, 0.000000, 0.870710
PTMEAS/CART, 83.708073, 11.682338, 79.246049, -0.753707, 0.000000, -0.657211
PTMEAS/CART, 9.063895, 11.685483, 68.860228, 0.904480, 0.000000, -0.426517
PTMEAS/CART, 82.263535, 11.694259, 18.499201, -0.721652, 0.000000, 0.692256
ENDMES
OUTPUT/FA(pom)
D(SS2)=TRANS/ XORIG, FA(POM), ZORIG, FA(POM)
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCLRGR', POINT
GOTO/29.171118, -10.070495, -27.842629
F(ROV1) = FEAT/PLANE, CART, 1.731566, -1.764911, 0.767280, -0.000610, $
 -1.000000, -0.000131
MEAS/PLANE,F(ROV1),8
PTMEAS/CART, 48.323063, -1.783598, -59.555694, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, 62.615774, -1.798551, -29.434556, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, 59.824996, -1.803904, 29.975725, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, 50.477407, -1.804455, 60.859300, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, -47.331618, -1.739030, 62.272094, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, -54.717593, -1.737653, 39.255767, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, -55.298665, -1.727834, -36.030376, -0.000610, -1.000000, -0.000131
PTMEAS/CART, -50.040832, -1.724264, -61.204023, -0.000610, -1.000000, -0.000131
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV1)
SNSET/APPRCH, 2.000000
SNSET/RETRCT, 2.000000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 2.500000
D(SS3)=TRANS/ YORIG, FA(ROV1)
GOTO/-15.080908, -6.908391, -30.430540
F(VAL1) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, 0.018266, 40.495869, 0.017489, 0.000573, $
 1.000000, 0.000483,90.039972,50.375610
MEAS/CYLNDR, F(VAL1), 14
PTMEAS/CART, 37.797293, 15.339330, -24.448975, -0.839573, 0.000218, 0.543247
PTMEAS/CART, 8.863727, 15.344768, -44.132729, -0.196805, -0.000361, 0.980443
PTMEAS/CART, -27.043469, 15.344501, -35.984974, 0.600776, -0.000730, 0.799417
PTMEAS/CART, -44.494008, 15.339022, -6.814665, 0.988458, -0.000639, 0.151496
PTMEAS/CART, -29.183942, 15.329941, 34.273486, 0.648420, -0.000003, -0.761283
PTMEAS/CART, 9.700158, 15.327009, 43.971177, -0.215366, 0.000595, -0.976533
PTMEAS/CART, 37.326431, 15.329139, 25.176375, -0.829072, 0.000745, -0.559142
GOTO/20.941828, -15.031253, 23.831058
```

```
GOTO/20.938154, -15.043138, 116.695017
GOTO/7.115093, 289.611515, 116.688974
SNSLCT/S(DOTEK2)
GOTO/8.396304, 123.959709, 12.737216
PTMEAS/CART, 36.152926, 65.663241, -26.844754, -0.802295, 0.000171, 0.596928
PTMEAS/CART, 1.726655, 65.667940, -44.947819, -0.037636, -0.000461, 0.999291
PTMEAS/CART, -33.535042, 65.666555, -29.988959, 0.745414, -0.000749, 0.666601
PTMEAS/CART, -44.951407, 65.660045, 2.095626, 0.998947, -0.000550, -0.045879
PTMEAS/CART, -33.422648, 65.653938, 30.138256, 0.743307, -0.000102, -0.668950
PTMEAS/CART, 6.529645, 65.649721, 44.575386, -0.144322, 0.000561, -0.989531
PTMEAS/CART, 37.381496, 65.652294, 25.192866, -0.829335, 0.000745, -0.558752
ENDMES
OUTPUT/FA(VAL1)
D(SS4) = DATSET/FA(VAL1), YDIR, XORIG, ZORIG
WKPLAN/ZXPLAN
D(SS5)=TRANS/ XORIG, FA(VAL1), YORIG, FA(ROV1), ZORIG, FA(VAL1)
GOTO/24.337818, 110.281083, 23.606713
SNSLCT/S(DOTEK3)
GOTO/85.317223, 134.997460, 23.513291
GOTO/83.116700, 43.520169, -0.276208
F(VAL2) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, 64.924429, 40.030809, 0.035329, 1.000000, $
 0.000139, -0.000884,56.082887,8.955218
MEAS/CYLNDR, F(VAL2), 14
PTMEAS/CART, 60.480830, 21.634055, -21.103003, 0.000575, 0.656414, 0.754401
PTMEAS/CART, 60.470259, 41.437873, -27.970517, 0.000889, -0.050193, 0.998739
PTMEAS/CART, 60.459134, 61.350295, -18.172503, 0.000680, -0.760359, 0.649503
PTMEAS/CART, 60.455893, 67.707156, 4.386832, 0.000001, -0.987886, -0.155179
PTMEAS/CART, 60.466365, 49.668589, 26.361577, -0.000782, -0.343842, -0.939027
PTMEAS/CART, 60.482451, 18.887037, 18.462940, -0.000686, 0.753928, -0.656956
PTMEAS/CART, 60.486125, 12.100690, -2.216349, -0.000068, 0.996755, 0.080498
PTMEAS/CART, 69.387409, 12.119506, -2.456344, -0.000060, 0.996052, 0.088776
PTMEAS/CART, 69.380140, 26.034752, -24.274871, 0.000696, 0.499023, 0.866589
PTMEAS/CART, 69.369914, 45.243206, -27.548584, 0.000894, -0.185683, 0.982609
PTMEAS/CART, 69.360574, 62.040712, -17.373596, 0.000657, -0.784376, 0.620286
PTMEAS/CART, 69.357948, 67.602246, 5.027132, -0.000020, -0.983978, -0.178293
PTMEAS/CART, 69.365656, 53.378434, 24.716783, -0.000711, -0.475615, -0.879653
PTMEAS/CART, 69.382616, 21.562983, 21.179681, -0.000757, 0.657772, -0.753217
ENDMES
OUTPUT/FA(VAL2)
GOTO/87.084866, 23.301678, 19.251294
SNSLCT/S(DOTEK1)
GOTO/103.038762, -17.195222, 19.295679
GOTO/2.246755, -20.153123, 19.343054
WKPLAN/ZXPLAN
F(VAL3) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, -0.015132, 3.576083, 0.008039, -0.002676, $
 0.999996, 0.000968,120.189778,3.156795
MEAS/CYLNDR, F(VAL3), 16
PTMEAS/CART, -59.965454, 2.097221, 3.356299, 0.998439, 0.002726, -0.055781
PTMEAS/CART, 59.920961, 2.171949, 3.300922, -0.998489, -0.002619, -0.054886
PTMEAS/CART, 3.015077, 2.121334, -60.030036, -0.050341, -0.001102, 0.998731
PTMEAS/CART, 3.598330, 2.152437, 60.007568, -0.060054, 0.000806, -0.998195
PTMEAS/CART, -37.520688, 2.122180, 46.963645, 0.624120, 0.002427, -0.781324
PTMEAS/CART, 39.144572, 2.147501, -45.596234, -0.651436, -0.002478, 0.758700
PTMEAS/CART, -43.441379, 2.096290, -41.475041, 0.723140, 0.001267, 0.690700
PTMEAS/CART, 36.376268, 2.168773, 47.826466, -0.605552, -0.000850, -0.795806
PTMEAS/CART, 36.730165, 5.053780, 47.571045, -0.611415, -0.000870, -0.791309
PTMEAS/CART, -34.612553, 4.985602, -49.143192, 0.575545, 0.000749, 0.817770
PTMEAS/CART, 48.447749, 5.040635, -35.569556, -0.806110, -0.002730, 0.591760
PTMEAS/CART, -39.758880, 5.005322, 45.120905, 0.661015, 0.002495, -0.750368
PTMEAS/CART, 59.856728, 5.057096, 4.583486, -0.997091, -0.002595, -0.076173
```

```
PTMEAS/CART, -59.913469, 4.982334, 4.637764, 0.997024, 0.002743, -0.077043
PTMEAS/CART, 5.084778, 5.037912, 59.940219, -0.084857, 0.000737, -0.996393
PTMEAS/CART, 5.773016, 5.007959, -59.860015, -0.096291, -0.001221, 0.995353
ENDMES
OUTPUT/FA(VAL3)
GOTO/5.589453, -8.558087, -54.835498
F(ROV2) = FEAT/PLANE, POL, 7.721534, 84.164212, 0.013906, 0.000211, $
 -1.000000, 0.000327
MEAS/PLANE,F(ROV2),9
PTMEAS/POL, 65.040679, 148.180522, 0.002567, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 65.068694, 117.249084, 0.015301, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 64.987470, 86.642076, 0.023234, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 65.017894, 63.013093, 0.035976, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 65.021607, 30.456430, 0.035638, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 65.067128, 328.318001, 0.026760, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 65.031487, 304.632228, 0.011429, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 65.050166, 236.259354, -0.016105, 0.000211, -1.000000, 0.000327
PTMEAS/POL, 64.995056, 214.702881, -0.009644, 0.000211, -1.000000, 0.000327
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV2)
GOTO/-49.626288, -5.132582, -49.505716
F(KRUH1) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 69.994396, 225.083402, 3.317610, $
 -0.000000, -1.000000, -0.000000,8.586541
MEAS/CIRCLE, F(KRUH1), 6
PTMEAS/POL, 74.085832, 226.096162, 3.315706, 0.890037, -0.000000, 0.455888
PTMEAS/POL, 68.690148, 221.694715, 3.318666, -0.900681, -0.000000, 0.434480
PTMEAS/POL, 67.737133, 228.155843, 3.318014, 0.207078, -0.000000, -0.978324
PTMEAS/POL, 71.087676, 228.439824, 3.317089, 0.848541, -0.000000, -0.529129
PTMEAS/POL, 66.242706, 223.379166, 3.319181, -0.954266, 0.000000, -0.298958
PTMEAS/POL, 72.429449, 222.224000, 3.317004, -0.206781, -0.000000, 0.978387
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH1)
GOTO/-48.887126, -11.472889, -49.659987
GOTO/-60.489863, -8.214309, -60.255033
F(KRUH2) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 84.981096, 225.079375, 3.737440, $
 -0.000000, -1.000000, -0.000000,11.542484
MEAS/CIRCLE, F(KRUH2), 6
PTMEAS/POL, 90.261545, 226.599754, 3.734855, 0.937316, -0.000000, 0.348480
PTMEAS/POL, 82.663418, 221.487331, 3.738913, -0.942694, 0.000000, 0.333659
PTMEAS/POL, 81.085293, 228.040288, 3.738450, 0.021116, 0.000000, -0.999777
PTMEAS/POL, 86.449326, 228.793537, 3.736381, 0.846752, -0.000000, -0.531988
PTMEAS/POL, 79.207631, 224.903509, 3.739744, -0.737166, 0.000000, -0.675712
PTMEAS/POL, 89.333635, 222.561697, 3.736294, 0.043115, -0.000000, 0.999070
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH2)
GOTO/-60.331803, -6.216256, -60.030081
GOTO/-60.270404, -6.147181, 60.436574
F(KRUH3) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 85.069061, 315.028579, 4.640069, $
 -0.000000, -1.000000, -0.000000,11.546343
MEAS/CIRCLE, F(KRUH3), 6
PTMEAS/POL, 87.148601, 311.426955, 4.637339, 0.900604, 0.000000, 0.434640
PTMEAS/POL, 79.420938, 315.832824, 4.641476, -0.830220, -0.000000, 0.557436
PTMEAS/POL, 89.982789, 317.008399, 4.640994, 0.214166, 0.000000, -0.976797
PTMEAS/POL, 90.728018, 314.345999, 4.638912, 0.827046, -0.000000, -0.562134
PTMEAS/POL, 84.339782, 318.914543, 4.642746, -0.811099, -0.000000, -0.584909
PTMEAS/POL, 80.802224, 312.351305, 4.638945, -0.070759, -0.000000, 0.997493
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH3)
GOTO/-60.238049, -6.975568, 60.585256
GOTO/60.241149, -6.908625, 60.771171
```

```
F(KRUH4) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 85.003044, 44.977389, 4.259350, $
 -0.000000, -1.000000, -0.000000,11.591031
MEAS/CIRCLE, F(KRUH4), 6
PTMEAS/POL, 79.668619, 43.367064, 4.256784, 0.924712, 0.000000, 0.380668
PTMEAS/POL, 87.285871, 48.505528, 4.260791, -0.917315, 0.000000, 0.398163
PTMEAS/POL, 89.171683, 42.317153, 4.260845, 0.008457, -0.000000, -0.999964
PTMEAS/POL, 83.199717, 41.244671, 4.258366, 0.907051, 0.000000, -0.421021
PTMEAS/POL, 90.569336, 46.063078, 4.261859, -0.884248, 0.000000, -0.467018
PTMEAS/POL, 80.589737, 47.585409, 4.257452, 0.100720, 0.000000, 0.994915
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH4)
GOTO/59.706285, -7.312773, 60.530016
GOTO/59.646147, -7.251332, -59.554225
F(KRUH5) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 84.930032, 135.002106, 4.906937, $
 -0.000000, -1.000000, -0.000000,11.605570
MEAS/CIRCLE, F(KRUH5), 6
PTMEAS/POL, 83.674710, 138.894077, 4.904532, 0.859923, -0.000000, 0.510424
PTMEAS/POL, 90.549265, 134.051464, 4.908234, -0.866005, 0.000000, 0.500035
PTMEAS/POL, 80.664732, 132.292461, 4.907794, 0.066179, -0.000000, -0.997808
PTMEAS/POL, 79.507278, 136.372283, 4.905692, 0.900648, -0.000000, -0.434550
PTMEAS/POL, 85.525717, 131.101074, 4.909251, -0.753684, 0.000000, -0.657237
PTMEAS/POL, 89.610956, 137.208971, 4.906120, -0.142780, -0.000000, 0.989755
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH5)
GOTO/60.597590, -7.373094, -60.109774
GOTO/37.414578, -12.478827, -32.919345
F(ROV3) = FEAT/PLANE, POL, 1.096233, 94.573082, 8.038570, 0.000265, $
 -1.000000, 0.000332
MEAS/PLANE,F(ROV3),8
PTMEAS/POL, 50.081132, 133.464093, 8.035977, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 49.335521, 100.147839, 8.044442, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 50.122273, 53.790718, 8.058759, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 50.180399, 13.880424, 8.060953, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 49.540879, 321.313932, 8.043496, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 50.050670, 271.776149, 8.022170, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 49.386516, 236.647787, 8.017008, 0.000265, -1.000000, 0.000332
PTMEAS/POL, 49.367644, 187.455509, 8.025760, 0.000265, -1.000000, 0.000332
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV3)
GOTO/-3.864947, -24.304246, -48.939419
SNSLCT/S(DOTEK3)
GOTO/78.185844, -61.769068, -39.098113
GOTO/86.233465, 37.483474, -32.876637
F(ROV4) = FEAT/PLANE, POL, 74.019900, 89.445889, 38.782299, 1.000000, $
 0.000213, -0.000458
MEAS/PLANE,F(ROV4),6
PTMEAS/POL, 75.869488, 102.698681, 7.230775, 1.000000, 0.000213, -0.000458
PTMEAS/POL, 83.014769, 116.949152, 40.924618, 1.000000, 0.000213, -0.000458
PTMEAS/POL, 76.347154, 104.243142, 69.438527, 1.000000, 0.000213, -0.000458
PTMEAS/POL, 76.559031, 75.197567, 67.622759, 1.000000, 0.000213, -0.000458
PTMEAS/POL, 83.295885, 62.724140, 39.987053, 1.000000, 0.000213, -0.000458
PTMEAS/POL, 76.594781, 75.137015, 7.490061, 1.000000, 0.000213, -0.000458
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV4)
GOTO/90.757326, 206.023861, 19.540268
SNSLCT/S(DOTEK2)
GOTO/17.000138, 124.258957, 19.701603
F(ROV5) = FEAT/PLANE, POL, 7.678258, 91.018253, 75.055238, -0.000264, $
 1.000000, -0.000299
MEAS/PLANE,F(ROV5),9
```

```
PTMEAS/POL, 65.013083, 94.286534, 75.072351, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.068042, 118.346637, 75.060643, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.019324, 147.016068, 75.045145, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.107772, 213.157450, 75.023650, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.081749, 234.361234, 75.029558, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 64.995752, 300.468791, 75.050586, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.108986, 332.825214, 75.064018, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.036888, 27.109416, 75.073351, -0.000264, 1.000000, -0.000299
PTMEAS/POL, 65.050528, 59.799576, 75.077840, -0.000264, 1.000000, -0.000299
ENDMES
OUTPUT/FA(ROV5)
GOTO/13.755645, 170.350878, 32.570256
TEXT/OPER, 'Vymena doteku  - Nasad DRATEK'
SNSLCT/S(DOTEK4)
WKPLAN/ZXPLAN
GOTO/-45.388691, 78.870019, 25.630867
SNSET/APPRCH, 1.500000
SNSET/RETRCT, 1.500000
SNSET/SEARCH, 50.000000
SNSET/DEPTH, 2.000000
SNSET/CLRSRF, 2.000000
F(KRUH6) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -44.939791, 73.751707, 26.004652, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,5.032238
MEAS/CIRCLE, F(KRUH6), 4
PTMEAS/CART, -47.383712, 73.756549, 25.380726, 0.968923, 0.000000, 0.247363
PTMEAS/CART, -42.496316, 73.747075, 25.379568, -0.968802, 0.000000, 0.247837
PTMEAS/CART, -44.967215, 73.752318, 23.496313, 0.010932, 0.000000, 0.999940
PTMEAS/CART, -44.971014, 73.750886, 28.515976, 0.012432, -0.000000, -0.999923
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH6)
GOTO/-44.776482, 81.524103, 26.022589
GOTO/-45.143019, 78.419483, -26.875000
F(KRUH7) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -44.902422, 72.986575, -26.007420, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,4.936566
MEAS/CIRCLE, F(KRUH7), 4
PTMEAS/CART, -46.908773, 72.989914, -27.455083, 0.810941, 0.000000, 0.585127
PTMEAS/CART, -42.898927, 72.982604, -27.455045, -0.810553, 0.000000, 0.585665
PTMEAS/CART, -45.406744, 72.987608, -28.416042, 0.204938, 0.000000, 0.978775
PTMEAS/CART, -45.397166, 72.986174, -23.591135, 0.200592, 0.000000, -0.979675
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH7)
GOTO/-45.180221, 78.947588, -26.059115
GOTO/-0.118244, 77.759081, -52.552597
F(KRUH8) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 0.038075, 73.475787, -52.043640, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,4.982790
MEAS/CIRCLE, F(KRUH8), 4
PTMEAS/CART, -0.245707, 73.473444, -54.510169, 0.114299, -0.000000, 0.993446
PTMEAS/CART, -0.249245, 73.476191, -49.577424, 0.115720, 0.000000, -0.993282
PTMEAS/CART, -2.462749, 73.481599, -52.066157, 0.999959, 0.000000, 0.009003
PTMEAS/CART, 2.537031, 73.471914, -52.047336, -0.999999, 0.000000, 0.001479
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH8)
GOTO/0.061118, 79.554597, -52.038155
GOTO/45.165250, 77.345574, -26.134358
F(KRUH9) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 45.161128, 73.063023, -26.010984, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,4.964827
MEAS/CIRCLE, F(KRUH9), 4
PTMEAS/CART, 44.939431, 73.063425, -28.486868, 0.089186, 0.000000, 0.996015
PTMEAS/CART, 44.936772, 73.062365, -23.536566, 0.090300, -0.000000, -0.995915
PTMEAS/CART, 42.742581, 73.067752, -26.556903, 0.975459, -0.000000, 0.220183
```

```
PTMEAS/CART, 47.580269, 73.058549, -26.556578, -0.975498, -0.000000, 0.220006
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH9)
GOTO/45.141195, 79.549756, -26.336087
GOTO/45.115005, 77.497972, 25.188425
F(KRUH10) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 45.114957, 73.825457, 26.049358, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,5.077076
MEAS/CIRCLE, F(KRUH10), 4
PTMEAS/CART, 42.747239, 73.830115, 25.142756, 0.933881, 0.000000, 0.357584
PTMEAS/CART, 47.483275, 73.820872, 25.143707, -0.934036, -0.000000, 0.357178
PTMEAS/CART, 45.031106, 73.826057, 23.508029, 0.032977, -0.000000, 0.999456
PTMEAS/CART, 45.029037, 73.824785, 28.588418, 0.033820, -0.000000, -0.999428
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH10)
GOTO/45.074990, 78.061651, 26.101012
GOTO/-0.157667, 77.810655, 51.723891
F(KRUH11) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 0.080304, 73.762980, 51.994104, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,5.057657
MEAS/CIRCLE, F(KRUH11), 4
PTMEAS/CART, -0.331183, 73.763892, 49.487774, 0.162010, -0.000000, 0.986789
PTMEAS/CART, -0.334281, 73.762681, 54.494582, 0.163569, -0.000000, -0.986532
PTMEAS/CART, -2.316203, 73.767684, 51.218234, 0.951383, 0.000000, 0.308011
PTMEAS/CART, 2.477795, 73.757663, 51.211969, -0.950690, -0.000000, 0.310144
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH11)
GOTO/0.689983, 104.757823, 51.527279
SNSLCT/S(DOTEK5)
GOTO/80.884167, 208.653382, 51.456329
GOTO/80.692182, 65.283742, 26.637061
WKPLAN/YZPLAN
F(KRUH12) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 71.441166, 65.980114, 26.231921, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000,5.047163
MEAS/CIRCLE, F(KRUH12), 4
PTMEAS/CART, 71.446016, 68.419534, 26.897284, 0.000000, -0.964757, -0.263142
PTMEAS/CART, 71.436433, 63.538375, 26.888282, -0.000000, 0.965718, -0.259594
PTMEAS/CART, 71.441002, 66.005463, 23.712081, 0.000000, -0.010059, 0.999949
PTMEAS/CART, 71.441212, 66.008812, 28.749165, 0.000000, -0.011400, -0.999935
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH12)
GOTO/78.355406, 65.976932, 26.259372
GOTO/78.948222, 65.996801, -26.194702
F(KRUH13) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 72.380481, 65.977848, -26.070710, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000,5.094565
MEAS/CIRCLE, F(KRUH13), 4
PTMEAS/CART, 72.385557, 68.498639, -26.477097, -0.000000, -0.987253, 0.159159
PTMEAS/CART, 72.375596, 63.457534, -26.481988, 0.000000, 0.986945, 0.161055
PTMEAS/CART, 72.380521, 65.916027, -28.610032, -0.000000, 0.024338, 0.999704
PTMEAS/CART, 72.380251, 65.913985, -23.529447, 0.000000, 0.025122, -0.999684
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH13)
GOTO/80.896644, 65.912676, -26.027906
GOTO/79.326703, 13.745705, -26.308959
F(KRUH14) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 72.287595, 13.620750, -26.100478, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000,5.078035
MEAS/CIRCLE, F(KRUH14), 4
PTMEAS/CART, 72.292609, 16.143476, -26.441532, 0.000000, -0.990985, 0.133974
PTMEAS/CART, 72.282538, 11.097296, -26.439061, 0.000000, 0.991118, 0.132983
PTMEAS/CART, 72.287574, 13.559747, -28.630992, 0.000000, 0.024100, 0.999710
PTMEAS/CART, 72.287656, 13.534706, -23.568862, 0.000000, 0.033968, -0.999423
ENDMES
```

```
OUTPUT/FA(KRUH14)
GOTO/79.556521, 13.546220, -26.062999
GOTO/79.173080, 13.798315, 25.952597
F(KRUH15) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, 72.020507, 13.621690, 26.238983, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000,5.077115
MEAS/CIRCLE, F(KRUH15), 4
PTMEAS/CART, 72.025555, 16.114556, 25.769221, -0.000000, -0.982704, 0.185183
PTMEAS/CART, 72.015536, 11.130115, 25.762651, -0.000000, 0.982212, 0.187777
PTMEAS/CART, 72.020567, 13.592139, 23.698417, -0.000000, 0.011631, 0.999932
PTMEAS/CART, 72.020369, 13.594272, 28.778888, 0.000000, 0.010794, -0.999942
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH15)
GOTO/80.421978, 13.580136, 26.289666
GOTO/85.302972, 20.404111, 191.011423
SNSLCT/S(DR)
GOTO/-0.447517, 40.575855, 79.010380
WKPLAN/XYPLAN
F(KRUH16) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -0.050332, 40.079600, 70.057527, $
 0.000000, 0.000000, 1.000000,11.715284
MEAS/CIRCLE, F(KRUH16), 4
PTMEAS/CART, -5.876380, 40.698238, 70.060722, 0.994410, -0.105591, 0.000000
PTMEAS/CART, 5.779209, 40.662933, 70.057482, -0.995031, -0.099568, -0.000000
PTMEAS/CART, -0.301648, 45.930652, 70.056451, 0.042913, -0.999079, -0.000000
PTMEAS/CART, -0.620994, 34.250802, 70.055453, 0.097438, 0.995242, -0.000000
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH16)
GOTO/-0.227005, 41.546986, 89.735886
GOTO/-198.539020, 41.789477, 89.769444
SNSLCT/S(DOTEK6)
GOTO/-87.395660, 39.150201, 0.879851
WKPLAN/YZPLAN
F(KRUH17) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -69.740017, 40.245913, -0.043553, $
 -1.000000, -0.000000, -0.000000,11.699196
MEAS/CIRCLE, F(KRUH17), 4
PTMEAS/CART, -69.723293, 45.986695, 1.070480, -0.000000, -0.981687, -0.190502
PTMEAS/CART, -69.754829, 34.505716, 1.070627, 0.000000, 0.981678, -0.190545
PTMEAS/CART, -69.740811, 39.460721, -5.841840, 0.000000, 0.134193, 0.990955
PTMEAS/CART, -69.741133, 39.458648, 5.755228, -0.000000, 0.134530, -0.990910
ENDMES
OUTPUT/FA(KRUH17)
GOTO/-98.645042, 39.420141, 0.015298
GOTO/-142.942052, 115.544345, 127.628921
SNSLCT/S(DR)
GOTO/-185.434904, 209.632276, 131.808734
F(KRUH18) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 72.030452, 39.790322, 0.074514, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000,74.019242
CONST/CIRCLE,F(KRUH18),BF,FA(KRUH12),FA(KRUH13),FA(KRUH14),FA(KRUH15)
OUTPUT/FA(KRUH18)
F(PRIM2)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 68.179502, 52.940802, 13.142781, -0.173767, $
 -0.694889, -0.697807,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM2),BF,FA(VAL2),FA(KRUH12)
OUTPUT/FA(PRIM2)
F(PRIM3)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 68.649002, 52.940978, -13.009945, -0.198083, $
 -0.692416, 0.693775,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM3),BF,FA(VAL2),FA(KRUH13)
OUTPUT/FA(PRIM3)
F(PRIM4)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 68.602603, 26.761136, -13.023266, -0.194848, $
 0.695360, 0.691744,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM4),BF,FA(VAL2),FA(KRUH14)
OUTPUT/FA(PRIM4)
```

```
F(PRIM5)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 68.469063, 26.763078, 13.145446, -0.187924, $
 0.695781, -0.693234,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM5),BF,FA(VAL2),FA(KRUH15)
OUTPUT/FA(PRIM5)
F(PRIM6)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 0.101374, 40.501561, 0.025911, 0.003916, $
 0.999992, 0.000757,0,0,0
CONST/LINE, F(PRIM6), CAST, FA(VAL1)
OUTPUT/FA(PRIM6)
WKPLAN/ZXPLAN
F(KRUH19) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, -0.067195, 4.388262, 0.014781, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,169.988104
CONST/CIRCLE,F(KRUH19),BF,FA(KRUH2),FA(KRUH3),FA(KRUH4),FA(KRUH5)
OUTPUT/FA(KRUH19)
F(PRIM7)=FEAT/LINE, UNBND, CART, -30.078824, 22.127230, -30.046301, 0.649359, $
 0.396958, 0.648657,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM7),BF,FA(VAL1),FA(KRUH2)
OUTPUT/FA(PRIM7)
F(PRIM8)=FEAT/LINE, UNBND, CART, -30.091852, 22.578663, 30.049956, 0.651984, $
 0.388609, -0.651076,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM8),BF,FA(VAL1),FA(KRUH3)
OUTPUT/FA(PRIM8)
F(PRIM9)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 30.007710, 22.387943, 30.065000, -0.649745, $
 0.392490, -0.650986,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM9),BF,FA(VAL1),FA(KRUH4)
OUTPUT/FA(PRIM9)
F(PRIM10)=FEAT/LINE, UNBND, CART, 30.027729, 22.711981, -30.032101, $
 -0.652080, 0.386601, 0.652175,0,0,0
CONST/LINE,F(PRIM10),BF,FA(VAL1),FA(KRUH5)
OUTPUT/FA(PRIM10)
F(KRUH20) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.117230, 73.479651, -0.013531, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000,104.028575
CONST/CIRCLE,F(KRUH20),BF,FA(KRUH6),FA(KRUH7),FA(KRUH8),FA(KRUH9),FA(KRUH10), $
FA(KRUH11)
OUTPUT/FA(KRUH20)
F(VAL1) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, 0.101374, 40.501561, 0.025911, 0.003916, $
 0.999992, 0.000757, 90.000000, 50.375610
F(VAL2) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, 64.924429, 40.030809, 0.035329, 1.000000, $
 0.000139, -0.000884, 56.000000, 8.955218
F(VAL3) = FEAT/CYLNDR, INNER, CART, -0.015132, 3.576083, 0.008039, -0.002676, $
 0.999996, 0.000968, 120.000000, 3.156795
F(KRUH1) = FEAT/CIRCLE, INNER, CART, -49.565504, 3.317610, -49.421415, $
 -0.000000, -1.000000, 0.000000, 8.100000
F(KRUH18) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 72.030452, 39.790322, 0.074514, $
 1.000000, 0.000000, 0.000000, 74.000000
F(KRUH19) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, -0.067195, 4.388262, 0.014781, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000, 170.000000
F(KRUH20) = FEAT/CIRCLE, OUTER, CART, 0.117230, 73.479651, -0.013531, $
 0.000000, 1.000000, 0.000000, 104.000000
$$DMISLAYER/'Output settings'
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPOINT', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF
CALL/EXTERN, DME, 'V3DLINE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, OFF, OFF, OFF, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DPLANE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DSPHERE', ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCYLNDR', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCONE', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DARC', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DELLIPS', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCPARLN', ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON, ON
DID(DEFLTDID) = DEVICE/STOR, $
```

```
 'C:\Program Files\Virtual DMIS\Users\hrabeta\Report\Default.Rep'
OPEN/DID(DEFLTDID), FDATA, V(FORMAT1), OUTPUT, APPEND
DISPLY/STOR,V(FORMAT1)
$$ENDLAYER
T(CNN1) = TOL/CONCEN,0.000000,FA(VAL1)
OUTPUT/FA(VAL3), TA(CNN1)
T(PER1) = TOL/PERP,0.000000,RFS,FA(VAL1),RFS
OUTPUT/FA(ROV2), TA(PER1)
T(PER2) = TOL/PERP,0.000000,RFS,FA(VAL1),RFS
OUTPUT/FA(ROV5), TA(PER2)
T(PAR1) = TOL/PARLEL,0.000000,RFS,FA(VAL1),RFS
OUTPUT/FA(ROV4), TA(PAR1)
T(PER3) = TOL/PERP,0.000000,RFS,FA(VAL1),RFS
OUTPUT/FA(VAL2), TA(PER3)
T(DIA1) = TOL/DIAM, 0.010000, 0.029000
OUTPUT/FA(VAL2), TA(DIA1)
T(DIA2) = TOL/DIAM, 0.012000, 0.034000
OUTPUT/FA(VAL1), TA(DIA2)
T(DIA3) = TOL/DIAM, 0.012000, 0.034000
OUTPUT/FA(VAL3), TA(DIA3)
T(DIA4) = TOL/DIAM, -0.050000, 0.050000
F(KRUH1) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 70.000000, 225.000000, 3.317610, $
 -0.000000, -1.000000, 0.000000, 8.100000
T(DXCR) = TOL/CORTOL, XAXIS, 0.000000, 0.250000
T(DYCR) = TOL/CORTOL, YAXIS, -11.459156, 11.459156
F(KRUH1) = FEAT/CIRCLE, INNER, POL, 70.000000, 225.000000, 3.317610, $
 -0.000000, -1.000000, 0.000000,8.100000
CALL/EXTERN, DME, 'V3DCIRCLE', ON, OFF, OFF, OFF, OFF, OFF, ON, OFF
OUTPUT/FA(KRUH1)
OUTPUT/FA(KRUH1), TA(DIA4)
T(DIA5) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH19), TA(DIA5)
T(DIA6) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH20), TA(DIA6)
T(DIA7) = TOL/DIAM, -0.100000, 0.100000
OUTPUT/FA(KRUH18), TA(DIA7)
T(DTB1) = TOL/DISTB, NOMINL, 75.041623, -0.050000, 0.050000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(ROV2), FA(ROV5), TA(DTB1)
T(DTB2) = TOL/DISTB, NOMINL, 74.000000, -0.050000, 0.050000, XAXIS, AVG
OUTPUT/FA(VAL1), FA(ROV4), TA(DTB2)
T(DTB3) = TOL/DISTB, NOMINL, 8.000000, 0.000000, 0.050000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(ROV1), FA(ROV3), TA(DTB3)
T(DTB4) = TOL/DISTB, NOMINL, 40.000000, -0.050000, 0.050000, YAXIS, AVG
OUTPUT/FA(ROV1), FA(VAL2), TA(DTB4)
ENDFIL
```