



# Měření užitečného výkonu při frézování

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Yaroslav Martsyniuk**  
*Vedoucí práce:* doc. Ing. Jan Jersák, CSc.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Yaroslav Martsyniuk**  
Osobní číslo: **S13000129**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Měření užitečného výkonu při frézování**  
Zadávající katedra: **Katedra obrábění a montáže**

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

1. Shrnutí poznatků o výkonu potřebném pro zajištění procesu frézování.
2. Rešerše literárních poznatků o měření výkonu při frézování.
3. Návrh metodiky experimentů pro měření výkonu při frézování s použitím dynamometru Kistler, měřicího kufru QWII a třífázového analyzátoru výkonu.
4. Realizace experimentů.
5. Hodnocení poznatků o výkonu při frézování.
6. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků a vyvození závěrů.

Rozsah grafických prací: **Obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby.**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 - 50 stran textu**

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

Seznam odborné literatury:

**1. KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, s.r.o., prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.**

**2. ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3 - 1. díl - Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 1. (2.) vyd. Praha: Scientia, spol. s r.o., 2000 (2005). 256 s. ISBN 80-7183-207-3 (ISBN 80-7183-337-1.).**

**3. BEŇO, J., MAŇKOVÁ, I. *Technologické a materiálové činitele obrábění*. Rec.: Bátora, B. aj. 1. vyd. Košice: TU Košice, Strojnícka fakulta, 2004. 418 s. ISBN 80-7099-701-X.**

**4. DEGNER, W., LUTZE, H., SMEJKAL, E. *Spanende Formung, Theorie, Berechnung, Richtwerte*. 15. Auflage. München-Wien: Carl Hanser Verlag, 2002. 396 s. ISBN 3-446-22138-7.**

**5. KLOCKE, F., KÖNIG, W. *Fertigungsverfahren 1 - Drehen, Fräsen, Bohren*. 8. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2008. 547 s. ISBN 978-3-540-23458-6.**

**6. SANDVIK Coromant, Sandviken: *Technická příručka obrábění - soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů*. 2005. 601 s.**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Jersák, CSc.**

Katedra obrábění a montáže

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miloslav Ledvina**

Katedra obrábění a montáže

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2018**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

dne

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 3. 7. 2017

Podpis:



## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá měřením užitečného výkonu při frézování. Všechna měření byla uskutečněna na frézce FNG 32, obráběcím nástrojem byla čelní fréza Narex 2460.2 s vyměnitelnou břitovou destičkou SPGN – S20120304. Cílem práce bylo porovnat měření výkonu při frézování s použitím dynamometru Kistler, měřicího kufru a třífázového analyzátoru výkonu. Výsledkem práce je metoda měření, která umožnila porovnat tři přístroje mezi sebou. V průběhu práce bylo zjištěno, že dynamometr Kistler po dobu frézování měří menší efektivní užitečný výkon než měřicí kufr a třífázový analyzátor výkonu DW 6092 cca o 150 – 200 W.

## **Annotation**

The bachelor thesis is focused on measuring of useful power during the milling work. All of these measurements were realized on milling machine FNG 32, with face milling cutter Narex 2460.2 and as an insert was used SPGN - S20120304. The aim of the thesis is to compare measuring of useful power during the milling work using a Kistler dynamometer, a measuring trunk and a three-phase performance analyzer. The result of the thesis is a measurement method that allows comparing the three devices among themselves. During work was found that dynamometer Kistler measures less effective useful power than measuring case and three-phase power analyzer DW 6092 about 150-200 W.

**Klíčová slova:** čelní frézování, měření, užitečný výkon, porovnání měřicích přístrojů

**Keywords:** front milling, measurement, useful power, comparison of measuring instruments

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Janu Jersákovi, CSc za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Děkuji také Ing. Miloslavu Ledvinovi za pomoc při provedení experimentů.

Katedra obrábění a montáže

Evidenční číslo práce: **KOM 1293**

Jméno a příjmení: **Yaroslav Martsyniuk**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
Konzultant: Ing. Miloslav Ledvina

Počet stran: 51  
Počet příloh: 5  
Počet tabulek: 15  
Počet obrázků: 18  
Počet grafů: 4

# Obsah

Seznam použitých zkratek a symbolů.....	10
Úvod.....	12
1 Frézování .....	13
1.1 Základní metody frézování .....	13
1.2 Válcové frézování .....	13
1.3 Čelní frézování.....	14
2 Výpočet výkonu .....	15
2.1 Měrná řezná síla ( $k_c$ ) .....	15
2.2 Řezná síla ( $F_c$ ).....	16
2.3 Vliv úhlů na nástroje.....	16
2.4 Vliv řezné rychlosti.....	17
2.5 Vliv obráběného materiálu.....	17
2.6 Vliv štíhlostního poměru .....	18
3 Technické údaje nástroje, stroje, chlazení, měřicího zařízení .....	19
3.1 Stroj.....	19
3.2 Nástroj a břitová destička .....	19
3.3 Měřicí přístroje .....	20
3.3.1 Měřicí kufr .....	20
3.3.2 Dynamometr Kistler .....	21
3.3.3 Třífázový analyzátor výkonu DW 6092 .....	23
4 Návrh metodiky experimentů .....	24
4.1 Příprava měření.....	24
4.2 Průběh měření .....	25
4.3 Návod pro přesnější měření .....	26
4.4 Zpracování naměřených dat.....	27
4.4.1 Statistické výpočty .....	27



4.4.2	Zpracování naměřených dat z dynamometru Kistler .....	28
4.4.3	Zpracování naměřených dat z třífázového analyzátoru výkonu DW 6069 – 0 a měřicího kufru .....	30
5	Realizace experimentů .....	31
5.1	Nová metoda zpracování naměřených dat z dynamometru Kistler .....	31
5.1.1	Výpočet efektivního užitečného výkonu a poměru mezi maximální řeznou silou a efektivní řeznou silou .....	32
5.2	Experiment 1 .....	34
5.3	Experiment 2 .....	35
5.4	Experiment 3 .....	36
6	Hodnocení experimentů .....	38
6.1	Teoretický výpočet užitečného výkonu .....	39
6.2	První experiment: sledování závislosti užitečného výkonu na řezné rychlosti ....	40
6.3	Druhý experiment: sledování závislosti užitečného výkonu na hloubce záběru ..	43
6.4	Třetí experiment: sledování závislosti užitečného výkonu na rychlosti posuvu ..	45
	Závěr .....	47
	Seznam použité literatury .....	49
	Seznam příloh .....	51

## Seznam použitých zkratek a symbolů

$F_c$	[N]	složka hlavní řezné síly
$F_{cef}$	[N]	složka hlavní efektivní řezné síly
$F_{cmax}$	[N]	složka hlavní maximální řezné síly
$F_f$	[N]	složka posuvové řezné síly
$F_p$	[N]	složka přísuvové řezné síly
$v_e$	[m/min]	vektor výsledného řezného pohybu
$a_p$	[mm]	hloubka záběru
$a_e$	[mm]	šířka frézované plochy
$f$	[mm/ot]	posuv na otáčku
$f_z$	[mm]	posuv na zub
$v_f$	[m/min]	posuvová rychlost
$v_p$	[m/min]	přísunová rychlost
$v_c$	[m/min]	rychlost hlavního řezného pohybu
$x, y, z$	[-]	osy souřadného systému
$t$	[s]	čas
$l$	[m]	dráha
$P$	[W]	výkon
$P_{užmax}$	[W]	maximální užitečný výkon
$P_{užD}$	[W]	efektivní užitečný výkon zaznamenaný pomocí dynamometru Kistler
$P_{užA}$	[W]	efektivní užitečný výkon zaznamenaný pomocí Třífázového analyzátoru výkonu DW – 6092
$P_{užK}$	[W]	efektivní užitečný výkon zaznamenaný pomocí měřicího kufru
$P_f$	[W]	výkon posuvu
$P_p$	[W]	výkon přísuvu
$P_c$	[W]	výkon hlavního řezného pohybu
$P_{už}$	[W]	užitečný výkon
$P_1$	[W]	příkon za chodu stroje
$P_0$	[W]	příkon stroje za chodu naprázdno
$\alpha$	[°]	úhel hřbetu

$\varphi_i$	[°]	úhel úhel posuvového pohybu
$\gamma_0$	[°]	úhel čela
$\chi_r$	[°]	nástrojový úhel nastavení
a	[mm]	tloušťka třísky
b	[mm]	šířka třísky
G	[-]	štíhlostní poměr
$U_{ef}$	[V]	efektivní napětí
$I_{ef}$	[A]	efektivní proud
S	[N.s]	plocha uvnitř jednoho píku
$t_2$	[s]	čas na konci oblasti
$t_1$	[s]	čas na začátku oblasti
$N_p$	[-]	počet píků uvnitř oblasti
d1	[-]	počet dílků v průběhu obrábění
d0	[-]	počet dílků v průběhu měření naprázdno
$s_1$	[N.s]	plocha jednoho čtverce sítě
$C_{Fc}$	[-]	konstanta pro výpočet řezné síly při čelném frézování
$x_v$	[-]	exponent pro výpočet řezné síly při čelném frézování
$A_D$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha průřezu třísky
$k_{c1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	měrná řezná síla pro tloušťku třísky 1 mm
$k_c$	[N/mm <sup>2</sup> ]	měrná řezná síla
Rm	[MPa]	mez pevnosti v tahu
$\Psi$	[°]	úhel záběru
k	[-]	poměr mezi maximální řeznou a efektivní řeznou silou
SIS		statistický interval spolehlivosti

# Úvod

Technologie frézování je jednou z nejpoužívanějších technologií pro obrábění rovinných ploch. Frézování se také využívá pro obrábění osazených ploch pravoúhlých a šikmých, tvarových ploch, závitů, ozubených kol či drážek a rozmanitost tvarových ploch je příčinou, proč je frézování též velmi používáno [13].

Tato bakalářská práce se zabývá měřením užitečného výkonu při frézování a porovnáním třech měřicích přístrojů: dynamometru Kistler, třífázového analyzátoru výkonu DW – 6092 a měřicího kufru. Každý z přístrojů funguje na vlastním principu.

Všechny děje, spojené s procesem obrábění řezáním, se zrcadlí v řezných silách a odsud i výkonu. To znamená, že známe-li velikost výkonu nebo řezné síly, pak dostáváme i informace o tom, jak a za jakých podmínek probíhá vlastní řezný proces. Měření pomocí dynamometru záleží na měření deformací měrných elementů, které vznikají při zatížení složkami řezné síly, užitečný výkon se pak dopočítá z naměřených hodnot [6]. Měření výkonu lze provést například sdruženým wattmetrem nebo třífázovým analyzátozem, kde měřenou veličinu ukáže přímo měřicí přístroj [15].

Pro řešení této práce byl stanoven hlavní cíl:

- porovnat měření výkonu při frézování s použitím dynamometru Kistler, měřicího kufru a třífázového analyzátoru výkonu.

Dílními cíli budou:

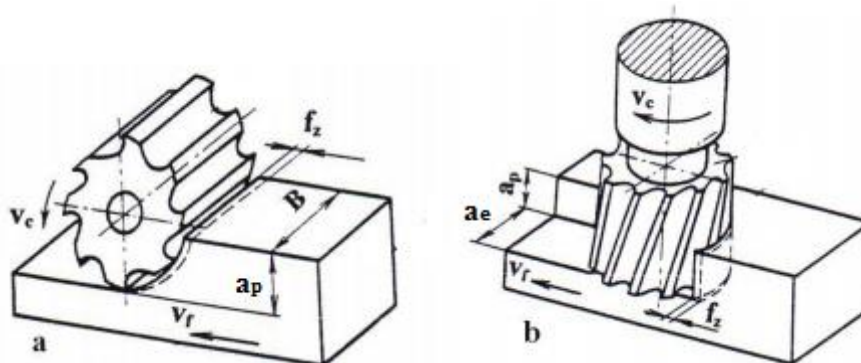
- navrhnout metodu měření, která umožní porovnat tři přístroje mezi sebou;
- pro porovnání měřicích přístrojů při různých podmínkách provést 3 experimenty: sledování závislosti užitečného výkonu na řezné rychlosti, sledování závislosti užitečného výkonu na hloubce zaběru, sledování závislosti užitečného výkonu na rychlosti posuvu;
- provést výpočet užitečného výkonu pomocí empirického vztahu.

# 1 Frézování

Frézování je jeden z druhů obrábění kovů, které probíhá tak, že zuby frézy vnikají do obrobku a odebírají určité množství materiálu. Frézovací nástroj se nazývá fréza, frézovací stroj frézka. Hlavní řezný pohyb koná nástroj, posuv ve třech osách nejčastěji koná součást. V současnosti je možné realizovat posuvné pohyby plynule měnitelné ve všech směrech. Výhody současného frézování se projevují ve vysokém výkonu obrábění, jakosti obrobeného povrchu, velké přesnosti rozměrů [2].

## 1.1 Základní metody frézování

Výkon při frézování je závislý na technologii, která se používá při obrábění. Podle vybraného nástroje se frézování dělí na dvě základní technologie: frézování obvodem válcové frézy (obr. 1) a čelem čelní frézy (obr. 2) [3].

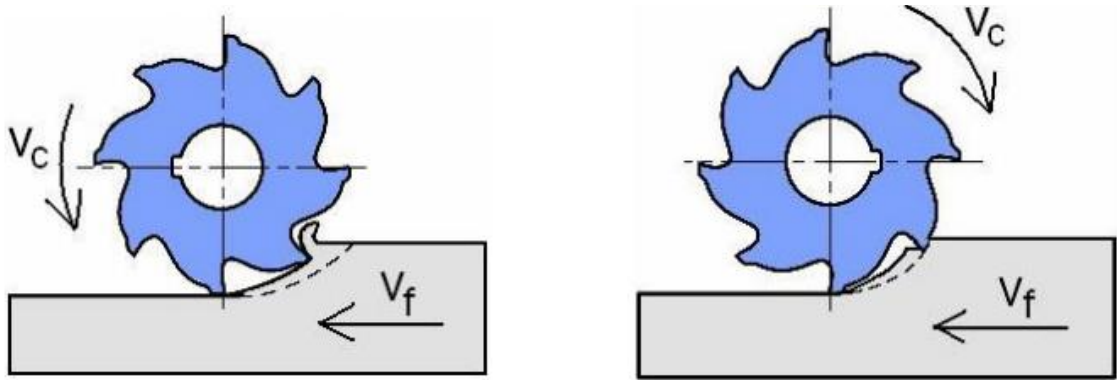


**Obr. 1:** Frézování obvodem válcové frézy [3]    **Obr. 2:** Frézování čelem čelní frézy [3]

## 1.2 Válcové frézování

Pro válcové frézování se používají válcové nebo tvarové frézy. Osa frézy se nastavuje kolmo na směr posuvu obrobku a na hloubku odebírané vrstvy. V závislosti na směru otáčení frézy a posuvu součástí se válcové frézování dělí na: nesousledné (obr. 3 vlevo) a sousledné (obr. 3 vpravo). Při nesousledném frézování je vektor řezné rychlosti nástrojů v nejnižším bodě záběru proti směru posuvu obrobku. Vnikáním nástroje do obráběné plochy vzniká obrobená plocha. Tloušťka třísky se postupně mění z nulové na maximální hodnotu. Při nulové tloušťce třísky nedochází k jejímu oddělování. Vektor řezné síly při nesousledném frézování působí směrem nahoru a tím odtlačuje obrobek od stolu [1].

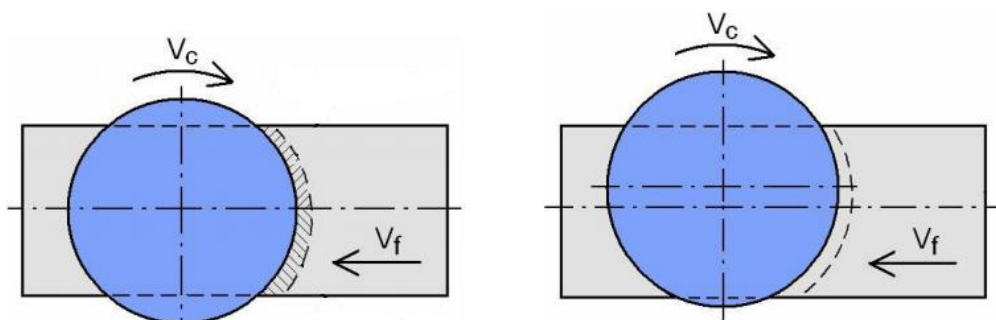
Při sousledném frézování vektor řezné rychlosti nástroje v nejnižším bodě záběru je ve směru posuvu obrobku. Když zub vychází ze záběru, vzniká obrobená plocha. Při vnikání zubu frézy do obrobku vzniká maximální tloušťka třísky. Výhoda této metody spočívá v menším potřebném řezném výkonu a vyšší trvanlivost břitů, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí.



**Obr. 3:** Nesousledné (vlevo) a sousledné (vpravo) frézování [1]

### 1.3 Čelní frézování

Čelní frézování je kombinovaným postupem obrábění prováděného břity. Břity jsou na obvodu a čele nástroje. Rotace frézy probíhá v rovině rovnoběžné se směrem radiálního posuvu obrobku [2]. Podle závislosti šířky frézované plochy  $a_e$  k průměru frézy  $D$  a také vzhledem k poloze osy frézy, frézování se dělí na symetrické (obr. 4 vlevo) a nesymetrické (obr. 4 vpravo).



**Obr. 4:** Symetrické (vlevo) a nesymetrické (vpravo) frézování [1]

## 2 Výpočet výkonu

Výkon je vždy závislý na různých veličinách: geometrie břitu, účinnost stroje, velikost měrné řezné síly, tloušťka třísky, objem odřezaného materiálu. Stupeň účinnosti stroje ( $\eta$ ) ukazuje poměr užitečného výkonu k příkonu. Výkon se rovná  $P = F_e \cdot v_e$ , ale přisuvová složka řezné síly ( $F_p$ ) a posuvová složka řezné síly ( $F_f$ ) jsou zanedbatelné vůči řezné složce (tangenciální řezné síle) ( $F_c$ ). Odsud plyne rovnice  $P = F_c \cdot v_c$ . Účinnost se mění podle konstrukce a stavu stroje, pohybuje se v hodnotách mezi 0,5 až 0,9 [2].

### 2.1 Měrná řezná síla ( $k_c$ )

Parametr “Měrná řezná síla” označuje tangenciální sílu, která je potřebná pro odebrání třísky průřezu  $1 \text{ mm}^2$   $k_c = \frac{F_c}{A_D}$ . Měrná řezná síla hraje při měření výkonu důležitou roli.

Ukazuje obrobitelnost materiálu při stejné geometrii břitu a tloušťky třísky. Řezná síla se mění v závislosti na efektivním úhlu čela a střední tloušťky třísky [2].  $k_{c1}$  je měrná řezná síla pro tloušťku třísky  $a = 1 \text{ mm}$ . Odebírání třísky způsobem, kdy tloušťka začíná od nuly je nevýhodné, protože se vytvoří kluzný efekt mezi frézou a obrobkem a vznikají síly, které odtlačují nástroj od obrobku. S tlustou třískou jsou řezné síly menší, a proto je lépe využíván výkon stroje [5].

Jeden ze způsobů je počítání pomocí empirických vztahů (1):

$$k_c = \frac{C_{Fc}}{a^{1-x}} = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \chi_r \cdot \sin \varphi)^{1-x}} \quad (1)$$

Empericky stanovené hodnoty konstant  $C_{Fc}$  a exponent  $x_v$  jsou uvedeny v tab. 1.

**Tab. 1:** Hodnoty konstant  $C_{Fc}$  a  $x_v$  [1]

	Válcové frézy		Čelní frézy	
	$C_{Fc}$	$x_v$	$C_{Fc}$	$x_v$
Nelegovaná ocel				
$R_m = 450 \text{ MPa}$	1200	0,63	1900	0,97
650 MPa	1380	0,72	2030	0,93
850 MPa	1600	0,72	1900	0,94
Chromniklová ocel				
$R_m = 550 \text{ MPa}$	1390	0,66	2030	0,90
800 MPa	1440	0,72	2970	0,90

## 2.2 Řezná síla ( $F_c$ )

Největší síly, které se vyskytují v průběhu frézování vznikají na břitu. Řezná síla se dělí na 3 složky: příusuvová složka řezné síly ( $F_p$ ), posuvová složka řezné síly ( $F_f$ ) a řezná složka ( $F_c$ ). Řezná složka nejvíce ovlivňuje příkon stroje, složka příusuvová a posuvová ovlivňují posuvové a upínací síly. Složka řezné síly  $F_c$  při čelním frézování se počítá pomocí empirického vztahu [2].

$$\text{Šířka třísky: } b = \frac{a_p}{\sin\chi_r} \quad (2)$$

$$\text{Průřez třísky: } A_D = a \cdot b = f_z \cdot a_p \cdot \sin\varphi_i \quad (3)$$

Tangenciální řezná síla na jednom břitu:

$$F_{ci} = k_c \cdot A_D = k_c \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin\varphi_i = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin\chi_r \cdot \sin\varphi)^{1-x_v}} \cdot f_z \cdot a_p \cdot \sin\varphi_i \quad (4)$$

Celková tangenciální řezná síla:

$$F_c = \sum_i F_{ci} = k_c \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin\varphi = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin\chi_r \cdot \sin\varphi)^{1-x_v}} \cdot f_z \cdot a_p \cdot \sum_i \sin^x \varphi_i \quad (5)$$

$$\text{Kde } i \text{ je } < 1, n_z > \quad (6)$$

$$\text{Počet zubů v současném záběru: } n_z = \frac{\psi}{360} \cdot z \quad [1]. \quad (7)$$

## 2.3 Vliv úhlů na nástroje

Nástrojový úhel nastavení  $\chi_r$ , úhel mezi obráběnou plochou a hlavním ostřím, je jedním z úhlů, který ovlivňuje řezné síly a tím i potřebný výkon. Čím menší je nástrojový úhel nastavení, tím vyšší je potřebný výkon [2].

**Tab. 2:** Zavislost výkonu na nástrojovém úhlů nastavení [dle 2]

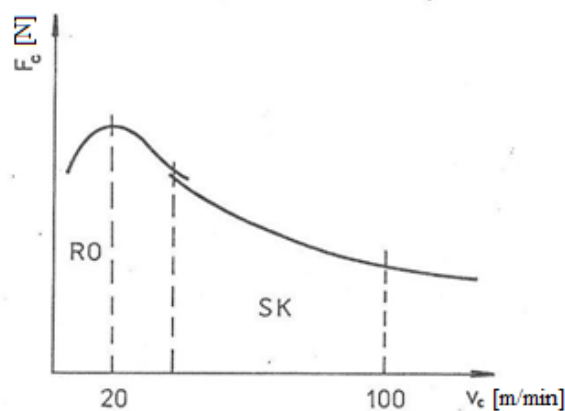
$\chi_r$	P+
90°	1%
60°	4%
45°	10%

Pozitivní ortogonální úhel čela  $\gamma_0$  zmenšuje potřebný příkon. Zvětšení úhlu čela o 1° zmenšuje příkon o 1,5% [2].



## 2.4 Vliv řezné rychlosti

Dříve se soudilo, že řezná rychlost nemá vliv na velikost řezné síly. Dnes se s pomocí novějšího výzkumu zjistila závislost, která je zobrazena v grafu 1. Tříska se tváří plynule při rychlosti 100 až 600 m.min<sup>-1</sup>, při rostoucí řezné rychlosti řezná síla klesá postupně. Jiná situace nastává při poklesu řezné rychlosti ze 100 m.min<sup>-1</sup> na 20 m.min<sup>-1</sup>, kdy řezná síla relativně silně vzrůstá. Interval vzrůstu řezné síly je v intervalu 20% a platí pro ocel a šedou litinu při středních hodnotách posuvu. Závislost  $F_c = f(v)$  nelze popsat jedinou rovnicí. Proto není vliv řezné rychlosti v experimentálních rovnicích zahrnut [11].



**Graf 1:** Závislost řezné síly na řezné rychlosti [11]

## 2.5 Vliv obráběného materiálu

Při stejných řezných podmínkách budou mít různé druhy materiálu odlišné řezné síly. Důležitým faktorem jsou různé fyzikální a mechanické vlastnosti, které se dělí na strukturu, legující přísady, tepelnou vodivost, pevnost v tahu  $R_m$  a tvrdost HB. Ze stoupající pevnosti v tahu a tvrdosti vzrůstá řezná síla. V posledních 20 letech se zjistilo, že pevnost v tahu není hlavní parametr měrné řezné síly. Například materiály z  $R_m = 400$  až 1400 MPa měly za stejných řezných podmínek maximální rozdíl řezné síly  $\pm 15$  až 30 %, když poměr  $R_m$  byl 1:3,5 [11].

## 2.6 Vliv štíhlostního poměru

Štíhlostní poměr je podíl hloubky řezu  $a_p$  a posuvu  $f_z$   $G = \frac{a_p}{f_z}$ . Pomocí novějšího výzkumu byla zjištěna závislost vlivu štíhlostního poměru na řeznou sílu a trvanlivost řezného nástroje. Nízká hodnota  $G$  snižuje řeznou sílu, nejmenší se dosahuje při čtvercovém průřezu, pro  $G = 1$ . Velký poměr  $G$  zvyšuje trvanlivost nástroje [11].

### 3 Technické údaje nástroje, stroje, chlazení, měřicího zařízení

#### 3.1 Stroj

V laboratoři katedry obrábění montáže je k dispozici frézka FNG 32. Frézka se používá především pro čelní frézování. Údaje jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tab. 3:** Údaje stroje [dle 4]

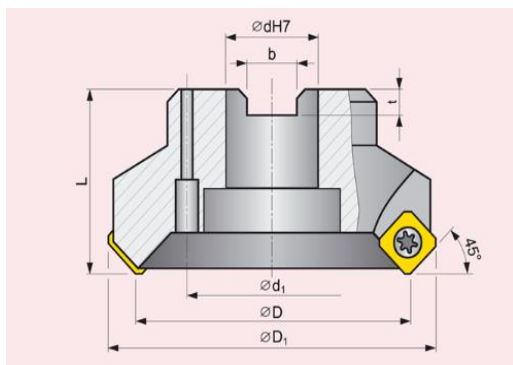
<b>Stůl</b>		
Rozměr pracovní plochy	800x400	[mm]
Vertikální vřeteno	ISO40	
Rozsah otáček – plynule	50 – 4000	[ot/min]
<b>Stroj</b>		
Výkon hlavního motoru	4,0	[kW]
Výkon posuvového motoru	1,1	[kW]
Celkový příkon	22	[kW]

#### 3.2 Nástroj a břitová destička

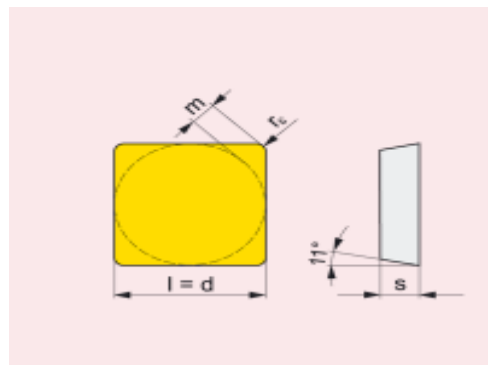
Pro měření byl použit nástroj Narex 2460.2 a břitová destička: VBD SPGN – S20120304. Údaje o nástroji a břitové destičce jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5. Fréza a břitová destička jsou představeny na obr. č 5 a 6.

**Tab. 4:** Údaje o nástroji Narex 2460.2 [dle 16]

Rozměry [mm]						
D	D <sub>1</sub>	dH7	L	t	b	z
50	52	27	65	7	12,4	4



**Obr. 5:** Fréza Narex 2460.2 [16]



**Obr. 6:** Břitová destička [16]

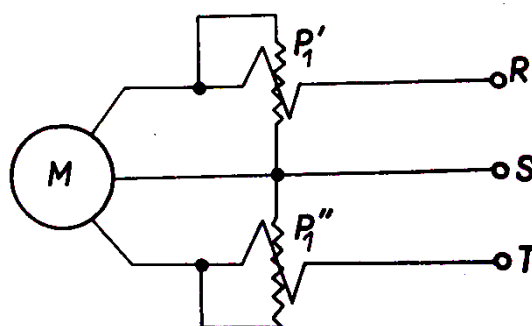
**Tab. 5:** Rozměry břitové destičky [dle 16]

Rozměry				
l	d	S	m	$r_e$
12,7	12,7	3,18	2,47	0

### 3.3 Měřicí přístroje

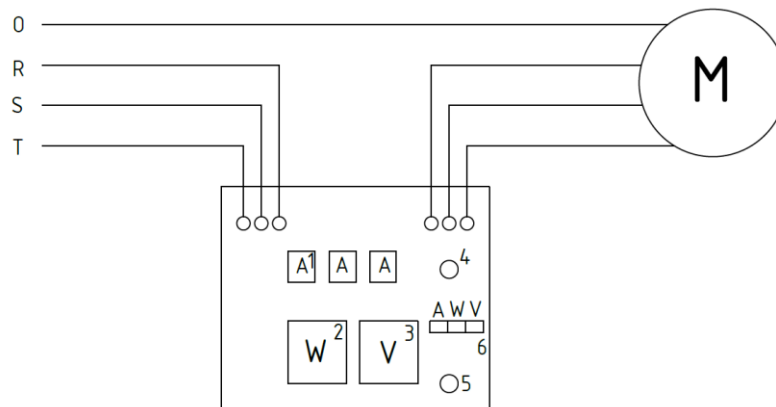
#### 3.3.1 Měřicí kufr

Počítání výkonu a měrných řezných sil nejsou tak přesné jako přímé měření. Obráběcí stroje jsou nejčastěji poháněné třífázovým asynchronním elektromotorem s kotvou nakrátko. Pro měření příkonu se většinou používají tzv. Aronovy metody měření pomocí dvou wattmetrů (obr. 7) [6].



**Obr. 7:** Aronovy metody měření [6]

Algebraický součet hodnot na prvním a druhém wattmetru je pak výsledný příkon. Jeden z přístrojů, který funguje na výše popsaném postupu, se nazývá „Měřicí kufr“. To obsahuje sdružený wattmetr, ve kterém jsou dva wattmetry a dvě napěťové cívky na společné ose. Kvůli elektromagnetickému poli se cívka natáčí a tím i ručičky wattmetru, které pak ukazují celkový výkon (obr. 8) [6].



**Obr. 8:** Měřicí kufr [6]

K levým svorkám kufru se připojuje síť, k pravým měřený spotřebič (motor). V okénku 6 se ukazují hodnoty konstant, kterými se násobí údaje ampérmetrů, voltmetru i wattmetru, aby byl výsledný proud v ampérech, napětí ve voltech a výkon ve wattech. Podle zadání se nastavuje konstantní hodnoty a postupně se mění proměnné hodnoty. Pro každé otáčky se odečítá výkon naprázdno, poté příkon stroje při obrábění  $P_{uz} = P_1 - P_0$  [6].

### 3.3.2 Dynamometr Kistler

Měření pomocí dynamometru je také jedna z přesných metod pro zjištění řezných síl. Měřítkem velikosti síly je stupeň deformace měrných elementů dynamometru při zatížení řeznou silou [6]. Měření probíhá pomocí dynamometru Kistler, který potřebuje kalibrování.



**Obr. 9:** Dynamometr Kistler

Dynamometr Kistler je tříložkový, což umožňuje měření tří kolmých složek jedné síly. Dynamometr je možné použít pro měření řezných sil při frézování, vrtání atd. Tento dynamometr má velkou tuhost  $k_f$  z čehož plyne vysoká vlastní frekvence. Obsahuje čtyři piezoelektrické snímače, z nichž každý je složen z piezoelektrických destiček, které jsou uspořádány tak, že každá zachycuje sílu v jiném směru [7]. Ke konstrukci tohoto typu snímače se využívá piezoelektrického jevu, který spočívá v tom, že se při deformování krystalu na jeho povrchu generuje elektrické náboje [8]. Dynamometr je konstruován tak, aby se náboje z jednotlivých snímačů sčítaly. Náboje z piezoelektrických snímačů jsou zpracované nábojovým zesilovačem 5019 B (obr. 10). Dynamometr je schopen měřit staticky i dynamicky [9]. Elektrický náboj, který je uvolněný pomocí piezoelektrického jevu, je transportován do nábojového zesilovače, kde se transformuje na elektrický signál a je dále zpracováván programem LabVIEW.6. Aby neovlivnila změna teploty při obrábění měření, používají se chladicí kanály.



**Obr. 10:** Nábojový zesilovač

### 3.3.3 Třífázový analyzátor výkonu DW 6092

Analyzátor výkonu DW 6092 umožňuje změřit činný, zdánlivý nebo jalový výkon. V našem případě potřebujeme změřit jenom činný výkon. Analyzátor má funkci TRMS „TrueRootMean Square” (doslovně „reálná odmocnina průměru čtverců“), což znamená, že výkon je možné provést i když signál není sinusový. DW 6092 má rozsah měření U AC od 10 do 600 [V] a I AC od 0,2 do 1200 [A]. Třífázový analyzátor výkonu DW 6092 počítá výkon pomocí proudové sondy. Princip fungování spočívá v tom, že proudová sonda (proudový transformátor, proudové kleště) slouží k měření rušivého proudu protékajícího vodičem, a to bez jeho přerušení [17].



**Obr. 11:** Třífázový analyzátor výkonu DW 6092 [18]

## 4 Návrh metodiky experimentů

Hlavní úlohou bakalářské práce je porovnání měřicích přístrojů: měřicího kufru, analyzátoru výkonu DW 6092 a dynamometru Kistler.

Měření bude probíhat na frézce FNG 32 (viz 3.1), způsob frézování čelní. Obrábění bude probíhat za sucha, v průběhu měření bude použit obráběcí materiál 16MnCr5. V rámci realizace experimentu byla práce rozdělena na tři dílčí experimenty:

### Experiment 1:

Při hodnocení závislosti užitečného výkonu na řezné rychlosti budou nastavené konstantní hodnoty: hloubka záběru 1 mm, posuvová rychlost 25 mm/min. Řezná rychlost je proměnná hodnota, která se bude měnit desetkrát: 30 m.min<sup>-1</sup>, 57 m.min<sup>-1</sup>, 84 m.min<sup>-1</sup>, 111 m.min<sup>-1</sup>, 138 m.min<sup>-1</sup>, 165 m.min<sup>-1</sup>, 192 m.min<sup>-1</sup>, 219 m.min<sup>-1</sup>, 246 m.min<sup>-1</sup>, 273 m.min<sup>-1</sup>.

### Experiment 2:

Při hodnocení závislosti užitečného výkonu na hloubce záběru budou nastavené konstantní hodnoty: posuvová rychlost 25 mm/min, řezná rychlost 150 m.min<sup>-1</sup>. Hloubka záběru je proměnná hodnota, která se bude měnit desetkrát 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm, 0,50 mm, 1,00 mm, 1,50 mm, 2,00 mm, 2,50 mm, 3,00 mm.

### Experiment 3:

Při hodnocení závislosti užitečného výkonu na posuvové rychlosti budou nastavené konstantní hodnoty: řezná rychlost 150 m.min<sup>-1</sup>, hloubka záběru 1 mm. Posuvová rychlost je proměnná hodnota, která se bude měnit desetkrát: 20 mm/min, 38 mm/min, 56 mm/min, 74 mm/min, 92 mm/min, 110 mm/min, 128 mm/min, 146 mm/min, 164 mm/min, 188 mm/min. Každé měření se opakuje pětkrát.

### 4.1 Příprava měření

Fréza Narex 50 2460.2 se upne do vřetena. Pro každé řezné podmínky se používá nová břitová destička VBD – SPGN – S20120304, aby měření neovlivnilo opotřebení nástroje (viz 3.2). Na příčný stůl frézky se umístí dynamometr Kistler, který se upevní pomocí čtyř šroubů. Na dynamometru bude uchycený svěrák, ve svěráku bude upnut



zkušební vzorek. K levým svorkám měřicího kufru připojíme síť, k pravým třífázový analyzátor výkonu, pak analyzátor výkonu spojíme s frézou. Musíme také zkalibrovat dynamometr Kistler pomocí siloměru, aby měření bylo přesnější.

## 4.2 Průběh měření

Po nastavení parametru v závislosti na druhu experimentu (tab. 7 – 9) nastroj zapneme naprázdno a změřeny výkon zapíšeme do tabulek. Pak se měří výkon, když fréza bude v záběru s obrobkem. Každé měření se opakuje 5 krát. Způsob obrábění výsledků každého měřicího přístroje je různý (viz 5.6). Výsledky měřicího kufru odečteme pomocí počtu dílků. Výsledky dynamometru Kistler se zjistí pomocí nábojového zesílovače a programu LabVIEW.6.1. Třífázový analyzátor výkonu DW 6092 ukazuje výsledek měření  $P_{už}$  přímo na displeji (viz 5.6).

**Tab. 6:** Konstantní parametry

<b>Stroj</b>	<b>Frézka FNG32</b>		
Zkušební vzorek	16MnCr5		
Způsob frézování	čelní		
<b>Podmínky experimentu</b>			
Frézovací hlava	Narex 50 2460.2		
Břítová destička	VBD – SPGN – S20120304		
<b>Měřené parametry</b>	řezná síla	$F_c$	[N]
	úžitečný výkon	$P_{už}$	[W]
<b>Měřicí aparatura</b>	Třífázový analyzátor výkonu DW 6092		
	Dynamometr Kistler		
	Měřicí kufr		

**Tab. 7:** Nastavené parametry pro sledování závislosti užitečného výkonu na řezné rychlosti

$P_{už} = f(v_c)$										
$v_f = 25 [mm.min^{-1}], a_p = 1,0 mm$										
$v_c [m.min^{-1}]$	30	57	84	111	138	165	192	219	246	273

**Tab. 8:** Nastavené parametry pro sledování závislosti užitečného výkonu na hloubce zaběru

$P_{už} = f(a_p)$										
$v_f = 25 [mm.min^{-1}], v_c = 150 m.min^{-1}]$										
$a_p [mm]$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00

**Tab. 9:** Nastavené parametry pro sledování závislosti užitečného výkonu na rychlosti posuvu

$P_{už} = f(v_c)$										
$a_p = 1,0 [mm], v_c = 150 [m.min^{-1}]$										
$v_f [mm.min^{-1}]$	30	57	84	111	138	165	192	219	246	273

### 4.3 Návod pro přesnější měření

Abychom mohli zaručit, že měření odpovídalo všem technickým předpisům uvedeným v návodu k použití, musíme splnit následující předpisy:

1. Nastavit citlivost nábojového zesílovače v souladu s hodnotami stanovených při kalibraci.
2. Nastavit rozsah nábojového zesílovače tak, aby výstupní signál zůstal v rozsahu 5...10 V.
3. Rozehřát nábojový zesílovač po dobu nejméně jedné hodiny.
4. Zabránit proudění tepla na dynamometr v průběhu měření.
5. Snímač síly musí být namontovaný pod předpětím, aby mohly smykové síly  $F_x$  a  $F_y$  přenášet statické tření ze základny a krycí desky k povrchu převodníku síly. Potřebné předpětí závisí na smykové síle, kterou musí přenášet. Měřicí

rozsah je uveden v technických datech a je platný pro standardní předpětí 70 kN.

6. Uvést nábojový zesílovač do provozního režimu před zahájením měření.
7. Pro přesnější měření síly je třeba nastavit nízkofrekvenční propust do 1/3 rezonanční frekvence.
8. Zajistit předepsané klimatické podmínky v těchto tolerancích: teplota  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , vlhkost vzduchu  $42\% \pm 5\%$ . [13]

## 4.4 Zpracování naměřených dat

### 4.4.1 Statistické výpočty

Statistické výpočty jsou jednou z nejdůležitějších částí této bakalářské práce, protože hodnocení přesnosti přístrojů je závislé na kvalitě provedení experimentu a jeho dalšího statistického zpracování. Přesnost přístrojů se počítá pomocí statistického intervalu spolehlivosti. Pak bude zkontrolován rozdíl mezi výsledky měření, postup kontroly bude popsán níže.

Abychom mohli porovnat výsledky měření z dvou nebo více naměřených dat, prvním krokem bude výpočet aritmetického průměru jednotlivých opakování za stejných řezných podmínek. V této kapitole  $x$  bude použit na označení výsledku testů, a  $\bar{x}$  je aritmetický průměr,  $N$  - počet měření [12].

Aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N} \quad (8)$$

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

Statistický interval spolehlivosti je interval, v rámci kterého budou výsledky měření umístěny s předpokládanou pravděpodobností:

$$\bar{x}_{max} = \bar{x} + t \cdot \frac{s}{\sqrt{N-1}} \quad (10)$$

a

$$\bar{x}_{min} = \bar{x} - t \cdot \frac{s}{\sqrt{N-1}} \quad (11)$$

V našem případě bude použita hodnota  $t = 2,776$  pro pět měření se spolehlivostí 95% [12].

#### 4.4.2 Zpracování naměřených dat z dynamometru Kistler

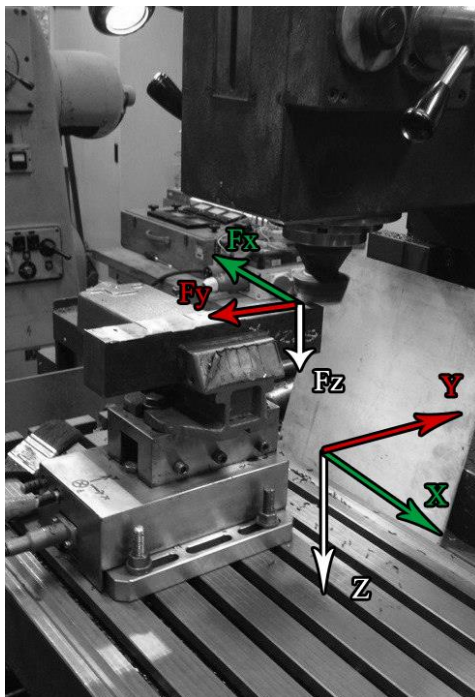
V průběhu měření se fréza posouvá proti směru osy Y, přísuv je ve směru osy Z. Síla  $F_z$  je přísuvová, síla  $F_y$  je posuvová a síla  $F_x$  je řezná. V daném případě (obr. 12) je největší řezná plocha ve směru posuvu frézy a kolmá na osu X (viz kapitola 3). V průběhu obrábění  $v_z = 0 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , hodnota  $v_f$  je závislá na podmínkách experimentu, ale vůči řezné rychlosti je zanedbatelná. Proto:

$$F_c = F_x \quad (12)$$

$$F_f = F_y \quad (13)$$

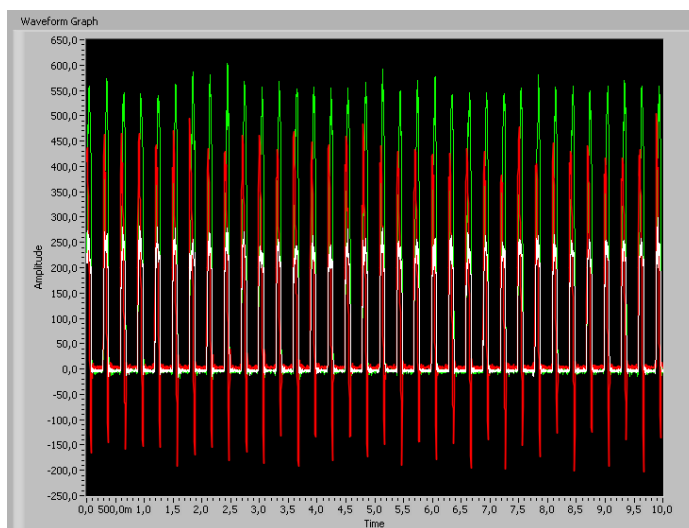
$$F_p = F_z \quad (14)$$

$$P_{už} = F_c \cdot v_c + F_p \cdot v_z + F_f \cdot v_f \approx F_c \cdot v_c \quad (15)$$



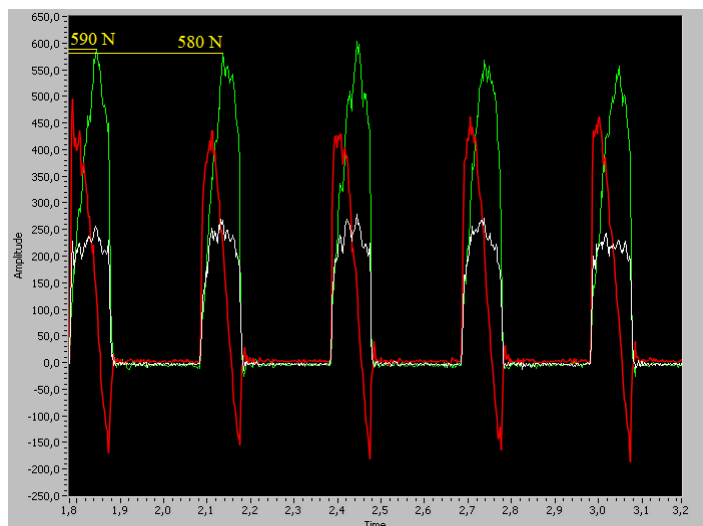
Obr. 12: Fréza a síly

Program LabVIEW 6.1 je nastavený tak, aby udával výsledek v Newtonech. Kvůli neplynulému pohybu břitu uvnitř obrobku bude mít graf rostoucí a klesající funkce a při každém posuvu bude růst a klesat (obr. 13).



**Obr. 13:** Příklad vyhodnocení řezné síly v LabVIEW 6.1

$F_c = F_x$  – zelená barva,  $F_f = F_y$  – červená barva,  $F_p = F_z$  – bílá barva



**Obr. 14:** Zvětšení oblasti LabVIEW 6.1

Výsledky měření v LabVIEW 6.1 budou uloženy pro další statistické zpracování: aritmetický průměr, směrodatná odchylka, statistický interval spolehlivosti. Program

LabVIEW 6.1 je nastaven ukazovat hodnoty naměřené dynamometrem Kistler v průběhu od 0 do 10 sekund. Graf rozdělíme pro snadnější odečtení dat a statistické analyzování na pět oblastí: první oblast je cca od 0 do 1 sekundy, druhá od 1,2 do 2,2 sekundy, třetí od 4 do 5 sekund, čtvrtá od 6,7 do 7,7 sekund, pátá od 8,7 do 10 sekund, nejdůležitější je, aby v oblasti bylo alespoň 5 píků. Princip odečítání je v tom, že se měří špička píků řezné síly, která je víc než 50 % od maximální řezné síly (viz obr. 14), protože při vyšších řezných rychlostech bude docházet k vibracím. Tentýž postup bude zopakován pro každé měření.

#### **4.4.3 Zpracování naměřených dat z třífázového analyzátoru výkonu DW 6069 – 0 a měřicího kufru**

Jakmile fréza dosáhne středu obrobku, zapíše se počet dílků z měřicího kufru do tabulek (příloha č. 2 tab. p1 – p3), výsledek z displeje analyzátoru výkonu zapíšeme do tabulky (příloha č. 1 tab. p1 – p3) pro další statistické zpracování: aritmetický průměr, směrodatná odchylka, statistický interval spolehlivosti. Postup odečítání hodnot je důležitý: nejprve se odečtou hodnoty na měřicím kufru a pak z analyzátoru výkonu, protože druhý výsledek se udává se zpožděním cca 1 – 2 sekund. Změna otáček vřetena ovlivňuje výkon stroje, proto se před každým měřením, kdy se budou měnit otáčky, bude do tabulky zapisovat výkon naprázdno. Tentýž postup bude zopakován pro každé měření.

## 5 Realizace experimentů

Na začátku, před vlastním měřením, byl připraven stroj včetně nástroje (viz 4.1). Pro přesnější měření byly splněny všechny návody, které jsou popsány v kapitole 5.6. Pro experimentální část bakalářské práce byl zvolen materiál 16MnCr5, který byl předem rozřezán pro upnutí do svěráku. Toto značení odpovídá oceli ČSN 14 220.3.

### 5.1 Nová metoda zpracování naměřených dat z dynamometru Kistler

V průběhu měření bylo zjištěno, že užitečný výkon spočítaný pomocí dynamometru Kistler byl větší než užitečný výkon, který byl zaznamenán pomocí třífázového analyzátoru výkonu DW 6069 – 0 a měřicího kufru. Pro zjištění příčiny byly prozkoumány metodiky zpracování výsledků z dynamometru Kistler (viz 4.4.2). Na grafu (obr. 14) můžeme vidět, jak řezná síla vzrůstá, pokud je břit v záběru s obrobkem a klesá, pokud je již materiál odebrán z místa řezu a piezoelektrická destička dynamometru není zatížena. Proto frézka nějaký čas pracuje naprázdno mezi každým píkem, dokud se fréza neposune dál v místě řezu. To znamená, že analyzátor výkonu DW 6069 – 0 a měřicí kufr nejsou principiálně schopné zaznamenat rozdíl výkonu v okamžiku, kdy je břit frézy v záběru a v okamžiku, kdy břit nástroje v záběru není. Oba tyto přístroje zaznamenávají střední hodnotu výkonu stroje, která je vždy menší než výkon maximální. Aby bylo možné porovnat hodnoty výkonu naměřené dynamometrem Kistler a hodnoty výkonu dalších dvou měřicích přístrojů, byla navržena speciální metoda zpracování dat z dynamometru Kistler. Podstata této metody spočívá v tom, že umožňuje nekonstantní hodnotu maximálního užitečného výkonu transformovat na konstantní hodnotu efektivního užitečného výkonu, kterou lze přímo porovnat s dalšími hodnotami užitečného výkonu, které byly stanoveny třífázovým analyzátozem výkonu DW 6069 – 0 a měřicí kufrem.

Pro správné porovnání měřicích přístrojů mezi sebou musí být z naměřeného průběhu síly (viz obr. 15) spočítána efektivní řezná síla

$$F_{cef} = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \cdot \int_{t_1}^{t_2} F_c(t) \cdot dt \quad (16)$$

Funkce závislosti řezné síly na čase je složité určit, protože pomocí programu LabVIEW 6.1 teď dostáváme jen graficky výstup složek řezných síl, proto bude výpočet

plochy proveden bez pomoci integrálu. Vysledný graf z LabVIEW 6.1 byl proto doplněn sítí, která umožňuje spočítat plochu uvnitř jednotlivých píků (obr. 15).

$F_c = F_x$  – zelená barva,  $F_f = F_y$  – červená barva,  $F_p = F_z$  – bílá barva



**Obr. 15:** Experiment č. 1, řezná rychlost  $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , měření č. 1, oblast č. 2

Efektivní řezná síla se pak dopočítá:

$$F_{cef} = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \cdot S \cdot N_p \quad (17)$$

Kde  $S$  je plocha uvnitř jednoho píku;  $t_2$  – čas na konci oblasti;  $t_1$  – čas na začátku oblasti,  $N_p$  – počet píků počítané oblasti.

Efektivní užitečný výkon se dopočítá:

$$P_{užef} = F_{cef} \cdot v_c \quad (18)$$

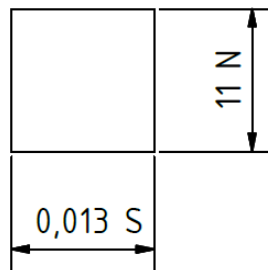
### 5.1.1 Výpočet efektivního užitečného výkonu a poměru mezi maximalní řeznou silou a efektivní řeznou silou

Koeficient, který bude vypočtený v této kapitole, platí pro každé měření a není závislý na změně řezných podmínek provedených v této bakalářské práci. Koeficient je závislý na úhlu zaběru, který se v daném případě neměnil. To znamená, že stačí spočítat poměr mezi maximalní řeznou silou a efektivní řeznou silou jenom pro jednu oblast. Stačí



nasobit jakou koliv oblast měření vypočteným koeficientem a průměr maximální řezné síly oblasti se změní na efektivnou řeznou sílu dané oblasti. Pro výpočet byla náhodně vybrána oblast z experimentu č. 1, řezná rychlost  $30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , měření č. 1, oblast č. 2, která je zobrazená na obrázku (obr. 15).

V programu Photoshop byla vytvořena síť, která byla naložena na obrázek 15. Tato síť umožňuje spočítat plochu uvnitř píku. Parametry jednoho čtverce: šířka je 0,013 sekund a výška je 11 Newtonu (obr. 16).



**Obr. 16:** Čtverec síti

Plocha jednoho čtverce sítě:  $s_1 = 0,013 \cdot 11 = 0,146 \text{ N} \cdot \text{s}$  (19)

Z pěti píků zobrazených na obrázku 15 pro výpočet byl náhodně vybrán třetí pík. Protože píky v dané oblasti jsou skoro stejné, bude spočítána plocha uvnitř jen třetího píku.

Aby spočítat plochu uvnitř třetího píku, byl ručně spočítan počet čtverců sítě pod třetím píkem řezné síly (zelená barva):

$$N = 255$$

$$S = s_1 \cdot N = 37,23 \text{ N} \cdot \text{s} \quad (20)$$

Pro výpočet bude vzat úsek od 2,1 sekund do 3,1 sekund, protože část prvního píku není viditelná. Počet píků ve zvoleném časovém úseku je:

$$N_p = 4; \quad t_1 = 2,1 \text{ s}; \quad t_2 = 3,1 \text{ s}$$

$$F_{cef} = \frac{S \cdot N_p}{t_2 - t_1} = \frac{37,23 \cdot 4}{3,1 - 2,1} = 149 \text{ N} \quad (21)$$

Průměr maximální řezné síly v dané oblasti se rovná:  $F_{c_{max}} = 573 \text{ N}$

Poměr mezi maximální řeznou silou a efektivní řeznou silou se rovná:

$$k = \frac{F_{cef}}{F_{cmax}} = \frac{149}{573} = 0,26 \quad (22)$$

$$P_{už_{ef}} = P_{už_{max}} \cdot k = 286,5 \cdot 0,26 = 74,49 \text{ W} \quad (23)$$

U každého experimentu jsou v záhlaví tabulky uvedeny konstantní řezné podmínky a níže proměnné řezné podmínky. Pro každý experiment platí tabulka č. 6. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách (10 – 15). V jednotlivých tabulkách je vždy zaznamenán užitečný výkon  $P_{už}$ .

## 5.2 Experiment 1

Byly použity řezné podmínky podle tabulky 7. V průběhu měření byla sledována závislost užitečného výkonu na řezné rychlosti. Výsledky experimentů jsou uvedeny v tabulkách 10 – 11.

**Tab. 10:** Naměřený a statisticky zpracovaný užitečný výkon prvního experimentu pro  $v_c$  od 30 do 138 [ $m \cdot min^{-1}$ ]

$P_{už} = f(v_c)$					
$v_f = 25 [mm \cdot min^{-1}] , a_p = 1,00 mm$					
$v_c [m \cdot min^{-1}]$	30	57	84	111	138
Dynamometr Kistler $P_{už_{max}}$ [W]	280 ± 15	309 ± 11	331 ± 18	349 ± 33	418 ± 34
Analyzátor výkonu $P_{už_A}$ [W]	277 ± 6	278 ± 5	292 ± 11	295 ± 10	322 ± 15
Měřicí kufr $P_{už_K}$ [W]	275 ± 2	277 ± 3	278 ± 3	282 ± 7	305 ± 13
Dynamometr Kistler $P_{už_D}$ [W]	75 ± 3	80 ± 3	86 ± 5	91 ± 9	109 ± 9

**Tab. 11:** Naměřený a statisticky zpracovaný užitečný výkon prvního experimentu pro  $v_c$  od 165 do 273 [ $m \cdot min^{-1}$ ]

$P_{už} = f(v_c)$					
$v_f = 25 [mm \cdot min^{-1}], a_p = 1,00 mm$					
$v_c [m \cdot min^{-1}]$	165	192	219	246	273
Dynamometr Kistler $P_{už_{max}}$ [W]	487 ± 40	441 ± 107	486 ± 138	808 ± 122	707 ± 67
Analyzátor výkonu $P_{už_A}$ [W]	329 ± 12	311 ± 13	305 ± 6	379 ± 18	355 ± 14
Měřicí kufr $P_{už_K}$ [W]	312 ± 25	289 ± 24	301 ± 3	388 ± 65	348 ± 14
Dynamometr Kistler $P_{už_D}$ [W]	126 ± 10	115 ± 28	126 ± 36	210 ± 32	184 ± 17

### 5.3 Experiment 2

Byly použity řezné podmínky podle tabulky 8. V průběhu měření se měnila hloubka záběru a byla sledována závislost užitečného výkonu na hloubce záběru. Výsledky experimentů jsou uvedeny v tabulkách 12 – 13.

**Tab. 12:** Naměřený a statisticky zpracovaný užitečný výkon druhého experimentu pro  $a_p$  od 0,05 do 0,50 [mm]

$P_{už} = f(a_p)$					
$v_f = 25 [mm \cdot min^{-1}], v_c = 150 mm$					
$a_p [mm]$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,50
Dynamometr Kistler $P_{už_{max}}$ [W]	149 ± 16	141 ± 75	162 ± 50	104 ± 21	207 ± 21
Analyzátor výkonu $P_{už_A}$ [W]	245 ± 16	231 ± 20	241 ± 16	231 ± 12	263 ± 9
Měřicí kufr $P_{už_K}$ [W]	238 ± 5	218 ± 18	225 ± 19	211 ± 8	246 ± 11
Dynamometr Kistler $P_{už_D}$ [W]	39 ± 4	37 ± 20	42 ± 13	27 ± 5	60 ± 5

**Tab. 13:** Naměřený a statisticky zpracovaný užitečný výkon druhého experimentu pro  $a_p$  od 1,00 do 3,00 [mm]

$P_{už} = f(a_p)$					
$v_f = 25 [mm.min^{-1}], v_c = 150 mm$					
$a_p [mm]$	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Dynamometr Kistler $P_{už_{max}}$ [W]	359 ± 32	579 ± 46	765 ± 49	999 ± 47	1193 ± 43
Analyzátor výkonu $P_{už_A}$ [W]	293 ± 7	338 ± 15	382 ± 9	424 ± 8	455 ± 8
Měřicí kufr $P_{už_K}$ [W]	284 ± 9	320 ± 4	362 ± 5	408 ± 22	440 ± 4
Dynamometr Kistler $P_{už_D}$ [W]	93 ± 8	151 ± 12	199 ± 13	260 ± 12	310 ± 11

### 5.4 Experiment 3

Byly použity řezné podmínky tabulky 9. V průběhu měření se měnila posuvová rychlost. Byla sledována závislost užitečného výkonu na rychlosti posuvu. Výsledky experimentů jsou uvedené v tabulkách 14 – 15.

**Tab. 14:** Naměřený a statisticky zpracovaný užitečný výkon třetího experimentu pro  $v_f$  od 20 do 92 [mm.min<sup>-1</sup>]

$P_{už} = f(v_f)$					
$a_p = 1,00 [mm], v_c = 150 mm$					
$v_f [mm.min^{-1}]$	20	38	56	74	92
Dynamometr Kistler $P_{už_{max}}$ [W]	405 ± 42	475 ± 55	580 ± 32	683 ± 54	776 ± 20
Analyzátor výkonu $P_{už_A}$ [W]	300 ± 16	317 ± 12	364 ± 15	398 ± 18	438 ± 13
Měřicí kufr $P_{už_K}$ [W]	286 ± 18	303 ± 11	348 ± 22	375 ± 21	439 ± 20
Dynamometr Kistler $P_{už_D}$ [W]	105 ± 11	123 ± 14	151 ± 8	178 ± 14	202 ± 5

**Tab. 15:** Naměřený a statisticky zpracovaný užitečný výkon třetího experimentu pro  $v_f$  od 110 do 92 [mm.min<sup>-1</sup>]

$P_{už} = f(v_f)$					
$a_p = 1,00 [mm], v_c = 150 mm$					
$v_f [mm.min^{-1}]$	110	128	146	164	188
Dynamometr Kistler $P_{už_{max}}$ [W]	874 ± 50	941 ± 63	992 ± 134	1226 ± 161	1188 ± 24
Analyzátor výkonu $P_{už_A}$ [W]	461 ± 7	491 ± 25	527 ± 25	583 ± 48	583 ± 11
Měřicí kufr $P_{už_K}$ [W]	463 ± 19	494 ± 21	515 ± 22	586 ± 64	582 ± 30
Dynamometr Kistler $P_{už_D}$ [W]	227 ± 13	245 ± 16	258 ± 35	319 ± 42	309 ± 6

## 6 Hodnocení experimentů

Práce se skládá ze třech experimentů. Užitečný výkon byl naměřen a statisticky zpracován na třech měřicích přístrojích: na dynamometru Kistler, na třífázovém analyzátoru výkonu DW 6069 – 0 a měřicím kufru. Výsledky měření jsou zobrazeny v tabulkách 10 – 15. Užitečný výkon vypočtený pomocí empirických vztahů je uveden v (příloha č. 3 tab. p1 – p3). V této kapitole byl efektivní užitečný výkon odečtený pomocí: dynamometru Kistler, označuje se  $P_{užD}$ , třífázového analyzátoru výkonu  $P_{užA}$ , měřicího kufru  $P_{užK}$ . Výsledné hodnoty uvedené v tabulkách jsou zpracovány do přehledných grafů 2 – 4. Pomocí výsledných hodnot se budou porovnávat výsledky měřicích přístrojů mezi sebou.

Pro pochopení, proč jsou výsledky naměřené pomocí elektřiny a dynamometru tak odlišné, je třeba poznamenat rozdíl mezi principy zpracování dat. Při odečítání píku řezné síly (viz 4.4.2) se počítá maximální řezná síla v průběhu měření, odsud tedy plyne to, že ve výsledku bude uveden maximální užitečný výkon, který nemůžeme porovnat s efektivním užitečným výkonem:

$$P_{užmax} = F_{cmax} \cdot v_c \quad (24)$$

$$P_{užmax} > P_{užef} \quad (25)$$

Proto byla z výsledných grafů řezné síly spočítána efektivní řezná síla  $F_{cef}$  (viz kapitola 5.1), pomocí které pak byl dopočítán efektivní užitečný výkon, který už můžeme porovnat s efektivním užitečným výkonem naměřeným pomocí analyzátoru výkonu DW 6069 – 0 a měřicího kufru:

$$P_{užD} = P_{užef} = F_{cef} \cdot v_c \quad (26)$$

Princip měřicího kufru spočívá v tom, že přístroj obsahuje sdružený wattmetr, ve kterém jsou dva wattmetry a dvě napěťové cívky na společné ose. Kvůli elektromagnetickému poli se cívka natáčí a tím i ručičky wattmetru, které pak ukazují celkový výkon. Natočení ručičky wattmetru je závislé na napětí a proudu. Třífázový analyzátor výkonu DW 6092 počítá výkon pomocí proudové sondy. Princip fungování spočívá v tom, že proudová sonda (proudový transformátor, proudové kleště) slouží k měření rušivého proudu protékajícího vodičem, a to bez jeho přerušení [17]. Napětí a

proud jsou střídavé a mají maximální a minimální hodnoty. Ale při výpočtu výkonu pracují měřicí přístroje s efektivními hodnotami a odsud plyne, že ve výsledku bude uveden efektivní užitečný výkon a také analyzátor výkonu DW 6069 – 0 a měřicí kufr nejsou principiálně schopné zaznamenat rozdíl výkonu v okamžiku kdy je břit frézy v záběru a v okamžiku, kdy břit nástroje v záběru není:

$$P_{užA} = P_{užK} = P_{užef} = U_{ef} \cdot I_{ef} \quad (27)$$

Dynamometr Kistler v průběhu frézování měří menší efektivní užitečný výkon než měřicí kufr a třífázový analyzátor výkonu DW 6092 cca o 150 – 200 W. Zde se mohlo nepříznivě projevit to, že se neuvažovala složka třecí síly, která, jak bylo experimentálně prokázáno, je srovnatelně velká s řeznou silou a která působí proti směru řezné síly a tím ovlivňuje potřebný výkon stroje. Určitý vliv na výsledné hodnoty mohlo mít také to, že jsme při našich úvahách uvažovali konstantní hodnotu účinnosti stroje, což nemusí platit v celém rozsahu použitých řezných podmínek. Při zvýšení řezné rychlosti rostly odchylky na dynamometru Kistler rychleji, než u analyzátoru výkonu a měřicího kufru, a to kvůli vibraci zkušební vzorku v průběhu obrábění, která byla způsobena velkou zátěží.

## 6.1 Teoretický výpočet užitečného výkonu

Teoretická hodnota řezné síly a užitečného výkonu za sucha byly spočítány pomocí empirických vztahů. Teoretický výpočet se může lišit od reálných hodnot například kvůli tomu, že obráběné vzorky mají odchylku v mezi pevnosti, 16MnCr5 má rozsah (685 – 930) MPa, odsud plyne, že hodnoty  $C_F$  a  $x$  nejsou při výpočtu přesné. Další vlivy jsou popsány v kapitole 3.

Příklad výpočtu užitečného výkonu pro řezné podmínky prvního experimentu: rychlost posuvu  $v_f = 20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , hloubka záběru  $a_p = 1,00 \text{ mm}$ , řezná rychlost  $v_c = 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$f_z = \frac{v_f}{n} = \frac{25}{191} = 0,13 \text{ mm} \quad (28)$$

$$A_D = a \cdot b = f_z \cdot a_p \cdot \sin\varphi_i = 0,13 \cdot 1 \cdot \sin 90^\circ = 0,13 \text{ mm}^2 \quad (39)$$

$$b = \frac{a_p}{\sin\chi_r} = \frac{1}{\sin 45^\circ} = 1,41 \text{ mm} \quad (30)$$

Pro čelní frézování a ocel 16MnCr5 je mez pevnosti (685 – 930) MPa. Podle tabulky 1 zvolíme:  $C_{Fc} = 2030$ ,  $x_v = 0,93$ .

$$k_c = \frac{C_{Fc}}{a^{1-x_v}} = \frac{2030}{(f_z \cdot \sin \chi_r \cdot \sin \varphi)^{1-x_v}} = \frac{2030}{(0,026 \cdot \sin 45^\circ \cdot \sin 90^\circ)^{1-x_v}} = 2367 \frac{N}{mm^2} \quad (31)$$

$$F_c = k_c \cdot A_D = k_c \cdot a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i = \frac{C_{Fc}}{(f_z \cdot \sin \chi_r \cdot \sin \varphi)^{1-x_v}} \cdot f_z \cdot a_p \cdot \sin \varphi_i = 314 N \quad (32)$$

$$P_{u\check{z}} = F_c \cdot v_c = \frac{314 \cdot 30}{60} = 157 W \quad (33)$$

Výpočet užitečného výkonu je proveden z důvodu porozumění jeho růstu nebo klesání v určitém úseku. Z důvodu velkého počtu vlivů, které nejsou zahrnuty ve výpočtu pomocí empirického vztahu, nebudou výsledky teoretického výpočtu porovnávány se skutečnými hodnotami. Výsledky teoretického výpočtu budou zpracované v programu Microsoft Excel a dosazeny do grafu 2 – 4. Tabulka se spočítanými hodnotami empirické metody je uvedena v příloze (příloha č. 3 tab. p1 – p3).

## 6.2 První experiment: sledování závislostí užitečného výkonu na řezné rychlosti

Při sledování závislosti užitečného výkonu na řezné rychlosti bylo zjištěno, že užitečný výkon při změně řezné rychlosti měl nelineární charakter s růstem a klesáním v určitých úsecích. Pro snadnější analýzu experimentu se hodnocení výsledku rozdělí na úseky podle řezné rychlosti a průběhu funkce. Nelineární průběh s klesáním a růstem je výsledkem toho, že se v průběhu měření mění velký počet parametrů. Zvětšení řezné rychlosti vyvolá zmenšení posuvu na zub, protože posuv na zub je závislý na rychlosti posuvu a otáčkách vřetena:

$$f_z = \frac{v_f}{n} \quad (34)$$

Menší posuv na zub způsobí zmenšení průřezu třísky a zvětšení štíhlostního poměru. Menší průřez třísky zmenšuje řeznou sílu. Závislost řezné rychlosti na plynulosti tvoření třísky ovlivňuje řeznou sílu, při zvětšení řezné rychlosti řezná síla klesá. Při zvětšení štíhlostního poměru G se řezná síla zvětšuje. (viz kapitola 3.4 a 3.6). Souhrn velkého počtu faktorů určuje nelineární závislost užitečného výkonu na řezné rychlosti.



### **První úsek: od 30 m.min<sup>-1</sup> do 111 m.min<sup>-1</sup>**

Jak je vidět z tabulky 10, při řezné rychlosti 30 m.min<sup>-1</sup> statisticky zpracované výsledky ze třech měřicích přístrojů ukázaly: dynamometr Kistler zaznamenal  $P_{užD} = 75 \pm 3$  W, třífázový analyzátor výkonu zaznamenal  $P_{užA} = 277 \pm 6$  W a měřicí kufr zaznamenal  $P_{užK} = 275 \pm 2$  W. Z tabulky (příloha č. 5 tab. p1 – p4) je zřejmé, že v daném úseku poklesl průměr maximální řezné síly cca 3 krát ze 557 N na 189 N. Podle tabulky 10, od  $v_c = 30$  m.min<sup>-1</sup> do  $v_c = 111$  m.min<sup>-1</sup> každý z přístrojů zaznamenal plynulý růst užitečného výkonu. Pro řeznou rychlost  $v_c = 111$  m.min<sup>-1</sup>:  $P_{užD} = 91 \pm 9$  W,  $P_{užA} = 295 \pm 10$  W,  $P_{užK} = 282 \pm 7$  W.

### **Druhý úsek: od 111 m.min<sup>-1</sup> do 165 m.min<sup>-1</sup>**

Jak je vidět z tabulek 10 – 11, od  $v_c = 111$  m.min<sup>-1</sup> do  $v_c = 165$  m.min<sup>-1</sup> zaznamenaly měřicí přístroje rychlejší růst užitečného výkonu než od  $v_c = 30$  m.min<sup>-1</sup> do  $v_c = 111$  m.min<sup>-1</sup>, kvůli tomu, že se pokles řezných síl při zvětšení řezné rychlosti zpomalil. Podle tabulky (příloha č. 5 tab. p4 – p6) v daném úseku poklesl průměr maximální řezné síly ze 189 N na 177 N. Z tabulky 11 je zřejmé, že při řezné rychlosti 165 m.min<sup>-1</sup> nabývají výsledky hodnot:  $P_{užD} = 126 \pm 10$  W,  $P_{užA} = 329 \pm 12$  W,  $P_{užK} = 312 \pm 25$  W.

### **Třetí úsek: od 165 m.min<sup>-1</sup> do 192 m.min<sup>-1</sup>**

Z tabulky 11 je zřejmé, že od  $v_c = 165$  m.min<sup>-1</sup> do 192 m.min<sup>-1</sup> zaznamenaly všechny z použitých měřicích přístrojů spád užitečného výkonu. Dynamometr Kistler zaznamenal rychlý spád řezných síl. Jak je vidět z tabulky (příloha č. 5 tab. p6 – p7), v tomto případě poklesl průměr maximální řezné síly ze 177 N na 138 N. Podle tabulky 11, při řezné rychlosti 192 m.min<sup>-1</sup> výsledky nabývají hodnot:  $P_{užD} = 115 \pm 28$  W,  $P_{užA} = 311 \pm 13$  W,  $P_{užK} = 289 \pm 24$  W.

### **Čtvrtý úsek: od 192 m.min<sup>-1</sup> do 219 m.min<sup>-1</sup>**

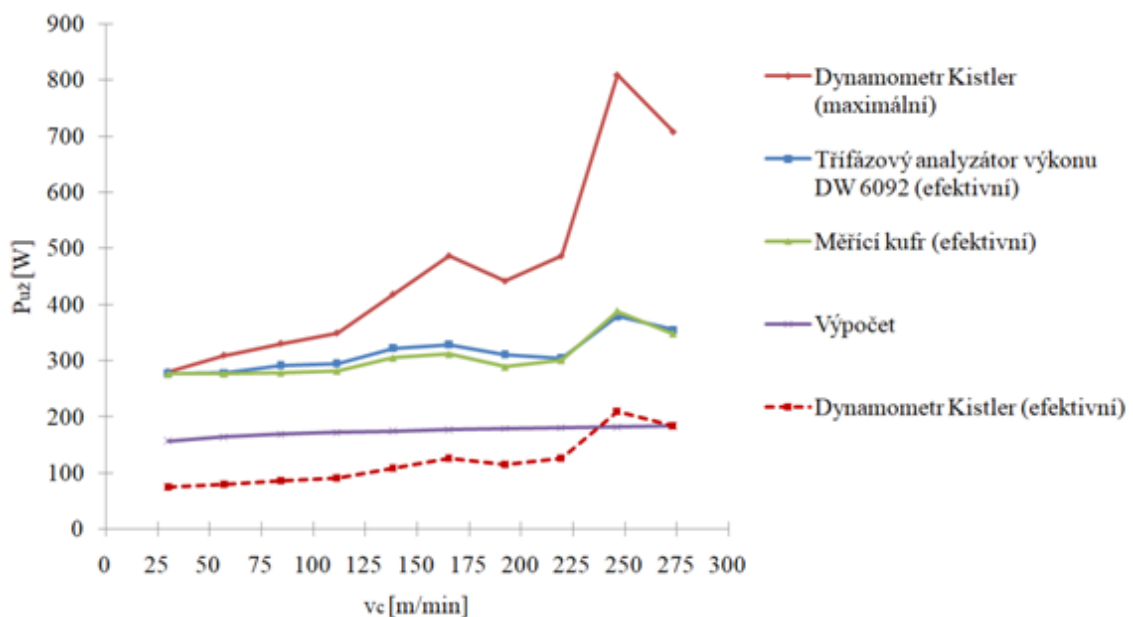
Jak je vidět z tabulky 11, od  $v_c = 192$  m.min<sup>-1</sup> do 219 m.min<sup>-1</sup> zaznamenaly dynamometr Kistler a měřicí kufr růst užitečného výkonu, ale třífázový analyzátor výkonu ukázal pokles naměřených hodnot. Jak je vidět z tabulky (příloha č. 5 tab. p7 – p8), řezné síly naměřené na dynamometru Kistler zůstaly stejné, průměr maximální řezné síly poklesl ze 138 N na 133 N. Daný neznačený pokles řezné síly nemohl způsobit spád užitečného výkonu. Odsud plyne, že v daném úseku hodnoty naměřené měřicím kufrem odpovídají skutečnosti, v porovnání s analyzátozem výkonu. Užitečný výkon při řezné rychlosti 219 m.min<sup>-1</sup> dosahoval hodnot:  $P_{užD} = 126 \pm 36$  W,  $P_{užA} = 305 \pm 6$  W,  $P_{užK} = 301 \pm 3$  W.

### Pátý úsek: od 219 m.min<sup>-1</sup> do 246 m.min<sup>-1</sup>

Jak je uvedeno v tabulce 11, od  $v_c = 192 \text{ m.min}^{-1}$  do  $219 \text{ m.min}^{-1}$  zaznamenaly všechny použité měřicí přístroje prudký růst užitečného výkonu. Po měření a statistickém zpracování hodnot, bylo rozhodnuto přeměřit hodnoty užitečného výkonu naměřených při rychlosti  $219 \text{ m.min}^{-1}$ , a  $246 \text{ m.min}^{-1}$ , ale výsledky zůstaly stejné. Jak je vidět z tabulky (příloha č. 5 tab. p8 – p9), dynamometr Kistler ukázal růst řezných sil ze 133 N na 197 N, což neodpovídá předpokladu, že s rostoucí řeznou rychlostí a zmenšením průřezu třísky bude vždycky docházet ke zmenšení řezné síly. Podle tabulky 11, při řezné rychlosti  $249 \text{ m.min}^{-1}$  užitečný výkon dosahoval hodnot:  $P_{užD} = 210 \pm 32 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 379 \pm 18 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 388 \pm 65 \text{ W}$ .

### Šestý úsek: od 246 m.min<sup>-1</sup> do 273 m.min<sup>-1</sup>

Z tabulky 11 je zřejmé, že od  $v_c = 246 \text{ m.min}^{-1}$  do  $273 \text{ m.min}^{-1}$  zaznamenaly všechny použité měřicí přístroje prudký spád užitečného výkonu. Jak je vidět z tabulky (příloha č. 5 tab. p9 – p10), v daném úseku průměr maximální řezné síly poklesl ze 197 N na 156 N. Klesání řezné síly bylo větší než zvětšení řezné rychlosti, což způsobilo zmenšení užitečného výkonu. Při řezné rychlosti  $273 \text{ m.min}^{-1}$  se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 184 \pm 17 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 355 \pm 14 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 348 \pm 14 \text{ W}$ .



Graf 2: Závislost užitečného výkonu na řezné rychlosti

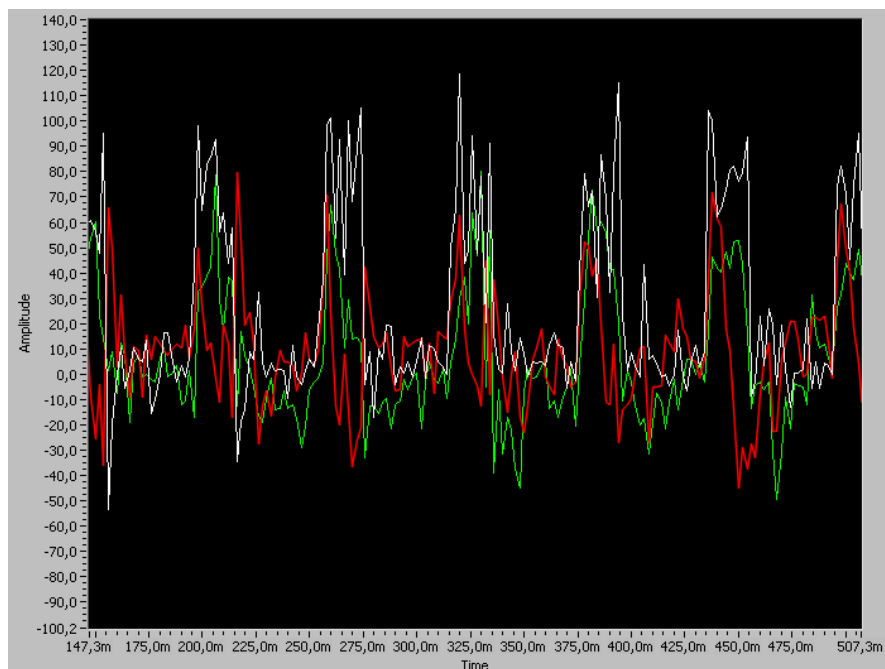
### 6.3 Druhý experiment: sledování závislosti užitečného výkonu na hloubce zaběru

Při sledování závislosti užitečného výkonu na hloubce zaběru se zjistilo, že užitečný výkon při změně hloubky záběru měl nelineární charakter s růstem a klesáním v určitých úsecích. Pro snadnější analýzu experimentu se hodnocení výsledku rozdělí na úseky podle hloubky záběru a průběhu funkce.

#### První úsek: od $a_p = 0,05$ mm do $a_p = 0,15$ mm

Z grafu 3 je vidět, že od 0,05 mm do 0,15 mm měřicí přístroje zaznamenaly klesání a růst užitečného výkonu. Každý z měřicích přístrojů ukazoval hodnoty s velkou odchylkou. Pomocí analyzování výsledných hodnot (obr. 17) z dynamometru Kistler je zřejmé, že v daném úseku je přísluvová síla větší než řezná.

$$F_c = F_x - \text{zelená barva}, F_f = F_y - \text{červená barva}, F_p = F_z - \text{bílá barva}$$



Obr. 17: Síly v LabVIEW 6.1 při hloubce zaběru 0,05 mm

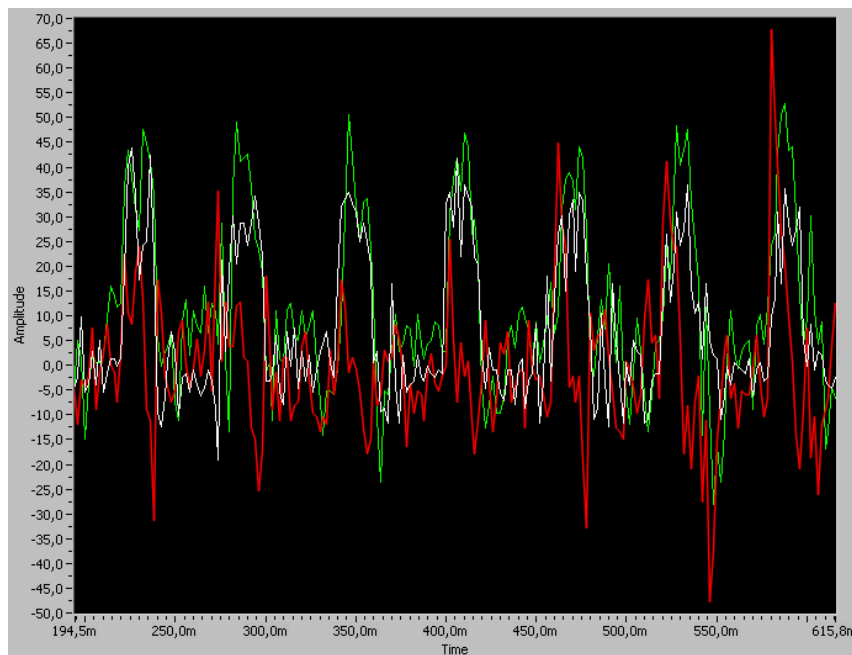
Čím větší je přísluvová síla, tím větší je tření bříty. To znamená, že v daném úseku nedochází k dostatečné hloubce záběru pro plynulé tvoření třísky. Z tabulky 12 je vidět, že při hloubce záběru 0,05 mm se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 39 \pm 4$  W,  $P_{užA} = 245 \pm 16$  W,  $P_{užK} = 238 \pm 5$  W, při hloubce záběru 0,15 mm:  $P_{užD} = 42 \pm 13$  W,  $P_{užA} = 241 \pm$

16 W,  $P_{u\check{z}K} = 225 \pm 19$  W. V daném úseku nelze hodnotit pokles nebo růst užitečného výkonu, protože kolísání hodnot bylo s velkými odchylkami.

### Druhý úsek: od $a_p = 0,15$ mm do $a_p = 0,20$ mm

Jak je vidět z tabulky 12, od  $a_p = 0,15$  mm do  $a_p = 0,20$  mm třířázovým analyzátozem výkonu DW 6069 – 0 a měřicím kufrem byl zaznamenán malý spád užitečného výkonu s menší odchylkou než v předchozím úseku. Pomocí dynamometru Kistler byl naměřen spád řezné a příusuvové síly (obr. 18), což způsobilo pokles užitečného výkonu, ale řezná síla už je větší, než příusuvová což ukazuje na začátek dostatečné hloubky záběru pro plynulé tvoření třísky. Z tabulky 12 je zřejmé, že užitečný výkon při hloubce záběru 0,20 mm dosahoval hodnot:  $P_{u\check{z}D} = 27 \pm 5$  W,  $P_{u\check{z}A} = 231 \pm 12$  W,  $P_{u\check{z}K} = 211 \pm 8$  W.

$F_c = F_x$  – zelená barva,  $F_f = F_y$  – červená barva,  $F_p = F_z$  – bílá barva

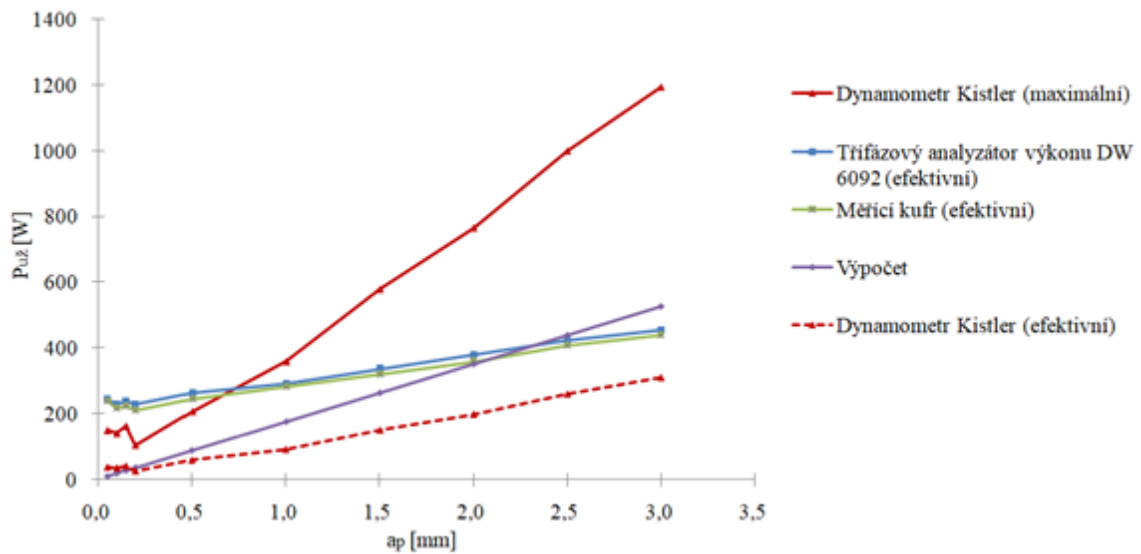


Obr. 18: Síly v LabVIEW 6.1 při hloubce záběru 0,20 m

### Třetí úsek: od $a_p = 0,20$ mm do $a_p = 3,00$ mm

Jak je vidět z tabulek 12 – 13, od  $a_p = 0,20$  mm do  $a_p = 3,00$  mm<sup>1</sup> zaznamenaly všechny tři měřicí přístroje lineární růst užitečného výkonu. Z grafu 3 a výsledných hodnot v daném úseku je vidět, že i při velkém počtu naměřených hodnot ani jeden z přístrojů nezaznamenal anomální spád nebo růst užitečného výkonu. Odsud plyne, že postupné zvětšení hloubky záběru v daném úseku vede k lineárnímu zvýšení řezných síl. Z

tabulky 13 je zřejmé, že při hloubce záběru 3,00 mm se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 310 \pm 11 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 455 \pm 8 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 440 \pm 4 \text{ W}$ .



**Graf 3:** Závislost užitečného výkonu na hloubce záběru

#### 6.4 Třetí experiment: sledování závislosti užitečného výkonu na rychlosti posuvu

Při sledování závislosti užitečného výkonu na rychlosti posuvu se zjistilo, že užitečný výkon při změně rychlosti posuvu rostl a klesal v závislosti na měřicím přístroji v určitých úsecích. Pro snadnější analýzu experimentu se hodnocení výsledků rozdělí na úseky podle rychlosti posuvu a průběhu funkce. V průběhu měření se měnila rychlost posuvu, což mění průřez třísky a štíhlostní poměr.

##### První úsek: od $v_f = 20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ do $v_f = 146 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

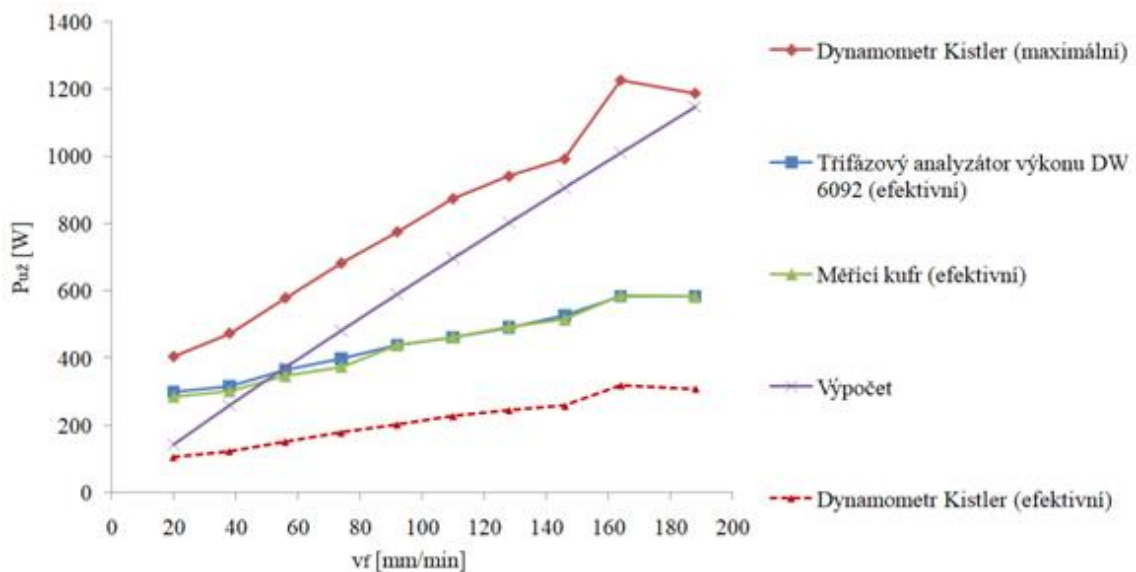
Jak je vidět z tabulek 14 – 15, od  $v_f = 20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  do  $v_f = 146 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  zaznamenaly měřicí přístroje růst užitečného výkonu. V průběhu změny rychlosti posuvu se měnil průřez třísky a štíhlostní poměr. Z naměřených hodnot plyne, že v daném úseku je vliv zvětšení průřezu třísky, který zvětšuje řeznou sílu, větší, než vliv štíhlostního poměru, který v daném případě zmenšuje řeznou sílu. Z tabulky 14 je zřejmé, že při rychlosti posuvu  $20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 105 \pm 11 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 300 \pm 16 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 286 \pm 18 \text{ W}$ . Při rychlosti posuvu  $146 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 258 \pm 35 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 527 \pm 25 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 515 \pm 22 \text{ W}$ , jak je vidět z tabulky 15.

### Druhý úsek: od $v_f = 146 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ do $v_f = 164 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$

Jak je vidět z tabulky 15, od  $v_f = 146 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  do  $v_f = 164 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  dynamometr Kistler zaznamenal rychlejší růst řezných síl, což způsobilo zvýšení užitečného výkonu. Je třeba poznamenat, že třífázovým analyzátozem výkonu DW 6069 – 0 a měřicím kufrům nebyl naměřen žádný spád nebo růst, který by se lišil od minulého úseku. Z tabulky 15 je zřejmé, že při rychlosti posuvu  $164 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 319 \pm 42 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 583 \pm 48 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 586 \pm 64 \text{ W}$ .

### Třetí úsek: od $v_f = 164 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ do $v_f = 188 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$

Jak je vidět z tabulky 15, od  $v_f = 146 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  do  $v_f = 164 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  dynamometr Kistler zaznamenal malý spád řezných síl, odsud plyne spád užitečného výkonu. Třífázový analyzátoz výkonu DW 6069 – 0 a měřicí kufr nezaznamenaly změnu užitečného výkonu. To znamená, že v daném úseku je vliv zvětšení průřezu třísky, který zvětšuje řeznou sílu, stejný jako vliv štíhlostního poměru, který v daném případě zmenšuje řeznou sílu. Z tabulky 15 je zřejmé, při rychlosti posuvu  $164 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  se užitečný výkon rovnal:  $P_{užD} = 309 \pm 6 \text{ W}$ ,  $P_{užA} = 583 \pm 11 \text{ W}$ ,  $P_{užK} = 582 \pm 30 \text{ W}$



Graf 4: Závislost užitečného výkonu na rychlosti posuvu

## Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala měřením užitečného výkonu při frézování. Na začátku práce byl stanoven cíl – porovnat měření výkonu při frézování s použitím dynamometru Kistler, měřicího kufru a třífázového analyzátoru výkonu. Pro porovnání měřicích přístrojů při různých podmínkách byly provedeny tři experimenty: sledování závislosti užitečného výkonu na řezné rychlosti, sledování závislosti užitečného výkonu na hloubce záběru, sledování závislosti užitečného výkonu na rychlosti posuvu. Z výsledků měření, které byly získány při frézování je možné učinit následující závěry:

- byla navržena speciální metoda, která umožní vzájemně porovnat dynamometr Kistler s měřicím kufrem a třífázovým analyzátozem výkonu; podstatou speciální metody je transformace nekonstantní závislosti síly na čase, získané z grafického záznamu při měření dynamometrem Kistler, na střední efektivní sílu, která je v čase konstantní;
- dynamometr Kistler v průběhu frézování měří menší efektivní užitečný výkon než měřicí kufr a třífázový analyzátor výkonu DW 6092 cca o 150 – 200 W;
- statistické intervaly spolehlivosti při měření užitečného výkonu dynamometrem Kistler byly větší oproti statistickým intervalům spolehlivosti, které byly zjištěny při měření měřicím kufrem a třífázovým analyzátozem výkonu;
- výpočet užitečného výkonu pomocí dynamometru Kistler je časově velmi náročný z důvodu velkého počtu výsledných hodnot; pro 150 měření bylo nutné zpracovat 3750 hodnot (pro 150 měření na měřicím kufru a třífázovém analyzátozem výkonu stačilo vždy zpracovat pouze 750 hodnot);
- třífázový analyzátor výkonu DW 6092 a měřicí kufr zaznamenaly velmi podobné výsledky, ovšem třífázový analyzátor výkonu DW 6092 má tendenci ukazovat cca o 20 W větší užitečný výkon než měřicí kufr;
- měření užitečného výkonu pomocí třífázového analyzátozem výkonu DW 6092 a měřicího kufru bylo poměrně obtížné, při malých řezných rychlostech do 70 m.min<sup>-1</sup>, docházelo k silnému kmitání výsledných hodnot; příčinou je to, že čelní frézování je přerušovaný děj a analyzátor výkonu DW 6069 – 0 i měřicí kufr nejsou principiálně schopné zaznamenat rozdíl výkonu v okamžiku, kdy je břit frézy v záběru a v okamžiku, kdy břit nástroje v záběru není;

- z důvodu velkého počtu vlivů, které nejsou zahrnuty ve výpočtu pomocí empirického vztahu, nebudou výsledky teoretického výpočtu porovnávány se skutečnými hodnotami.

Tuto práci by bylo vhodné do budoucna rozšířit o výpočet užitečného výkonu pomocí programu LabVIEW 6.1, která by nám umožnila automatické počítání efektivní řezné síly z výsledných grafů. Pro rychlejší a přesnější výpočet efektivní řezné síly a pak dopočítání užitečného výkonu potřebuje program LabVIEW 6.1 přeprogramovat. Princip fungování bude následující: bude se počítat plocha pod křivkou řezné síly a pak se vydělí časem pod křivkou.

$$F_{c_{ef}} = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \cdot \int_{t_1}^{t_2} F_c(t) \cdot dt \quad (16)$$

Velmi zajímavým prohloubením řešeného tématu bakalářské práce by také mohla být podrobnější analýza hodnot užitečného výkonu, které byly stanoveny dynamometrem Kistler, měřicí kufrem a třífázovým analyzátozem výkonu. Z výsledků měření i z grafů vyplývá, že hodnoty užitečného výkonu stanovené měřicí kufrem a třífázovým analyzátozem výkonu byly vždy cca o 150 – 200 W větší, než hodnoty užitečného výkonu stanovené dynamometrem Kistler. Vysvětlení pro tyto rozdíly lze hledat v samotném principu měření. Zatímco výkon stanovený měřicí kufrem a třífázovým analyzátozem výkonu byl určen nepřímým měřením z proudu a napětí ve vodiči pro pohon frézky, tak výkon zaznamenaný dynamometrem Kistler byl stanovený přímým měřením z velikostí náboje, vytvořeném na piezoelektrickém snímači měřicího přístroje. Zde se mohlo nepříznivě projevit to, že se neuvážovala složka třecí síly, která, jak bylo experimentálně prokázáno, je srovnalně veliká s řeznou silou a která působí proti směru řezné síly a tím ovlivňuje potřebný výkon stroje. Určitý vliv na výsledné hodnoty mohlo mít také to, že jsme při našich úvahách uvažovali konstantní hodnotu účinnosti stroje, což nemusí platit v celém rozsahu použitých řezných podmínek.



## Seznam použité literatury

- [1] KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [2] SANDVIK. *Technická příručka obrábění: soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů: příručka firmy Sandvik Coromant*. Praha: Sandvik Coromant, 2005.
- [3] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-718-3207-3.
- [4] TOS Olomouc, s.r.o., [online]. 2009 [cit. 2017-06-23]. Dostupné z: <http://www.tos-olomouc.cz/cz/>
- [5] Měrná řezná síla [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/workpiece\\_materials/the\\_specific\\_cutting\\_force](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/workpiece_materials/the_specific_cutting_force)
- [6] Dráb, Vojtěch a kolektiv. *Technologie 1 (Návody ke cvičení)*. Ediční středisko VŠST Liberec, 1983.
- [7] Dynamometr Kistler [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/16454/Votocek.pdf?sequence=1>
- [8] Piezoelektrické snímače [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/skripta/vlab/mereni/Ka03-05.htm>
- [9] BARTUŠEK, Tomáš. *Účinek procesní kapaliny na technologii broušení a kvalitu obroběných součástí* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/8550>. TU v Liberci.
- [10] Převodní tabulka materiálů [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: [http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka\\_obrazeni\\_341.pdf](http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka_obrazeni_341.pdf)
- [11] JAROMÍR GAZDA A KOLEKTIV. *Teorie obrábění: řezné síly při obrábění*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1993. ISBN 80-708-3110-3.
- [12] ISO 8688-1:1989: *Tool life testing in milling -- Part 1: Face milling*. 1989.
- [13] Kistler – Measuring Systems and Sensors [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <https://www.kistler.com/?type=669&fid=59547&model=document&callee=frontend>
- [14] Historie vývoje fréz, frézovacích strojů a frézování [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/z-historie-vyvoje-frez-frezovacich-stroju-a-frezovani/>
- [15] Elektrická měření [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: [http://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni\\_materialy/elektricka\\_mereni.pdf](http://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni_materialy/elektricka_mereni.pdf)
- [16] Pramet – Katalog [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: [http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/\\_spolecne/katalog\\_nastroju\\_frezovani.pdf](http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/_spolecne/katalog_nastroju_frezovani.pdf)

[17] *Měření s proudovou sondou* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node42>

[18] *Analyzátory výkonu* [online]. [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40881.pdf>

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Užitečný výkon naměřený třífázovým analyzátozem výkonu DW 6092

Příloha č. 2 – Užitečný výkon naměřený pomocí měřicího kufru

Příloha č. 3 – Výpočet užitečného výkonu pomocí emeprického vztahu

Příloha č. 4 – Efektivní užitečný výkon naměřený pomocí dynamometru Kistler (na CD)

Příloha č. 5 – Maximální užitečný výkon naměřený pomocí dynamometru Kistler (na CD)

## Příloha č. 1 – Užitečný výkon naměřený třífázovým analyzátozem výkonu DW 6092

**Tab. p1:** Užitečný výkon při změně řezné rychlosti, naměřeny pomocí třífázového analyzátozem výkonu DW 6092

$P_{už} = f(v_c)$					
$a_p = 1,0 \text{ mm}; v_f = 25 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$					
č.	Řezná rychlost $v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	Naprázdnno P0 [W]	Záběr P1 [W]	$P_{už} = P1 - P0$ [W]	$P_{už}$ statistický interval spolehlivosti [W]
1	30	656	930	274	277 ± 6
2	30	652	935	283	
3	30	653	926	273	
4	30	651	931	280	
5	30	653	929	276	
6	57	915	1189	274	278 ± 5
7	57	907	1183	276	
8	57	903	1187	284	
9	57	903	1183	280	
10	57	901	1179	278	
11	84	892	1171	279	292 ± 11
12	84	882	1180	298	
13	84	885	1177	292	
14	84	887	1182	295	
15	84	885	1182	297	
16	111	850	1152	302	295 ± 10
17	111	852	1137	285	
18	111	847	1139	292	
19	111	846	1141	295	
20	111	846	1148	302	
21	138	870	1177	307	322 ± 15
22	138	868	1185	317	
23	138	865	1193	328	
24	138	863	1197	334	
25	138	862	1187	325	
26	165	877	1200	323	329 ± 12
27	165	863	1201	338	
28	165	862	1200	338	
29	165	852	1175	323	
30	165	851	1173	322	
31	192	935	1242	307	311 ± 13
32	192	937	1244	307	
33	192	940	1240	300	
34	192	934	1253	319	
35	192	926	1249	323	
36	219	1018	1321	303	305 ± 6
37	219	1019	1317	298	
38	219	1015	1322	307	
39	219	1012	1317	305	
40	219	1010	1320	310	
41	246	1090	1455	365	379 ± 18
42	246	1088	1465	377	
43	246	1087	1459	372	
44	246	1087	1469	382	
45	246	1089	1488	399	
46	273	1155	1505	350	355 ± 14
47	273	1154	1497	343	
48	273	1149	1503	354	
49	273	1150	1510	360	
50	273	1151	1520	369	

**Tab. p2:** Užitečný výkon při změně hloubky záběru, naměřený pomocí třífázového analyzátoru výkonu DW 6092

$P_{už} = f(ap)$					
$v_c = 150 \text{ m.min}^{-1}; v_f = 25 \text{ mm.min}^{-1}$					
č.	Hloubka záběru ap [mm]	Naprázdko P0 [W]	Záběr P1 [W]	P = P1-P0 [W]	$P_{už}$ statistický interval spolehlivosti [W]
1	0,05	889	1138	249	245 ± 16
2	0,05	895	1123	228	
3	0,05	883	1125	242	
4	0,05	883	1133	250	
5	0,05	883	1141	258	
6	0,10	887	1112	225	231 ± 20
7	0,10	883	1104	221	
8	0,10	887	1105	218	
9	0,10	875	1129	254	
10	0,10	888	1123	235	
11	0,15	875	1101	226	241 ± 16
12	0,15	876	1111	235	
13	0,15	891	1142	251	
14	0,15	899	1138	239	
15	0,15	888	1141	253	
16	0,20	870	1099	229	231 ± 12
17	0,20	866	1108	242	
18	0,20	881	1101	220	
19	0,20	876	1113	237	
20	0,20	881	1108	227	
21	0,50	880	1136	256	263 ± 9
22	0,50	878	1137	259	
23	0,50	875	1138	263	
24	0,50	878	1146	268	
25	0,50	876	1147	271	
26	1,00	900	1190	290	293 ± 7
27	1,00	882	1180	298	
28	1,00	889	1187	298	
29	1,00	890	1178	288	
30	1,00	885	1174	289	
31	1,50	895	1219	324	338 ± 15
32	1,50	885	1216	331	
33	1,50	879	1220	341	
34	1,50	879	1221	342	
35	1,50	879	1231	352	
36	2,00	879	1272	393	382 ± 9
37	2,00	879	1259	380	
38	2,00	879	1257	378	
39	2,00	879	1256	377	
40	2,00	879	1259	380	
41	2,50	879	1293	414	424 ± 8
42	2,50	879	1303	424	
43	2,50	879	1305	426	
44	2,50	879	1309	430	
45	2,50	879	1304	425	
46	3,00	879	1328	449	455 ± 8
47	3,00	879	1336	457	
48	3,00	879	1340	461	
49	3,00	879	1339	460	
50	3,00	879	1328	449	

**Tab. p3:** Užitečný výkon při změně rychlosti posuvu, naměřený třífázovým analyzátozem výkonu DW 6092

Puž = f(Vf)					
vc = 150 m.min <sup>-1</sup> ; ap = 1,0 mm					
č.	Rychlost posuvu vf [mm.min <sup>-1</sup> ]	Naprázdko P0 [W]	Záběr P1[W]	P = P1-P0 [W]	Puž statistický interval spolehlivosti [W]
1	20	907	1201	294	300 ± 16
2	20	904	1188	284	
3	20	882	1185	303	
4	20	888	1204	316	
5	20	898	1200	302	
6	38	920	1240	320	317 ± 12
7	38	920	1225	305	
8	38	905	1219	314	
9	38	898	1218	320	
10	38	886	1214	328	
11	56	900	1248	348	364 ± 15
12	56	900	1260	360	
13	56	881	1255	374	
14	56	894	1258	364	
15	56	882	1257	375	
16	74	889	1302	413	398 ± 18
17	74	905	1291	386	
18	74	888	1298	410	
19	74	900	1286	386	
20	74	886	1279	393	
21	92	906	1352	446	438 ± 13
22	92	893	1325	432	
23	92	873	1314	441	
24	92	872	1320	448	
25	92	900	1325	425	
26	110	910	1374	464	461 ± 7
27	110	887	1354	467	
28	110	902	1360	458	
29	110	898	1352	454	
30	110	905	1367	462	
31	128	886	1391	505	491 ± 25
32	128	885	1386	501	
33	128	890	1396	506	
34	128	888	1363	475	
35	128	900	1368	468	
36	146	931	1443	512	527 ± 25
37	146	911	1448	537	
38	146	908	1412	504	
39	146	911	1446	535	
40	146	901	1447	546	
41	164	904	1492	588	583 ± 48
42	164	914	1482	568	
43	164	895	1509	614	
44	164	905	1518	613	
45	164	892	1424	532	
46	188	882	1461	579	583 ± 11
47	188	886	1475	589	
48	188	893	1480	587	
49	188	887	1477	590	
50	188	893	1464	571	

**Příloha č. 2 – Užitečný výkon naměřeny pomocí měřicího kufru**

**Tab. p1:** Užitečný výkon při změně řezné rychlosti, naměřeny pomocí měřicího kufru

P <sub>už</sub> = f(Vc)						
ap = 1,0 mm; v <sub>f</sub> = 25 mm.min <sup>-1</sup>						
č.	Řezná rychlost vc [m.min <sup>-1</sup> ]	Naprázdko d0	Záběr d1	d = d1-d0	P <sub>už</sub> [W]	P <sub>už</sub> SIS [W]
1	30	16,0	22,9	6,9	276,0	275 ± 2
2	30	16,0	22,9	6,9	276,0	
3	30	16,1	23,0	6,9	276,0	
4	30	16,1	22,9	6,8	272,0	
5	30	16,1	23,0	6,9	276,0	
6	57	22,1	29,0	7,0	278,0	277 ± 3
7	57	22,0	29,0	7,0	280,0	
8	57	22,1	29,0	6,9	276,0	
9	57	22,1	28,9	6,9	274,0	
10	57	22,0	28,9	6,9	276,0	
11	84	22,0	28,9	6,9	276,0	278 ± 3
12	84	21,9	28,9	7,0	280,0	
13	84	22,0	28,9	6,9	276,0	
14	84	22,0	29,0	7,0	280,0	
15	84	22,0	29,0	7,0	280,0	
16	111	21,0	28,1	7,1	284,0	282 ± 7
17	111	21,0	27,9	6,9	276,0	
18	111	21,0	27,9	6,9	276,0	
19	111	21,0	28,1	7,1	284,0	
20	111	21,0	28,2	7,2	288,0	
21	138	21,5	28,9	7,4	296,0	305 ± 13
22	138	21,5	28,9	7,4	296,0	
23	138	21,5	29,1	7,6	304,0	
24	138	21,3	29,2	7,9	316,0	
25	138	21,3	29,1	7,8	312,0	
26	165	22,0	29,2	7,2	288,0	312 ± 25
27	165	21,3	29,1	7,8	312,0	
28	165	21,3	29,5	8,2	328,0	
29	165	21,0	28,9	7,9	316,0	
30	165	21,1	28,9	7,9	314,0	
31	192	24,0	30,5	6,5	260,0	289 ± 24
32	192	23,0	30,5	7,5	300,0	
33	192	23,1	30,2	7,1	284,0	
34	192	23,0	30,5	7,5	300,0	
35	192	23,0	30,5	7,5	300,0	
36	219	25,0	32,6	7,6	304,0	301 ± 3
37	219	25,0	32,5	7,5	300,0	
38	219	25,0	32,5	7,5	300,0	
39	219	25,0	32,5	7,5	300,0	
40	219	25,0	32,5	7,5	300,0	
41	246	27,0	36,0	9,0	360,0	388 ± 65
42	246	26,8	36,0	9,2	368,0	
43	246	26,8	36,0	9,2	368,0	
44	246	26,9	36,2	9,3	372,0	
45	246	27,0	38,8	11,8	472,0	
46	273	28,5	37,0	8,5	340,0	348 ± 14
47	273	28,5	37,0	8,5	340,0	
48	273	28,4	37,1	8,7	348,0	
49	273	28,4	37,5	9,1	364,0	
50	273	28,8	37,5	8,7	348,0	

**Tab. p2:** Užitečný výkon při změně hloubky záběru, naměřeny pomocí měřicího kufru

$P_{uz} = f(ap)$						
$vc = 150 \text{ m.min}^{-1}; vf = 25 \text{ mm.min}^{-1}$						
č.	Hloubka záběru $ap$ [mm]	Naprázdná $d_0$	Záběr $d_1$	$d = d_1 - d_0$	$P_{uz}$ [W]	$P_{uz} \text{ SIS}$ [W]
1	0,05	22,0	28,0	6,0	240,0	238 ± 5
2	0,05	22,0	27,8	5,8	232,0	
3	0,05	22,0	28,0	6,0	240,0	
4	0,05	22,0	28,0	6,0	240,0	
5	0,05	22,0	28,0	6,0	240,0	
6	0,10	22,2	27,4	5,2	208,0	218 ± 18
7	0,10	22,0	27,2	5,2	208,0	
8	0,10	22,0	27,2	5,2	208,0	
9	0,10	22,0	27,8	5,8	232,0	
10	0,10	22,0	27,8	5,8	232,0	
11	0,15	22,0	27,3	5,3	212,0	225 ± 19
12	0,15	22,0	27,2	5,2	208,0	
13	0,15	22,0	28,0	6,0	240,0	
14	0,15	22,0	27,8	5,8	232,0	
15	0,15	22,0	27,8	5,8	232,0	
16	0,20	21,9	27,0	5,1	204,0	211 ± 8
17	0,20	21,9	27,2	5,3	212,0	
18	0,20	22,0	27,2	5,2	208,0	
19	0,20	22,0	27,5	5,5	220,0	
20	0,20	22,0	27,3	5,3	212,0	
21	0,50	22,0	28,0	6,0	240,0	246 ± 11
22	0,50	22,0	28,0	6,0	240,0	
23	0,50	22,0	28,0	6,0	240,0	
24	0,50	21,9	28,2	6,3	252,0	
25	0,50	22,0	28,4	6,4	256,0	
26	1,00	22,2	29,5	7,3	292,0	284 ± 9
27	1,00	22,0	29,0	7,0	280,0	
28	1,00	22,0	29,1	7,1	284,0	
29	1,00	22,1	29,0	6,9	276,0	
30	1,00	22,0	29,2	7,2	288,0	
31	1,50	22,0	30,0	8,0	320,0	320 ± 4
32	1,50	22,0	30,0	8,0	320,0	
33	1,50	22,0	29,9	7,9	316,0	
34	1,50	22,0	30,1	8,1	324,0	
35	1,50	22,0	30,0	8,0	320,0	
36	2,00	22,0	31,0	9,0	360,0	362 ± 5
37	2,00	22,0	31,0	9,0	360,0	
38	2,00	22,0	31,0	9,0	360,0	
39	2,00	22,0	31,0	9,0	360,0	
40	2,00	22,0	31,0	9,0	360,0	
41	2,50	22,0	32,0	10,0	400,0	408 ± 22
42	2,50	22,0	32,0	10,0	400,0	
43	2,50	22,0	32,0	10,0	400,0	
44	2,50	22,0	32,9	10,9	436,0	
45	2,50	22,0	32,1	10,1	404,0	
46	3,00	22,0	33,0	11,0	440,0	440 ± 4
47	3,00	22,0	32,9	10,9	436,0	
48	3,00	22,0	33,1	11,1	444,0	
49	3,00	22,0	33,0	11,0	440,0	
50	3,00	22,0	33,0	11,0	440,0	



**Tab. p3:** Užitečný výkon při změně rychlosti posuvu, naměřeny pomocí měřicího kufru

P <sub>už</sub> = f(Vf)						
vc = 150 m.min <sup>-1</sup> ; ap = 1,0 mm						
č.	Rychlost posuvu vf [mm.min <sup>-1</sup> ]	Naprázdná d0	Záběr d1	d = d1-d0	P <sub>už</sub> [W]	P <sub>už</sub> SIS [W]
1	20	22,5	29,6	7,1	284,0	286 ± 18
2	20	22,5	29,3	6,8	272,0	
3	20	22,1	29,2	7,1	284,0	
4	20	22,1	29,8	7,7	308,0	
5	20	22,5	29,6	7,1	284,0	
6	38	22,7	30,5	7,8	312,0	303 ± 11
7	38	22,7	30,0	7,3	292,0	
8	38	22,3	29,9	7,6	304,0	
9	38	22,2	29,7	7,5	300,0	
10	38	22,1	29,8	7,7	308,0	
11	56	22,1	30,1	8,0	320,0	348 ± 22
12	56	22,1	30,9	8,8	352,0	
13	56	22,0	30,8	8,8	352,0	
14	56	22,0	30,9	8,9	356,0	
15	56	22,0	31,0	9,0	360,0	
16	74	22,0	32,0	10,0	400,0	375 ± 21
17	74	22,5	31,5	9,0	360,0	
18	74	22,3	31,6	9,3	372,0	
19	74	22,2	31,4	9,2	368,0	
20	74	22,1	31,5	9,4	376,0	
21	92	22,5	34,0	11,5	460,0	439 ± 20
22	92	22,1	33,0	10,9	436,0	
23	92	22,0	33,0	11,0	440,0	
24	92	22,0	32,5	10,5	420,0	
25	92	22,0	33,0	11,0	440,0	
26	110	22,5	33,5	11,0	440,0	463 ± 19
27	110	22,3	34,0	11,7	468,0	
28	110	22,2	33,9	11,7	468,0	
29	110	22,1	34,0	11,9	476,0	
30	110	22,2	33,8	11,6	464,0	
31	128	22,4	35,0	12,6	504,0	494 ± 21
32	128	22,3	34,9	12,6	504,0	
33	128	22,1	34,8	12,7	508,0	
34	128	22,0	34,0	12,0	480,0	
35	128	22,1	34,0	11,9	476,0	
36	146	23,0	36,0	13,0	520,0	515 ± 22
37	146	22,5	35,0	12,5	500,0	
38	146	22,5	35,3	12,8	512,0	
39	146	23,0	35,6	12,6	504,0	
40	146	22,5	36,0	13,5	540,0	
41	164	22,2	37,0	14,8	592,0	586 ± 64
42	164	22,1	36,8	14,7	588,0	
43	164	22,0	37,0	15,0	600,0	
44	164	22,0	38,0	16,0	640,0	
45	164	22,2	35,0	12,8	512,0	
46	188	22,0	37,0	15,0	600,0	582 ± 30
47	188	22,0	36,2	14,2	568,0	
48	188	22,0	37,0	15,0	600,0	
49	188	22,0	36,8	14,8	592,0	
50	188	22,2	36,0	13,8	552,0	

### Příloha č. 3 – Výpočet užitečného výkonu pomocí emeprického vztahu

**Tab. p1:** Výpočet užitečného výkonu pomocí emeprického vztahu při změně řezné rychlosti

Výpočet pomocí emeprického vztahu										
n [ot/min]	vc [m/min]	vf [mm/min]	$k_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	F [N]	Puž [W]	$C_{Fc}$	$x_v$	ap [mm]	fz [mm]	vc [m/s]
191	29,99	25	2367	314	157	2030	0,93	1	0,131	0,50
363	56,99	25	2476	173	164	2030	0,93	1	0,069	0,95
535	84,00	25	2544	120	169	2030	0,93	1	0,047	1,40
707	111,00	25	2594	93	172	2030	0,93	1	0,035	1,85
879	138,00	25	2634	76	175	2030	0,93	1	0,028	2,30
1051	165,01	25	2667	64	177	2030	0,93	1	0,024	2,75
1223	192,01	25	2696	56	179	2030	0,93	1	0,020	3,20
1395	219,02	25	2721	49	180	2030	0,93	1	0,018	3,65
1567	246,02	25	2743	44	182	2030	0,93	1	0,016	4,10
1739	273,02	25	2763	40	183	2030	0,93	1	0,014	4,55

**Tab. p2:** Výpočet užitečného výkonu pomocí emeprického vztahu při změně hloubky záběru

Výpočet pomocí emeprického vztahu										
n [ot/min]	vc [m/min]	vf [mm/min]	$k_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	F [N]	Puž [W]	$C_{Fc}$	$x_v$	ap [mm]	fz [mm]	Vc [m/s]
955	150	25	2649	4	9	2030	0,93	0,05	0,026	2,50
955	150	25	2649	7	18	2030	0,93	0,10	0,026	2,50
955	150	25	2649	11	26	2030	0,93	0,15	0,026	2,50
955	150	25	2649	14	35	2030	0,93	0,20	0,026	2,50
955	150	25	2649	35	88	2030	0,93	0,50	0,026	2,50
955	150	25	2649	70	176	2030	0,93	1,00	0,026	2,50
955	150	25	2649	105	263	2030	0,93	1,50	0,026	2,50
955	150	25	2649	141	351	2030	0,93	2,00	0,026	2,50
955	150	25	2649	176	439	2030	0,93	2,50	0,026	2,50
955	150	25	2649	211	527	2030	0,93	3,00	0,026	2,50

**Tab. p3:** Výpočet užitečného výkonu pomocí emeprického vzťahu při změně rychlosti posuvu

Výpočet pomocí emeprického vzťahu										
n [ot/min]	vc [m/min]	vf [mm/min]	k [N/mm <sup>2</sup> ]	F [N]	Puž [W]	C <sub>Fc</sub>	x <sub>v</sub>	ap [mm]	fz [mm]	Vc [m/s]
955	150	20	2691	57	143	2030	0,93	1	0,02	2,50
955	150	38	2573	104	259	2030	0,93	1	0,04	2,50
955	150	56	2504	149	372	2030	0,93	1	0,06	2,50
955	150	74	2456	193	482	2030	0,93	1	0,08	2,50
955	150	92	2418	236	590	2030	0,93	1	0,10	2,50
955	150	110	2388	279	696	2030	0,93	1	0,12	2,50
955	150	128	2363	321	802	2030	0,93	1	0,13	2,50
955	150	146	2342	363	906	2030	0,93	1	0,15	2,50
955	150	164	2323	404	1010	2030	0,93	1	0,17	2,50
955	150	188	2300	459	1146	2030	0,93	1	0,20	2,50

## Příloha č. 4 - Efektivní užitečný výkon naměřeny pomocí dynamometru Kistler

Tab č. p1: Experiment 1, řezná rychlost 30 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, $v_c = 30$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	560	570	549	580	580	147,628	146,6504	73,3252
2	585	575	600	570	560	150,28		
3	560	555	555	570	595	147,42		
4	542	541	542	543	552	141,44		
5	551	552	570	572	572	146,484		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, $v_c = 30$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	555	505	590	540	565	143,26	148,7512	74,3756
2	620	560	565	551	533	147,108		
3	540	555	560	571	570	145,392		
4	585	592	598	590	612	154,804		
5	610	562	601	578	595	153,192		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, $v_c = 30$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	560	545	585	560	570	146,64	147,6592	73,8296
2	560	545	545	570	546	143,832		
3	580	560	572	580	582	149,448		
4	561	570	562	582	571	147,992		
5	561	587	582	581	581	150,384		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, $v_c = 30$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	547	535	561	522	541	140,712	139,1	69,55
2	531	525	502	510	465	131,716		
3	515	495	460	510	523	130,156		
4	555	546	555	575	555	144,872		
5	562	550	580	580	575	148,044		

PužD =f(vc)									
Číslo měření 5, vc = 30 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	540	510	532	522	561	138,58	141,3776	70,6888	
2	540	560	556	532	543	142,012			
3	591	552	595	582	623	153,036			
4	511	503	524	521	530	134,628			
5	542	510	530	522	562	138,632			

**Tab č. p2:** Experiment 1, řezná rychlost 57 m/min

PužD =f(vc)									
Číslo měření 1, vc = 57 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	330	312	325	297,5	310	81,874	82,5084	78,38298	
2	320	321	306	333,5	325	83,486			
3	326	302,5	298	310	312,5	80,548			
4	311	313	331	297,5	326	82,082			
5	311	315	342,5	320	337,5	84,552			
PužD =f(vc)									
Číslo měření 2, vc = 57 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	352	330	345	343	340	88,92	86,3304	82,01388	
2	337	342	350	335	322	87,672			
3	328	328	355	335	357	88,556			
4	306	295	308	308	317	79,768			
5	326	336	335	335	336	86,736			
PužD =f(vc)									
Číslo měření 3, vc = 57 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	330	360	345	320	320	87,1	87,1728	82,81416	
2	350	345	326	330	335	87,672			
3	326	330	315	315	335	84,292			
4	345	330	335	350	330	87,88			
5	325	340	345	350	350	88,92			

PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 57 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	321	319	302,5	327	307	81,978	84,994	80,7443
2	315	300	310	326	355	83,512		
3	321	336	355	340	322	87,048		
4	337	332	320	355	320	86,528		
5	330	337	330	330	325	85,904		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 57 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	295	295	290	285	315	76,96	82,3368	78,21996
2	330	323	315	316	325	83,668		
3	321	310	325	320	325	83,252		
4	326	315	325	326	325	84,084		
5	326	312	325	320	327	83,72		

**Tab. č. p3:** Experiment 1, řezná rychlost 84 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	225	245	237,5	257	255	63,414	60,6164	84,86296
2	235	245	223	257	227	61,724		
3	217	226	242	243	233	60,372		
4	216	226	243	244	220	59,748		
5	222	231	207	240	212	57,824		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	230	211	231	231	242	59,54	60,4968	84,69552
2	236	217	256	222	236	60,684		
3	226	216	215	240	221	58,136		
4	240	255	245	227	226	62,036		
5	256	236	245	221	236	62,088		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	230	232	285	243	246	64,272	62,1608	87,02512
2	215	237	226	255	230	60,476		
3	215	232	240	230	233	59,8		
4	225	256	231	255	239	62,712		
5	217	240	263	262	240	63,544		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	250	250	250	251	272	66,196	65,0208	91,02912
2	217	246	245	242	256	62,712		
3	242	242	240	241	270	64,22		
4	260	282	225	260	245	66,144		
5	281	253	240	250	242	65,832		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	215	230	215	195	217	55,744	58,552	81,9728
2	240	225	225	193	225	57,616		
3	225	202	213	233	210	56,316		
4	241	242	245	220	240	61,776		
5	240	240	241	218	240	61,308		

**Tab. č. p4:** Experiment 1, řezná rychlost 111 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 111 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	165	167	181	170	162	43,94	47,0808	87,09948
2	180	171	177	175	172	45,5		
3	203	200	170	165	183	47,892		
4	162	193	216	190	203	50,128		
5	185	205	183	187	162	47,944		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, $v_c = 111$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	172	173	186	190	187	47,216	48,3184	89,38904
2	205	167	195	190	197	49,608		
3	193	165	177	181	195	47,372		
4	181	193	185	177	172	47,216		
5	191	192	191	200	191	50,18		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, $v_c = 111$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	205	176	191	173	195	48,88	49,868	92,2558
2	165	205	200	183	184	48,724		
3	196	205	173	185	195	49,608		
4	185	186	192	206	206	50,7		
5	196	195	195	202	201	51,428		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, $v_c = 111$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	207	200	206	183	186	51,064	54,4128	100,66368
2	202	183	230	220	232	55,484		
3	221	205	205	220	205	54,912		
4	212	206	200	206	220	54,288		
5	212	215	215	220	221	56,316		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, $v_c = 111$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	186	167	167	171	163	44,408	45,6872	84,52132
2	166	175	177	182	190	46,28		
3	171	211	170	191	200	49,036		
4	177	175	182	165	166	44,98		
5	165	166	157	183	170	43,732		



**Tab č. p5:** Experiment 1, řezná rychlost 138 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	190	156	160	185	206	46,644	45,448	104,5304
2	175	196	181	181	136	45,188		
3	205	186	165	155	166	45,604		
4	190	170	168	175	171	45,448		
5	170	170	180	163	170	44,356		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	181	181	181	185	176	47,008	46,9976	108,09448
2	173	180	175	170	170	45,136		
3	177	170	170	195	167	45,708		
4	187	215	195	183	177	49,764		
5	177	202	187	175	170	47,372		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	150	175	158	178	170	43,212	44,2416	101,75568
2	160	165	165	155	163	42,016		
3	155	145	177	160	177	42,328		
4	162	173	180	180	180	45,5		
5	193	200	173	193	167	48,152		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	165	193	175	207	207	49,244	48,2144	110,89312
2	170	196	186	186	176	47,528		
3	186	176	185	185	180	47,424		
4	170	186	205	192	190	49,036		
5	197	171	196	170	186	47,84		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	181	200	183	185	190	48,828	51,3448	118,09304
2	185	212	212	210	178	51,844		
3	191	202	185	195	195	50,336		
4	199	193	242	237	205	55,952		
5	195	187	187	188	200	49,764		

**Tab. č. p6:** Experiment 1, řezná rychlost 165 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	160	152	193	172	130	41,964	42,7648	117,6032
2	152	195	183	165	157	44,304		
3	179	140	145	155	165	40,768		
4	152	172	157	177	170	43,056		
5	143	195	167	168	168	43,732		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	156	187	185	170	155	44,356	44,3352	121,9218
2	158	142	202	187	155	43,888		
3	195	150	155	180	155	43,42		
4	155	156	195	165	195	45,032		
5	155	185	170	185	170	44,98		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	223	208	186	205	166	51,376	47,5904	130,8736
2	187	173	187	187	205	48,828		
3	170	186	210	150	182	46,696		
4	145	197	160	163	190	44,46		
5	180	180	180	182	174	46,592		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, $v_c = 165$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	187	160	165	165	170	44,044	45,5832	125,3538
2	190	170	195	192	190	48,724		
3	185	156	165	170	183	44,668		
4	170	185	195	155	168	45,396		
5	157	170	195	185	160	45,084		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, $v_c = 165$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	195	175	210	190	197	50,284	49,712	136,708
2	185	205	185	210	190	50,7		
3	175	185	195	175	175	47,06		
4	175	197	182	201	203	49,816		
5	200	180	220	190	185	50,7		

**Tab. č. p7:** Experiment 1, řezná rychlost 192 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, $v_c = 192$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	135	126	137	115	150	34,476	31,9696	102,30272
2	125	96	110	120	135	30,472		
3	110	132	113	142	138	33,02		
4	110	115	125	113	115	30,056		
5	130	116	116	130	120	31,824		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, $v_c = 192$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	110	130	110	135	95	30,16	27,3624	87,55968
2	95	130	100	100	95	27,04		
3	106	100	95	112	95	26,416		
4	100	110	100	105	115	27,56		
5	90	95	78	110	120	25,636		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, $v_c = 192$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	145	147	147	147	147	38,116	37,0552	118,57664
2	130	152	155	165	135	38,324		
3	130	125	115	165	150	35,62		
4	140	144	130	152	152	37,336		
5	135	140	150	130	135	35,88		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, $v_c = 192$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	147	153	165	160	173	41,496	39,9048	127,69536
2	140	155	143	155	145	38,376		
3	122	150	157	118	147	36,088		
4	170	150	155	167	156	41,496		
5	160	162	142	175	170	42,068		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, $v_c = 192$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	170	169	138	182	170	43,108	43,0664	137,81248
2	150	178	172	175	185	44,72		
3	172	162	123	145	177	40,508		
4	165	162	165	156	182	43,16		
5	165	165	185	158	170	43,836		

**Tab č. p8:** Experiment 1, řezná rychlost 219 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, $v_c = 219$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	140	196	175	197	205	47,476	44,9904	164,21496
2	156	147	184	192	175	44,408		
3	155	156	150	180	185	42,952		
4	177	180	172	178	195	46,904		
5	187	147	173	174	150	43,212		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, $v_c = 219$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	93	124	112	122	122	29,796	29,0368	105,98432
2	118	131	103	90	108	28,6		
3	113	113	87	108	128	28,548		
4	106	105	111	110	110	28,184		
5	118	111	125	112	112	30,056		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, $v_c = 219$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	110	111	122	111	92	28,392	28,4856	103,97244
2	97	120	109	91	152	29,588		
3	81	93	128	109	88	25,948		
4	105	105	104	130	111	28,86		
5	105	115	106	119	125	29,64		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, $v_c = 219$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	115	140	145	105	120	32,5	31,8968	116,42332
2	135	135	95	135	116	32,032		
3	115	135	110	103	145	31,616		
4	106	135	130	101	115	30,524		
5	110	126	115	147	133	32,812		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, $v_c = 219$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	133	152	156	127	137	36,66	38,7296	141,36304
2	157	160	135	145	173	40,04		
3	145	144	150	150	135	37,648		
4	160	150	165	140	150	39,78		
5	157	145	152	160	146	39,52		

**Tab č. p9:** Experiment 1, řezná rychlost 246 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	220	218	207	243	266	60,008	55,9208	229,27528
2	220	160	193	192	235	52		
3	210	203	240	185	230	55,536		
4	190	220	210	178	278	55,952		
5	175	222	195	257	230	56,108		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	215	150	180	182	141	45,136	43,6072	178,78952
2	133	145	225	166	160	43,108		
3	195	160	147	200	175	45,604		
4	133	227	167	165	168	44,72		
5	150	162	162	130	155	39,468		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	181	181	170	210	182	48,048	48,9632	200,74912
2	206	193	222	192	207	53,04		
3	180	165	181	181	181	46,176		
4	207	190	220	177	166	49,92		
5	185	185	192	178	176	47,632		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	230	180	190	206	192	51,896	50,3776	206,54816
2	212	173	178	175	205	49,036		
3	182	196	190	191	202	49,972		
4	205	212	175	175	176	49,036		
5	198	205	205	205	186	51,948		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	222	245	196	204	210	56,004	57,3456	235,11696
2	230	200	210	210	205	54,86		
3	232	220	237	256	218	60,476		
4	222	252	250	200	215	59,228		
5	205	190	235	225	225	56,16		

**Tab č. p10:** Experiment 1, řezná rychlost 273 m/min

PužD =f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	155	175	153	153	153	41,028	41,5792	189,18536
2	163	170	153	194	160	43,68		
3	175	145	157	147	142	39,832		
4	174	156	156	157	147	41,08		
5	165	157	166	167	158	42,276		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	145	150	130	155	150	37,96	36,0256	163,91648
2	142	135	133	133	130	34,996		
3	126	140	140	133	133	34,944		
4	150	161	126	115	125	35,204		
5	140	120	165	145	142	37,024		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	185	150	175	140	138	40,976	39,5616	180,00528
2	130	150	145	135	146	36,712		
3	155	155	175	157	157	41,548		
4	145	130	145	175	162	39,364		
5	165	152	152	135	150	39,208		

PužD =f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	195	185	155	180	193	47,216	43,0664	195,95212
2	160	168	185	163	145	42,692		
3	144	157	175	173	152	41,652		
4	150	145	140	152	153	38,48		
5	185	177	177	160	172	45,292		
PužD =f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	170	155	167	180	155	43,004	41,8496	190,41568
2	165	180	152	180	163	43,68		
3	160	125	150	149	165	38,948		
4	185	161	158	170	135	42,068		
5	160	160	136	172	171	41,548		

**Tab č. p10:** Experiment 1, řezná rychlost 273 m/min

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	25	50	75	69	76	15,34	16,2136	40,534
2	81	33	74	70	41	15,548		
3	96	59	35	74	65	17,108		
4	50	64	65	63	86	17,056		
5	55	67	71	57	58	16,016		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	60	80	65	65	75	17,94	15,4856	38,714
2	40	72	60	57	78	15,964		
3	60	58	63	35	67	14,716		
4	51	62	62	60	60	15,34		
5	40	59	56	55	49	13,468		



**Tab. č. p11:** Experiment 2, hloubka záběru 0,05 mm

PužD =f(ap)									
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,05$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	25	50	75	69	76	15,34	16,2136	40,534	
2	81	33	74	70	41	15,548			
3	96	59	35	74	65	17,108			
4	50	64	65	63	86	17,056			
5	55	67	71	57	58	16,016			
PužD =f(ap)									
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,05$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	60	80	65	65	75	17,94	15,4856	38,714	
2	40	72	60	57	78	15,964			
3	60	58	63	35	67	14,716			
4	51	62	62	60	60	15,34			
5	40	59	56	55	49	13,468			
PužD =f(ap)									
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,05$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	59	78	60	75	59	17,212	15,6936	39,234	
2	45	52	61	60	45	13,676			
3	50	68	56	59	55	14,976			
4	65	68	68	63	58	16,744			
5	64	55	65	61	60	15,86			
PužD =f(ap)									
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,05$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	68	58	60	55	66	15,964	16,6816	41,704	
2	62	77	62	68	67	17,472			
3	64	52	64	78	57	16,38			
4	66	63	66	66	53	16,328			
5	59	74	56	68	75	17,264			

PužD = f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,05$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	45	41	45	72	40	12,636	13,5512	33,878
2	66	32	38	46	40	11,544		
3	60	35	57	41	68	13,572		
4	45	60	55	54	70	14,768		
5	60	46	65	77	45	15,236		

**Tab č. p12:** Experiment 2, hloubka záběru 0,1 mm

PužD = f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,1$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	33	34	49	23	33	8,944	8,5696	21,424
2	32	26	37	31	24	7,8		
3	46	35	32	31	25	8,788		
4	31	40	26	36	26	8,268		
5	38	36	27	31	42	9,048		
PužD = f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,1$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	26	38	27	23	38	7,904	8,4864	21,216
2	32	37	26	35	31	8,372		
3	45	31	37	36	40	9,828		
4	32	31	26	26	37	7,904		
5	26	31	34	35	36	8,424		
PužD = f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,1$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	62	55	62	74	78	17,212	17,6176	44,044
2	85	70	62	61	75	18,356		
3	74	78	66	71	72	18,772		
4	60	89	61	68	55	17,316		
5	68	65	55	63	65	16,432		

PužD = f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,1$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	57	45	87	55	82	16,952	18,148	45,37
2	52	60	61	40	47	13,52		
3	82	62	70	70	70	18,408		
4	85	95	97	85	100	24,024		
5	95	50	55	62	81	17,836		
PužD = f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,1$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	100	50	80	95	70	20,54	20,2696	50,674
2	80	67	60	75	58	17,68		
3	82	60	101	95	45	19,916		
4	122	78	81	58	115	23,608		
5	85	72	75	75	70	19,604		

**Tab č. p13:** Experiment 2, hloubka záběru 0,15 mm

PužD = f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,15$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	69	67	68	52	51	15,964	16,0992	40,248
2	62	52	50	55	73	15,184		
3	66	70	53	45	65	15,548		
4	76	57	56	68	67	16,848		
5	74	63	59	65	65	16,952		

PužD =f(ap)									
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,15$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	42	33	59	45	65	12,688	12,6984	31,746	
2	50	42	46	52	42	12,064			
3	46	65	36	43	60	13			
4	42	31	42	31	42	9,776			
5	69	48	77	58	55	15,964			
PužD =f(ap)									
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,15$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	58	78	85	86	66	19,396	16,38	40,95	
2	67	71	75	65	61	17,628			
3	61	71	49	52	54	14,924			
4	81	53	73	61	55	16,796			
5	51	60	45	57	40	13,156			
PužD =f(ap)									
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,15$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	61	56	78	65	88	18,096	16,3072	40,768	
2	66	57	58	80	78	17,628			
3	68	55	57	58	57	15,34			
4	58	66	60	50	57	15,132			
5	42	68	72	62	51	15,34			
PužD =f(ap)									
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,15$ mm, $v_f = 25$ mm/min									
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]	
Oblast									
1	110	87	95	87	76	23,66	22,9528	57,382	
2	98	82	98	78	122	24,856			
3	102	103	102	72	71	23,4			
4	81	82	82	92	92	22,308			
5	70	72	67	103	83	20,54			

**Tab č. p14:** Experiment 2, hloubka záběru 0,2 mm

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,2$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	40	35	42	31	27	9,1	9,2664	23,166
2	35	32	45	40	27	9,308		
3	29	32	35	42	41	9,308		
4	41	35	28	26	30	8,32		
5	39	39	33	45	42	10,296		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,2$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	37	50	59	34	41	11,492	10,2232	25,558
2	35	51	42	40	47	11,18		
3	39	23	37	36	45	9,36		
4	50	36	36	34	35	9,932		
5	30	41	45	36	24	9,152		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,2$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	37	37	32	37	36	9,308	9,6408	24,102
2	45	35	40	28	42	9,88		
3	32	42	40	33	27	9,048		
4	43	45	36	35	37	10,192		
5	33	44	33	42	36	9,776		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,2$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	47	48	50	46	44	12,22	12,1368	30,342
2	44	52	52	40	40	11,856		
3	54	62	59	42	41	13,416		
4	43	46	45	39	38	10,972		
5	47	46	42	54	46	12,22		

PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,2$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	50	43	69	68	49	14,508	12,7608	31,902
2	43	55	50	55	65	13,936		
3	40	42	44	45	46	11,284		
4	38	57	50	44	37	11,752		
5	40	51	50	52	44	12,324		

**Tab č. p15:** Experiment 2, hloubka záběru 0,5 mm

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	76	76	68	76	85	19,812	21,7152	54,288
2	86	78	90	89	78	21,892		
3	78	78	78	77	85	20,592		
4	89	89	95	84	94	23,452		
5	100	91	83	80	85	22,828		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	72	86	95	106	74	22,516	23,14	57,85
2	80	75	94	94	93	22,672		
3	79	96	82	90	80	22,204		
4	87	80	109	104	98	24,856		
5	108	85	89	84	85	23,452		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	92	87	94	105	99	24,804	24,8456	62,114
2	90	100	105	88	104	25,324		
3	100	90	91	85	105	24,492		
4	95	106	102	90	94	25,324		
5	90	92	110	90	85	24,284		

PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	91	91	92	90	79	23,036	25,1576	62,894
2	98	80	117	113	86	25,688		
3	110	95	105	106	107	27,196		
4	112	120	85	88	98	26,156		
5	82	98	82	102	92	23,712		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 0,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	89	87	95	102	101	24,648	25,2304	63,076
2	90	102	78	111	110	25,532		
3	100	110	112	82	92	25,792		
4	115	91	93	95	100	25,688		
5	89	93	95	96	98	24,492		

**Tab. č. p16:** Experiment 2, hloubka záběru 1 mm

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	130	155	180	145	125	38,22	38,3968	95,992
2	145	136	173	146	160	39,52		
3	155	125	143	180	126	37,908		
4	135	146	155	160	170	39,832		
5	120	125	152	140	165	36,504		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	155	146	152	153	135	38,532	39,9672	99,918
2	135	160	146	153	160	39,208		
3	165	152	155	152	160	40,768		
4	170	172	140	150	170	41,704		
5	145	175	140	155	147	39,624		

PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	131	135	145	145	135	35,932	35,9424	89,856
2	134	125	150	155	140	36,608		
3	113	161	142	145	147	36,816		
4	130	150	132	126	142	35,36		
5	126	140	147	155	105	34,996		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	116	136	120	145	117	32,968	33,9456	84,864
2	126	125	107	126	147	32,812		
3	112	131	115	126	142	32,552		
4	126	120	165	135	123	34,788		
5	136	146	110	142	170	36,608		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	150	152	172	150	145	39,988	38,4072	96,018
2	133	150	132	145	156	37,232		
3	150	157	137	145	165	39,208		
4	156	150	151	135	146	38,376		
5	146	150	145	138	137	37,232		

**Tab č. p17:** Experiment 2, hloubka záběru 1,5 mm

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	210	215	190	200	220	53,82	54,3816	135,954
2	225	205	220	225	210	56,42		
3	206	206	211	211	190	53,248		
4	216	225	182	195	215	53,716		
5	215	225	202	210	200	54,704		



PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	260	245	280	210	230	63,7	62,1088	155,272
2	225	235	240	242	235	61,204		
3	235	265	250	240	260	65		
4	240	205	240	265	225	61,1		
5	235	220	245	260	185	59,54		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	240	265	245	295	257	67,704	63,232	158,08
2	261	226	230	225	224	60,632		
3	265	270	250	235	230	65		
4	205	210	222	250	245	58,864		
5	285	226	246	241	232	63,96		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	235	243	255	225	270	63,856	61,048	152,62
2	260	220	215	235	225	60,06		
3	216	214	246	220	275	60,892		
4	180	222	235	205	235	56,004		
5	270	230	250	235	254	64,428		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	225	225	235	255	193	58,916	60,2264	150,566
2	230	235	255	220	255	62,14		
3	235	255	233	240	220	61,516		
4	215	225	245	213	245	59,436		
5	235	240	212	225	225	59,124		

**Tab č. p18: Experiment 2, hloubka záběru 2 mm**

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	275	275	325	285	268	74,256	75,92	189,8
2	275	245	290	268	290	71,136		
3	305	295	296	285	315	77,792		
4	335	275	275	290	340	78,78		
5	275	350	315	268	285	77,636		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	360	325	285	310	325	83,46	82,3992	205,998
2	330	328	320	300	360	85,176		
3	325	325	265	340	345	83,2		
4	300	330	330	315	300	81,9		
5	290	290	290	315	320	78,26		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	360	325	285	260	325	80,86	82,0664	205,166
2	330	328	320	310	360	85,696		
3	315	325	284	340	345	83,668		
4	300	330	330	314	300	81,848		
5	290	290	290	315	320	78,26		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	360	325	290	310	325	83,72	82,2432	205,608
2	330	328	320	300	360	85,176		
3	325	325	265	325	345	82,42		
4	300	330	330	315	300	81,9		
5	290	290	285	315	320	78		

PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	310	250	300	248	275	71,916	75,1504	187,876
2	291	250	270	280	310	72,852		
3	280	290	300	305	308	77,116		
4	270	290	315	315	265	75,66		
5	292	319	319	289	285	78,208		

**Tab č. p19:** Experiment 2, hloubka záběru 2,5 mm

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	425	390	325	480	390	104,52	103,688	259,22
2	385	440	450	370	385	105,56		
3	360	420	355	425	355	99,58		
4	405	425	425	375	450	108,16		
5	400	400	325	440	370	100,62		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	450	370	462	463	425	112,84	108,9088	272,272
2	450	452	375	420	370	107,484		
3	425	320	440	478	442	109,46		
4	475	428	382	375	421	108,212		
5	450	421	381	346	451	106,548		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	425	390	325	350	390	97,76	102,4504	256,126
2	385	425	450	370	385	104,78		
3	360	420	355	425	341	98,852		
4	405	425	410	375	450	107,38		
5	400	400	380	440	370	103,48		

PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	448	355	400	470	438	109,772	105,0712	262,678
2	445	370	400	390	340	101,14		
3	442	473	346	410	375	106,392		
4	373	375	375	480	410	104,676		
5	425	340	423	350	450	103,376		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 2,5$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	350	320	310	340	440	91,52	99,1952	247,988
2	340	430	340	350	425	98,02		
3	375	370	390	440	400	102,7		
4	450	350	375	415	370	101,92		
5	410	412	370	371	395	101,816		

**Tab č. p20:** Experiment 2, hloubka záběru 3 mm

PužD =f(ap)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 3,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	575	510	350	680	490	135,46	126,4432	316,108
2	600	402	461	462	400	120,9		
3	660	520	470	500	472	136,344		
4	415	560	400	505	345	115,7		
5	455	401	522	412	591	123,812		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 3,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	565	612	420	550	420	133,484	128,6168	321,542
2	420	440	475	476	475	118,872		
3	475	475	435	560	475	125,84		
4	425	623	375	530	423	123,552		
5	530	668	423	422	675	141,336		

PužD =f(ap)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 3,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	475	525	376	462	461	119,548	121,5656	303,914
2	495	623	398	421	601	131,976		
3	495	523	473	476	455	125,944		
4	460	515	452	421	425	118,196		
5	350	475	480	476	376	112,164		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 4, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 3,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	375	378	623	548	440	122,928	122,0128	305,032
2	460	470	472	450	449	119,652		
3	552	445	425	405	430	117,364		
4	475	460	500	510	460	125,06		
5	475	460	500	510	460	125,06		
PužD =f(ap)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 3,0$ mm, $v_f = 25$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	462	525	372	462	461	118,664	121,7008	304,252
2	495	623	398	421	601	131,976		
3	495	523	490	476	462	127,192		
4	460	505	452	421	425	117,676		
5	362	475	480	480	376	112,996		

**Tab č. p21:** Experiment 3, rychlost posuvu 20 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 20$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	152	155	150	156	155	39,936	41,0176	102,544
2	162	135	157	164	187	41,86		
3	156	152	145	150	166	39,988		
4	170	156	157	165	162	42,12		
5	170	145	151	150	176	41,184		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	143	180	167	175	170	43,42	41,8704	104,676
2	145	176	155	145	171	41,184		
3	140	178	168	164	174	42,848		
4	154	155	155	175	165	41,808		
5	148	170	140	160	153	40,092		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	155	144	165	152	124	38,48	37,7728	94,432
2	158	127	155	169	147	39,312		
3	137	136	135	145	142	36,14		
4	155	147	173	142	140	39,364		
5	140	130	150	139	125	35,568		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	175	160	165	185	179	44,928	44,1376	110,344
2	155	172	170	157	184	43,576		
3	178	153	165	161	172	43,108		
4	154	175	161	168	169	43,004		
5	180	175	188	187	156	46,072		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	188	176	180	160	179	45,916	45,916	114,79
2	192	165	156	168	186	45,084		
3	182	166	179	155	178	44,72		
4	179	167	185	186	205	47,944		
5	189	190	159	167	178	45,916		

**Tab č. p22: Experiment 3, rychlost posuvu 38 mm/min**

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	195	190	214	206	225	53,56	53,8824	134,706
2	204	190	211	203	199	52,364		
3	189	230	187	223	200	53,508		
4	207	203	215	217	211	54,756		
5	201	205	209	217	230	55,224		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	205	191	210	225	205	53,872	53,1856	132,964
2	185	202	191	220	212	52,52		
3	191	201	187	225	201	52,26		
4	196	205	210	205	196	52,624		
5	225	204	206	206	210	54,652		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	145	173	168	150	167	41,756	44,8864	112,216
2	170	174	173	185	185	46,124		
3	167	166	156	183	193	44,98		
4	165	205	174	200	173	47,684		
5	154	170	165	170	185	43,888		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	187	225	165	174	193	49,088	48,9528	122,382
2	192	185	196	163	170	47,112		
3	210	213	194	183	197	51,844		
4	180	185	163	194	193	47,58		
5	200	178	175	195	197	49,14		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	151	194	165	175	177	44,824	45,916	114,79
2	170	193	174	177	173	46,124		
3	175	175	180	180	168	45,656		
4	178	190	165	184	174	46,332		
5	180	175	175	185	182	46,644		

**Tab č. p23:** Experiment 3, rychlost posuvu 56 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	215	195	212	230	240	56,784	56,8256	142,064
2	208	210	235	220	220	56,836		
3	240	213	216	208	210	56,524		
4	215	215	212	211	215	55,536		
5	216	218	210	245	235	58,448		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	238	270	250	247	230	64,22	62,7848	156,962
2	255	227	238	233	252	62,66		
3	232	245	245	245	224	61,932		
4	244	250	254	212	238	62,296		
5	236	252	238	237	245	62,816		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	235	236	237	250	233	61,932	58,9056	147,264
2	217	226	215	213	230	57,252		
3	221	200	236	240	220	58,084		
4	225	220	221	239	220	58,5		
5	225	220	225	220	240	58,76		



Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	235	240	235	225	253	61,776	62,0256	155,064
2	225	245	236	249	255	62,92		
3	238	273	233	245	233	63,544		
4	235	245	234	235	215	60,528		
5	230	230	240	230	250	61,36		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	225	235	250	265	235	62,92	60,8816	152,204
2	245	240	250	200	235	60,84		
3	235	225	235	221	230	59,592		
4	225	240	230	250	215	60,32		
5	233	237	210	255	233	60,736		

**Tab č. p24:** Experiment 3, rychlost posuvu 74 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	280	265	255	280	268	70,096	70,824	177,06
2	275	267	285	240	265	69,264		
3	300	255	280	263	280	71,656		
4	285	268	285	268	278	71,968		
5	258	275	290	265	280	71,136		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	287	315	315	318	320	80,86	76,5024	191,256
2	285	316	295	290	280	76,232		
3	280	296	321	285	285	76,284		
4	325	295	305	285	295	78,26		
5	176	300	295	287	305	70,876		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	255	250	265	305	280	70,46	70,7304	176,826
2	297	277	265	285	272	72,592		
3	275	270	270	275	262	70,304		
4	260	275	283	255	290	70,876		
5	247	275	270	273	270	69,42		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	300	290	275	277	265	73,164	71,916	179,79
2	300	286	262	272	300	73,84		
3	255	260	272	296	265	70,096		
4	260	270	282	285	270	71,084		
5	280	245	290	270	288	71,396		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	235	255	255	238	240	63,596	65,0832	162,708
2	248	245	245	245	270	65,156		
3	260	245	246	272	270	67,236		
4	255	290	245	233	244	65,884		
5	240	250	252	230	250	63,544		

**Tab č. p25:** Experiment 3, rychlost posuvu 92 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	305	310	308	295	290	78,416	81,0784	202,696
2	320	312	330	292	310	81,328		
3	312	305	300	325	295	79,924		
4	300	305	285	325	315	79,56		
5	370	290	335	370	292	86,164		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	310	320	330	285	325	81,64	79,0712	197,678
2	280	305	279	312	290	76,232		
3	290	340	310	325	312	82,004		
4	310	362	308	285	300	81,38		
5	275	290	310	260	290	74,1		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	305	285	286	303	333	78,624	82,9816	207,454
2	331	330	325	312	330	84,656		
3	315	317	340	365	338	87,1		
4	335	342	340	300	318	85,02		
5	315	332	290	302	290	79,508		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	295	305	325	295	286	78,312	80,3816	200,954
2	310	310	335	310	311	81,952		
3	310	322	312	305	310	81,068		
4	278	320	305	320	295	78,936		
5	340	315	317	308	290	81,64		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	313	316	300	272	305	78,312	79,924	199,81
2	325	310	315	320	302	81,744		
3	290	295	275	315	310	77,22		
4	330	300	320	300	335	82,42		
5	312	340	290	315	280	79,924		

**Tab č. p26: Experiment 3, rychlost posuvu 110 mm/min**

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	355	330	370	360	325	90,48	86,7776	216,944
2	360	345	345	325	310	87,62		
3	290	340	330	325	330	83,98		
4	340	320	320	325	342	85,644		
5	325	375	312	305	340	86,164		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	375	310	315	325	340	86,58	90,5736	226,434
2	335	360	375	352	355	92,404		
3	390	350	362	325	360	92,924		
4	330	355	335	365	340	89,7		
5	368	382	335	340	330	91,26		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	330	365	315	340	368	89,336	88,4416	221,104
2	330	300	340	328	327	84,5		
3	352	350	351	325	353	90,012		
4	335	345	365	345	318	88,816		
5	352	315	390	340	325	89,544		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	350	355	355	385	355	93,6	92,508	231,27
2	330	365	330	352	335	89,024		
3	352	370	330	353	345	91		
4	370	380	350	380	390	97,24		
5	360	328	328	400	347	91,676		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	418	390	355	365	380	99,216	96,3248	240,812
2	360	385	362	395	360	96,824		
3	352	370	330	353	345	91		
4	360	360	340	360	375	93,34		
5	402	365	390	400	390	101,244		

**Tab č. p27:** Experiment 3, rychlost posuvu 128 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	402	360	410	360	400	100,464	100,6304	251,576
2	375	385	365	390	380	98,54		
3	375	360	390	385	400	99,32		
4	363	372	468	370	390	102,076		
5	380	425	411	360	400	102,752		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	380	400	393	390	375	100,776	100,4328	251,082
2	425	424	352	375	408	103,168		
3	425	375	380	385	395	101,92		
4	410	420	365	354	380	100,308		
5	355	400	356	365	370	95,992		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	430	400	412	425	415	108,264	102,5752	256,438
2	428	375	409	402	382	103,792		
3	380	405	400	370	415	102,44		
4	380	400	415	380	392	102,284		
5	350	365	378	378	377	96,096		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	362	350	383	368	350	94,276	93,2464	233,116
2	352	348	380	365	384	95,108		
3	355	355	355	356	385	93,912		
4	340	380	348	350	350	91,936		
5	375	330	330	365	350	91		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	324	348	348	352	328	88,4	92,3728	230,932
2	385	365	380	335	375	95,68		
3	350	390	335	330	350	91,26		
4	365	360	365	383	315	92,976		
5	350	347	362	365	375	93,548		

**Tab č. p28:** Experiment 3, rychlost posuvu 146 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	365	340	380	400	382	97,084	93,8392	234,598
2	335	340	382	342	380	92,508		
3	350	350	323	375	395	93,236		
4	330	342	362	360	370	91,728		
5	340	380	350	375	375	94,64		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	370	380	360	370	360	95,68	95,628	239,07
2	375	375	392	380	353	97,5		
3	365	382	342	342	342	92,196		
4	402	345	345	345	390	95,004		
5	370	375	400	360	375	97,76		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	380	380	375	375	410	99,84	99,268	248,17
2	380	382	370	355	424	99,372		
3	365	379	365	385	375	97,188		
4	375	330	385	375	390	96,46		
5	375	415	420	375	405	103,48		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	470	427	440	385	410	110,864	109,9488	274,872
2	430	405	450	435	430	111,8		
3	470	432	383	436	425	111,592		
4	420	380	383	434	440	106,964		
5	435	405	412	420	415	108,524		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	435	426	440	436	475	115,024	117,2496	293,124
2	465	440	420	445	455	115,7		
3	420	470	435	440	427	113,984		
4	530	465	435	440	485	122,46		
5	450	490	400	435	515	119,08		

**Tab. č. p29:** Experiment 3, rychlost posuvu 164 mm/min

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	472	465	480	450	490	122,564	123,7704	309,426
2	515	462	455	470	475	123,604		
3	495	440	450	470	470	120,9		
4	492	490	510	520	520	131,664		
5	440	460	450	465	495	120,12		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	470	495	480	540	500	129,22	133,7024	334,256
2	505	510	462	530	545	132,704		
3	521	520	535	503	480	133,068		
4	530	500	550	510	513	135,356		
5	535	550	540	537	495	138,164		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	517	520	470	470	475	127,504	134,4616	336,154
2	550	480	527	495	540	134,784		
3	530	580	490	520	470	134,68		
4	550	570	585	530	475	140,92		
5	570	485	560	480	490	134,42		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	505	570	550	480	570	139,1	137,644	344,11
2	590	530	537	587	595	147,628		
3	590	560	560	520	600	147,16		
4	571	550	610	555	525	146,172		
5	415	420	400	445	400	108,16		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	450	470	395	435	430	113,36	108,1184	270,296
2	428	420	445	385	410	108,576		
3	415	442	417	428	420	110,344		
4	396	400	375	432	400	104,156		
5	396	400	375	432	400	104,156		



**Tab č. p30: Experiment 3, rychlost posuvu 188 mm/min**

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	505	530	545	525	520	136,5	125,6736	314,184
2	440	441	480	485	470	120,432		
3	460	515	450	430	470	120,9		
4	510	460	500	445	450	122,98		
5	510	505	508	495	435	127,556		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	510	530	545	525	520	136,76	125,2056	313,014
2	450	441	480	485	470	120,952		
3	430	515	450	430	470	119,34		
4	500	460	500	445	450	122,46		
5	490	505	508	495	435	126,516		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	500	420	490	497	492	124,748	122,1168	305,292
2	470	495	455	420	438	118,456		
3	470	435	450	445	480	118,56		
4	420	510	480	490	500	124,8		
5	480	490	445	510	460	124,02		
Fcef = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	435	440	432	445	430	113,464	122,7096	306,774
2	442	511	510	480	472	125,58		
3	490	480	500	455	470	124,54		
4	470	502	472	480	455	123,708		
5	471	480	455	510	512	126,256		

Fcef = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fcef [N]	průměr měření Fcef [N]	průměr měření PužD [W]
Oblast								
1	477	515	420	425	450	118,924	121,9088	304,772
2	470	490	490	420	450	120,64		
3	460	510	500	470	465	125,06		
4	470	480	450	500	460	122,72		
5	490	470	470	450	470	122,2		

## Příloha č. 5 - Maximální užitečný výkon naměřeny pomocí dynamometru Kistler

Tab. č. p1: Experiment 1, řezná rychlost 30 m/min

Fc = f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 30 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	560	570	549	580	580	567,8	564,04	282,02
2	585	575	600	570	560	578		
3	560	555	555	570	595	567		
4	542	541	542	543	552	544		
5	551	552	570	572	572	563,4		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 30 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	555	505	590	540	565	551	572,12	286,06
2	620	560	565	551	533	565,8		
3	540	555	560	571	570	559,2		
4	585	592	598	590	612	595,4		
5	610	562	601	578	595	589,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 30 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	560	545	585	560	570	564	567,92	283,96
2	560	545	545	570	546	553,2		
3	580	560	572	580	582	574,8		
4	561	570	562	582	571	569,2		
5	561	587	582	581	581	578,4		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 30 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	547	535	561	522	541	541,2	535	267,5
2	531	525	502	510	465	506,6		
3	515	495	460	510	523	500,6		
4	555	546	555	575	555	557,2		
5	562	550	580	580	575	569,4		

F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 5, v <sub>c</sub> = 30 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	540	510	532	522	561	533	543,76	271,88
2	540	560	556	532	543	546,2		
3	591	552	595	582	623	588,6		
4	511	503	524	521	530	517,8		
5	542	510	530	522	562	533,2		

**Tab č. p2:** Experiment 1, řezná rychlost 57 m/min

F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 1, v <sub>c</sub> = 57 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	330	312	325	297,5	310	314,9	317,34	301,473
2	320	321	306	333,5	325	321,1		
3	326	302,5	298	310	312,5	309,8		
4	311	313	331	297,5	326	315,7		
5	311	315	342,5	320	337,5	325,2		
F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 2, v <sub>c</sub> = 57 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	352	330	345	343	340	342	332,04	315,438
2	337	342	350	335	322	337,2		
3	328	328	355	335	357	340,6		
4	306	295	308	308	317	306,8		
5	326	336	335	335	336	333,6		
F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 3, v <sub>c</sub> = 57 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	330	360	345	320	320	335	335,28	318,516
2	350	345	326	330	335	337,2		
3	326	330	315	315	335	324,2		
4	345	330	335	350	330	338		
5	325	340	345	350	350	342		

F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 4, v <sub>c</sub> = 57 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	321	319	302,5	327	307	315,3	326,9	310,555
2	315	300	310	326	355	321,2		
3	321	336	355	340	322	334,8		
4	337	332	320	355	320	332,8		
5	330	337	330	330	325	330,4		
F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 5, v <sub>c</sub> = 57 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	295	295	290	285	315	296	316,68	300,846
2	330	323	315	316	325	321,8		
3	321	310	325	320	325	320,2		
4	326	315	325	326	325	323,4		
5	326	312	325	320	327	322		

**Tab č. p3:** Experiment 1, řezná rychlost 84 m/min

F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 1, v <sub>c</sub> = 84 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	225	245	237,5	257	255	243,9	233,14	326,396
2	235	245	223	257	227	237,4		
3	217	226	242	243	233	232,2		
4	216	226	243	244	220	229,8		
5	222	231	207	240	212	222,4		
F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 2, v <sub>c</sub> = 84 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	230	211	231	231	242	229	232,68	325,752
2	236	217	256	222	236	233,4		
3	226	216	215	240	221	223,6		
4	240	255	245	227	226	238,6		
5	256	236	245	221	236	238,8		

Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	230	232	285	243	246	247,2	239,08	334,712
2	215	237	226	255	230	232,6		
3	215	232	240	230	233	230		
4	225	256	231	255	239	241,2		
5	217	240	263	262	240	244,4		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	250	250	250	251	272	254,6	250,08	350,112
2	217	246	245	242	256	241,2		
3	242	242	240	241	270	247		
4	260	282	225	260	245	254,4		
5	281	253	240	250	242	253,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 84 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	215	230	215	195	217	214,4	225,2	315,28
2	240	225	225	193	225	221,6		
3	225	202	213	233	210	216,6		
4	241	242	245	220	240	237,6		
5	240	240	241	218	240	235,8		

**Tab. č. p4:** Experiment 1, řezná rychlost 111 m/min

Číslo měření 1, vc = 111 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	165	167	181	170	162	169	181,08	334,998
2	180	171	177	175	172	175		
3	203	200	170	165	183	184,2		
4	162	193	216	190	203	192,8		
5	185	205	183	187	162	184,4		

Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 111 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	172	173	186	190	187	181,6	185,84	343,804
2	205	167	195	190	197	190,8		
3	193	165	177	181	195	182,2		
4	181	193	185	177	172	181,6		
5	191	192	191	200	191	193		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 111 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	205	176	191	173	195	188	191,8	354,83
2	165	205	200	183	184	187,4		
3	196	205	173	185	195	190,8		
4	185	186	192	206	206	195		
5	196	195	195	202	201	197,8		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 111 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	207	200	206	183	186	196,4	209,28	387,168
2	202	183	230	220	232	213,4		
3	221	205	205	220	205	211,2		
4	212	206	200	206	220	208,8		
5	212	215	215	220	221	216,6		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 111 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	186	167	167	171	163	170,8	175,72	325,082
2	166	175	177	182	190	178		
3	171	211	170	191	200	188,6		
4	177	175	182	165	166	173		
5	165	166	157	183	170	168,2		

**Tab. č. p5:** Experiment 1, řezná rychlost 138 m/min

Fc = f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	190	156	160	185	206	179,4	174,8	402,04
2	175	196	181	181	136	173,8		
3	205	186	165	155	166	175,4		
4	190	170	168	175	171	174,8		
5	170	170	180	163	170	170,6		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	181	181	181	185	176	180,8	180,76	415,748
2	173	180	175	170	170	173,6		
3	177	170	170	195	167	175,8		
4	187	215	195	183	177	191,4		
5	177	202	187	175	170	182,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	150	175	158	178	170	166,2	170,16	391,368
2	160	165	165	155	163	161,6		
3	155	145	177	160	177	162,8		
4	162	173	180	180	180	175		
5	193	200	173	193	167	185,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	165	193	175	207	207	189,4	185,44	426,512
2	170	196	186	186	176	182,8		
3	186	176	185	185	180	182,4		
4	170	186	205	192	190	188,6		
5	197	171	196	170	186	184		



Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 138 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	181	200	183	185	190	187,8	197,48	454,204
2	185	212	212	210	178	199,4		
3	191	202	185	195	195	193,6		
4	199	193	242	237	205	215,2		
5	195	187	187	188	200	191,4		

**Tab. č. p6:** Experiment 1, řezná rychlost 165 m/min

Fc = f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	160	152	193	172	130	161,4	164,48	452,32
2	152	195	183	165	157	170,4		
3	179	140	145	155	165	156,8		
4	152	172	157	177	170	165,6		
5	143	195	167	168	168	168,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	156	187	185	170	155	170,6	170,52	468,93
2	158	142	202	187	155	168,8		
3	195	150	155	180	155	167		
4	155	156	195	165	195	173,2		
5	155	185	170	185	170	173		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	223	208	186	205	166	197,6	183,04	503,36
2	187	173	187	187	205	187,8		
3	170	186	210	150	182	179,6		
4	145	197	160	163	190	171		
5	180	180	180	182	174	179,2		

Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	187	160	165	165	170	169,4	175,32	482,13
2	190	170	195	192	190	187,4		
3	185	156	165	170	183	171,8		
4	170	185	195	155	168	174,6		
5	157	170	195	185	160	173,4		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 165 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	195	175	210	190	197	193,4	191,2	525,8
2	185	205	185	210	190	195		
3	175	185	195	175	175	181		
4	175	197	182	201	203	191,6		
5	200	180	220	190	185	195		

**Tab č. p7:** Experiment 1, řezná rychlost 192 m/min

Fc = f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 192 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	135	126	137	115	150	132,6	122,96	393,472
2	125	96	110	120	135	117,2		
3	110	132	113	142	138	127		
4	110	115	125	113	115	115,6		
5	130	116	116	130	120	122,4		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 192 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	110	130	110	135	95	116	105,24	336,768
2	95	130	100	100	95	104		
3	106	100	95	112	95	101,6		
4	100	110	100	105	115	106		
5	90	95	78	110	120	98,6		

F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 3, v <sub>c</sub> = 192 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	145	147	147	147	147	146,6	142,52	456,064
2	130	152	155	165	135	147,4		
3	130	125	115	165	150	137		
4	140	144	130	152	152	143,6		
5	135	140	150	130	135	138		
F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 4, v <sub>c</sub> = 192 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	147	153	165	160	173	159,6	153,48	491,136
2	140	155	143	155	145	147,6		
3	122	150	157	118	147	138,8		
4	170	150	155	167	156	159,6		
5	160	162	142	175	170	161,8		
F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 5, v <sub>c</sub> = 192 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	170	169	138	182	170	165,8	165,64	530,048
2	150	178	172	175	185	172		
3	172	162	123	145	177	155,8		
4	165	162	165	156	182	166		
5	165	165	185	158	170	168,6		

**Tab č. p8:** Experiment 1, řezná rychlost 219 m/min

F <sub>c</sub> = f(v <sub>c</sub> )								
Číslo měření 1, v <sub>c</sub> = 219 m/min, a <sub>p</sub> = 1,0 mm, v <sub>f</sub> = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti F <sub>c</sub> [N]	průměr měření F <sub>c</sub> [N]	průměr měření P <sub>už</sub> [W]
Oblast								
1	140	196	175	197	205	182,6	173,04	631,596
2	156	147	184	192	175	170,8		
3	155	156	150	180	185	165,2		
4	177	180	172	178	195	180,4		
5	187	147	173	174	150	166,2		

Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 219 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	93	124	112	122	122	114,6	111,68	407,632
2	118	131	103	90	108	110		
3	113	113	87	108	128	109,8		
4	106	105	111	110	110	108,4		
5	118	111	125	112	112	115,6		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 219 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	110	111	122	111	92	109,2	109,56	399,894
2	97	120	109	91	152	113,8		
3	81	93	128	109	88	99,8		
4	105	105	104	130	111	111		
5	105	115	106	119	125	114		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 219 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	115	140	145	105	120	125	122,68	447,782
2	135	135	95	135	116	123,2		
3	115	135	110	103	145	121,6		
4	106	135	130	101	115	117,4		
5	110	126	115	147	133	126,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 219 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	133	152	156	127	137	141	148,96	543,704
2	157	160	135	145	173	154		
3	145	144	150	150	135	144,8		
4	160	150	165	140	150	153		
5	157	145	152	160	146	152		

**Tab č. p9:** Experiment 1, řezná rychlost 246 m/min

Fc = f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	220	218	207	243	266	230,8	215,08	881,828
2	220	160	193	192	235	200		
3	210	203	240	185	230	213,6		
4	190	220	210	178	278	215,2		
5	175	222	195	257	230	215,8		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	215	150	180	182	141	173,6	167,72	687,652
2	133	145	225	166	160	165,8		
3	195	160	147	200	175	175,4		
4	133	227	167	165	168	172		
5	150	162	162	130	155	151,8		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	181	181	170	210	182	184,8	188,32	772,112
2	206	193	222	192	207	204		
3	180	165	181	181	181	177,6		
4	207	190	220	177	166	192		
5	185	185	192	178	176	183,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	230	180	190	206	192	199,6	193,76	794,416
2	212	173	178	175	205	188,6		
3	182	196	190	191	202	192,2		
4	205	212	175	175	176	188,6		
5	198	205	205	205	186	199,8		

Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 246 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	222	245	196	204	210	215,4	220,56	904,296
2	230	200	210	210	205	211		
3	232	220	237	256	218	232,6		
4	222	252	250	200	215	227,8		
5	205	190	235	225	225	216		

**Tab č. p10:** Experiment 1, řezná rychlost 273 m/min

Fc = f(vc)								
Číslo měření 1, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	155	175	153	153	153	157,8	159,92	727,636
2	163	170	153	194	160	168		
3	175	145	157	147	142	153,2		
4	174	156	156	157	147	158		
5	165	157	166	167	158	162,6		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 2, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	145	150	130	155	150	146	138,56	630,448
2	142	135	133	133	130	134,6		
3	126	140	140	133	133	134,4		
4	150	161	126	115	125	135,4		
5	140	120	165	145	142	142,4		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 3, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	185	150	175	140	138	157,6	152,16	692,328
2	130	150	145	135	146	141,2		
3	155	155	175	157	157	159,8		
4	145	130	145	175	162	151,4		
5	165	152	152	135	150	150,8		

Fc = f(vc)								
Číslo měření 4, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	195	185	155	180	193	181,6	165,64	753,662
2	160	168	185	163	145	164,2		
3	144	157	175	173	152	160,2		
4	150	145	140	152	153	148		
5	185	177	177	160	172	174,2		
Fc = f(vc)								
Číslo měření 5, vc = 273 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	170	155	167	180	155	165,4	160,96	732,368
2	165	180	152	180	163	168		
3	160	125	150	149	165	149,8		
4	185	161	158	170	135	161,8		
5	160	160	136	172	171	159,8		

**Tab č. p11:** Experiment 2, hloubka záběru 0,05 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	25	50	75	69	76	59	62,36	155,9
2	81	33	74	70	41	59,8		
3	96	59	35	74	65	65,8		
4	50	64	65	63	86	65,6		
5	55	67	71	57	58	61,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	60	80	65	65	75	69	59,56	148,9
2	40	72	60	57	78	61,4		
3	60	58	63	35	67	56,6		
4	51	62	62	60	60	59		
5	40	59	56	55	49	51,8		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	59	78	60	75	59	66,2	60,36	150,9
2	45	52	61	60	45	52,6		
3	50	68	56	59	55	57,6		
4	65	68	68	63	58	64,4		
5	64	55	65	61	60	61		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	68	58	60	55	66	61,4	64,16	160,4
2	62	77	62	68	67	67,2		
3	64	52	64	78	57	63		
4	66	63	66	66	53	62,8		
5	59	74	56	68	75	66,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 0,05 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	45	41	45	72	40	48,6	52,12	130,3
2	66	32	38	46	40	44,4		
3	60	35	57	41	68	52,2		
4	45	60	55	54	70	56,8		
5	60	46	65	77	45	58,6		

**Tab č. p12:** Experiment 2, hloubka záběru 0,1 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 0,1 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	33	34	49	23	33	34,4	32,96	82,4
2	32	26	37	31	24	30		
3	46	35	32	31	25	33,8		
4	31	40	26	36	26	31,8		
5	38	36	27	31	42	34,8		



Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 0,1 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	26	38	27	23	38	30,4	32,64	81,6
2	32	37	26	35	31	32,2		
3	45	31	37	36	40	37,8		
4	32	31	26	26	37	30,4		
5	26	31	34	35	36	32,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 0,1 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	62	55	62	74	78	66,2	67,76	169,4
2	85	70	62	61	75	70,6		
3	74	78	66	71	72	72,2		
4	60	89	61	68	55	66,6		
5	68	65	55	63	65	63,2		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 0,1 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	57	45	87	55	82	65,2	69,8	174,5
2	52	60	61	40	47	52		
3	82	62	70	70	70	70,8		
4	85	95	97	85	100	92,4		
5	95	50	55	62	81	68,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 0,1 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	100	50	80	95	70	79	77,96	194,9
2	80	67	60	75	58	68		
3	82	60	101	95	45	76,6		
4	122	78	81	58	115	90,8		
5	85	72	75	75	70	75,4		

**Tab č. p13:** Experiment 2, hloubka záběru 0,15 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 0,15 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	69	67	68	52	51	61,4	61,92	154,8
2	62	52	50	55	73	58,4		
3	66	70	53	45	65	59,8		
4	76	57	56	68	67	64,8		
5	74	63	59	65	65	65,2		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 0,15 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	42	33	59	45	65	48,8	48,84	122,1
2	50	42	46	52	42	46,4		
3	46	65	36	43	60	50		
4	42	31	42	31	42	37,6		
5	69	48	77	58	55	61,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 0,15 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	58	78	85	86	66	74,6	63	157,5
2	67	71	75	65	61	67,8		
3	61	71	49	52	54	57,4		
4	81	53	73	61	55	64,6		
5	51	60	45	57	40	50,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 0,15 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	61	56	78	65	88	69,6	62,72	156,8
2	66	57	58	80	78	67,8		
3	68	55	57	58	57	59		
4	58	66	60	50	57	58,2		
5	42	68	72	62	51	59		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 0,15 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	110	87	95	87	76	91	88,28	220,7
2	98	82	98	78	122	95,6		
3	102	103	102	72	71	90		
4	81	82	82	92	92	85,8		
5	70	72	67	103	83	79		

**Tab č. p14:** Experiment 2, hloubka záběru 0,2 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 0,2 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	40	35	42	31	27	35	35,64	89,1
2	35	32	45	40	27	35,8		
3	29	32	35	42	41	35,8		
4	41	35	28	26	30	32		
5	39	39	33	45	42	39,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 0,2 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	37	50	59	34	41	44,2	39,32	98,3
2	35	51	42	40	47	43		
3	39	23	37	36	45	36		
4	50	36	36	34	35	38,2		
5	30	41	45	36	24	35,2		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 0,2 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	37	37	32	37	36	35,8	37,08	92,7
2	45	35	40	28	42	38		
3	32	42	40	33	27	34,8		
4	43	45	36	35	37	39,2		
5	33	44	33	42	36	37,6		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 0,2 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	47	48	50	46	44	47	46,68	116,7
2	44	52	52	40	40	45,6		
3	54	62	59	42	41	51,6		
4	43	46	45	39	38	42,2		
5	47	46	42	54	46	47		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 0,2 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	50	43	69	68	49	55,8	49,08	122,7
2	43	55	50	55	65	53,6		
3	40	42	44	45	46	43,4		
4	38	57	50	44	37	45,2		
5	40	51	50	52	44	47,4		

**Tab č. p15:** Experiment 2, hloubka záběru 0,5 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 0,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	76	76	68	76	85	76,2	83,52	208,8
2	86	78	90	89	78	84,2		
3	78	78	78	77	85	79,2		
4	89	89	95	84	94	90,2		
5	100	91	83	80	85	87,8		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 0,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	72	86	95	106	74	86,6	89	222,5
2	80	75	94	94	93	87,2		
3	79	96	82	90	80	85,4		
4	87	80	109	104	98	95,6		
5	108	85	89	84	85	90,2		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 0,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	92	87	94	105	99	95,4	95,56	238,9
2	90	100	105	88	104	97,4		
3	100	90	91	85	105	94,2		
4	95	106	102	90	94	97,4		
5	90	92	110	90	85	93,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 0,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	91	91	92	90	79	88,6	96,76	241,9
2	98	80	117	113	86	98,8		
3	110	95	105	106	107	104,6		
4	112	120	85	88	98	100,6		
5	82	98	82	102	92	91,2		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 0,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	89	87	95	102	101	94,8	97,04	242,6
2	90	102	78	111	110	98,2		
3	100	110	112	82	92	99,2		
4	115	91	93	95	100	98,8		
5	89	93	95	96	98	94,2		

**Tab č. p16:** Experiment 2, hloubka záběru 1 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	130	155	180	145	125	147	147,68	369,2
2	145	136	173	146	160	152		
3	155	125	143	180	126	145,8		
4	135	146	155	160	170	153,2		
5	120	125	152	140	165	140,4		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	155	146	152	153	135	148,2	153,72	384,3
2	135	160	146	153	160	150,8		
3	165	152	155	152	160	156,8		
4	170	172	140	150	170	160,4		
5	145	175	140	155	147	152,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	131	135	145	145	135	138,2	138,24	345,6
2	134	125	150	155	140	140,8		
3	113	161	142	145	147	141,6		
4	130	150	132	126	142	136		
5	126	140	147	155	105	134,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	116	136	120	145	117	126,8	130,56	326,4
2	126	125	107	126	147	126,2		
3	112	131	115	126	142	125,2		
4	126	120	165	135	123	133,8		
5	136	146	110	142	170	140,8		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	150	152	172	150	145	153,8	147,72	369,3
2	133	150	132	145	156	143,2		
3	150	157	137	145	165	150,8		
4	156	150	151	135	146	147,6		
5	146	150	145	138	137	143,2		

**Tab č. p17: Experiment 2, hloubka záběru 1,5 mm**

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	210	215	190	200	220	207	209,16	522,9
2	225	205	220	225	210	217		
3	206	206	211	211	190	204,8		
4	216	225	182	195	215	206,6		
5	215	225	202	210	200	210,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	260	245	280	210	230	245	238,88	597,2
2	225	235	240	242	235	235,4		
3	235	265	250	240	260	250		
4	240	205	240	265	225	235		
5	235	220	245	260	185	229		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	240	265	245	295	257	260,4	243,2	608
2	261	226	230	225	224	233,2		
3	265	270	250	235	230	250		
4	205	210	222	250	245	226,4		
5	285	226	246	241	232	246		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	235	243	255	225	270	245,6	234,8	587
2	260	220	215	235	225	231		
3	216	214	246	220	275	234,2		
4	180	222	235	205	235	215,4		
5	270	230	250	235	254	247,8		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	225	225	235	255	193	226,6	231,64	579,1
2	230	235	255	220	255	239		
3	235	255	233	240	220	236,6		
4	215	225	245	213	245	228,6		
5	235	240	212	225	225	227,4		

**Tab č. p18:** Experiment 2, hloubka záběru 2 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 2,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	275	275	325	285	268	285,6	292	730
2	275	245	290	268	290	273,6		
3	305	295	296	285	315	299,2		
4	335	275	275	290	340	303		
5	275	350	315	268	285	298,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 2,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	360	325	285	310	325	321	316,92	792,3
2	330	328	320	300	360	327,6		
3	325	325	265	340	345	320		
4	300	330	330	315	300	315		
5	290	290	290	315	320	301		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 2,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	360	325	285	260	325	311	315,64	789,1
2	330	328	320	310	360	329,6		
3	315	325	284	340	345	321,8		
4	300	330	330	314	300	314,8		
5	290	290	290	315	320	301		



Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 2,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	360	325	290	310	325	322	316,32	790,8
2	330	328	320	300	360	327,6		
3	325	325	265	325	345	317		
4	300	330	330	315	300	315		
5	290	290	285	315	320	300		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 2,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	310	250	300	248	275	276,6	289,04	722,6
2	291	250	270	280	310	280,2		
3	280	290	300	305	308	296,6		
4	270	290	315	315	265	291		
5	292	319	319	289	285	300,8		

**Tab č. p19:** Experiment 2, hloubka záběru 2,5 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 2,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	425	390	325	480	390	402	398,8	997
2	385	440	450	370	385	406		
3	360	420	355	425	355	383		
4	405	425	425	375	450	416		
5	400	400	325	440	370	387		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 2,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	450	370	462	463	425	434	418,88	1047,2
2	450	452	375	420	370	413,4		
3	425	320	440	478	442	421		
4	475	428	382	375	421	416,2		
5	450	421	381	346	451	409,8		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 2,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	425	390	325	350	390	376	394,04	985,1
2	385	425	450	370	385	403		
3	360	420	355	425	341	380,2		
4	405	425	410	375	450	413		
5	400	400	380	440	370	398		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 2,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	448	355	400	470	438	422,2	404,12	1010,3
2	445	370	400	390	340	389		
3	442	473	346	410	375	409,2		
4	373	375	375	480	410	402,6		
5	425	340	423	350	450	397,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 2,5 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	350	320	310	340	440	352	381,52	953,8
2	340	430	340	350	425	377		
3	375	370	390	440	400	395		
4	450	350	375	415	370	392		
5	410	412	370	371	395	391,6		

**Tab č. p20:** Experiment 2, hloubka záběru 3 mm

Fc = f(ap)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 3,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	575	510	350	680	490	521	486,32	1215,8
2	600	402	461	462	400	465		
3	660	520	470	500	472	524,4		
4	415	560	400	505	345	445		
5	455	401	522	412	591	476,2		

Fc = f(ap)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 3,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	565	612	420	550	420	513,4	494,68	1236,7
2	420	440	475	476	475	457,2		
3	475	475	435	560	475	484		
4	425	623	375	530	423	475,2		
5	530	668	423	422	675	543,6		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 3,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	475	525	376	462	461	459,8	467,56	1168,9
2	495	623	398	421	601	507,6		
3	495	523	473	476	455	484,4		
4	460	515	452	421	425	454,6		
5	350	475	480	476	376	431,4		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 3,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	375	378	623	548	440	472,8	469,28	1173,2
2	460	470	472	450	449	460,2		
3	552	445	425	405	430	451,4		
4	475	460	500	510	460	481		
5	475	460	500	510	460	481		
Fc = f(ap)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 3,0 mm, vf = 25 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	462	525	372	462	461	456,4	468,08	1170,2
2	495	623	398	421	601	507,6		
3	495	523	490	476	462	489,2		
4	460	505	452	421	425	452,6		
5	362	475	480	480	376	434,6		

**Tab č. p21: Experiment 3, rychlost posuvu 20 mm/min**

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	152	155	150	156	155	153,6	157,76	394,4
2	162	135	157	164	187	161		
3	156	152	145	150	166	153,8		
4	170	156	157	165	162	162		
5	170	145	151	150	176	158,4		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	143	180	167	175	170	167	161,04	402,6
2	145	176	155	145	171	158,4		
3	140	178	168	164	174	164,8		
4	154	155	155	175	165	160,8		
5	148	170	140	160	153	154,2		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	155	144	165	152	124	148	145,28	363,2
2	158	127	155	169	147	151,2		
3	137	136	135	145	142	139		
4	155	147	173	142	140	151,4		
5	140	130	150	139	125	136,8		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 20 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	175	160	165	185	179	172,8	169,76	424,4
2	155	172	170	157	184	167,6		
3	178	153	165	161	172	165,8		
4	154	175	161	168	169	165,4		
5	180	175	188	187	156	177,2		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 20$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	188	176	180	160	179	176,6	176,6	441,5
2	192	165	156	168	186	173,4		
3	182	166	179	155	178	172		
4	179	167	185	186	205	184,4		
5	189	190	159	167	178	176,6		

**Tab č. p22:** Experiment 3, rychlost posuvu 38 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 38$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	195	190	214	206	225	206	207,24	518,1
2	204	190	211	203	199	201,4		
3	189	230	187	223	200	205,8		
4	207	203	215	217	211	210,6		
5	201	205	209	217	230	212,4		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 38$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	205	191	210	225	205	207,2	204,56	511,4
2	185	202	191	220	212	202		
3	191	201	187	225	201	201		
4	196	205	210	205	196	202,4		
5	225	204	206	206	210	210,2		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, $v_c = 150$ m/min, $a_p = 1,0$ mm, $v_f = 38$ mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	145	173	168	150	167	160,6	172,64	431,6
2	170	174	173	185	185	177,4		
3	167	166	156	183	193	173		
4	165	205	174	200	173	183,4		
5	154	170	165	170	185	168,8		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	187	225	165	174	193	188,8	188,28	470,7
2	192	185	196	163	170	181,2		
3	210	213	194	183	197	199,4		
4	180	185	163	194	193	183		
5	200	178	175	195	197	189		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 38 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	151	194	165	175	177	172,4	176,6	441,5
2	170	193	174	177	173	177,4		
3	175	175	180	180	168	175,6		
4	178	190	165	184	174	178,2		
5	180	175	175	185	182	179,4		

**Tab č. p23:** Experiment 3, rychlost posuvu 56 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	215	195	212	230	240	218,4	218,56	546,4
2	208	210	235	220	220	218,6		
3	240	213	216	208	210	217,4		
4	215	215	212	211	215	213,6		
5	216	218	210	245	235	224,8		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	238	270	250	247	230	247	241,48	603,7
2	255	227	238	233	252	241		
3	232	245	245	245	224	238,2		
4	244	250	254	212	238	239,6		
5	236	252	238	237	245	241,6		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	235	236	237	250	233	238,2	226,56	566,4
2	217	226	215	213	230	220,2		
3	221	200	236	240	220	223,4		
4	225	220	221	239	220	225		
5	225	220	225	220	240	226		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	235	240	235	225	253	237,6	238,56	596,4
2	225	245	236	249	255	242		
3	238	273	233	245	233	244,4		
4	235	245	234	235	215	232,8		
5	230	230	240	230	250	236		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 56 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	225	235	250	265	235	242	234,16	585,4
2	245	240	250	200	235	234		
3	235	225	235	221	230	229,2		
4	225	240	230	250	215	232		
5	233	237	210	255	233	233,6		

**Tab. č. p24:** Experiment 3, rychlost posuvu 74 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	280	265	255	280	268	269,6	272,4	681
2	275	267	285	240	265	266,4		
3	300	255	280	263	280	275,6		
4	285	268	285	268	278	276,8		
5	258	275	290	265	280	273,6		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	287	315	315	318	320	311	294,24	735,6
2	285	316	295	290	280	293,2		
3	280	296	321	285	285	293,4		
4	325	295	305	285	295	301		
5	176	300	295	287	305	272,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	255	250	265	305	280	271	272,04	680,1
2	297	277	265	285	272	279,2		
3	275	270	270	275	262	270,4		
4	260	275	283	255	290	272,6		
5	247	275	270	273	270	267		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	300	290	275	277	265	281,4	276,6	691,5
2	300	286	262	272	300	284		
3	255	260	272	296	265	269,6		
4	260	270	282	285	270	273,4		
5	280	245	290	270	288	274,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 74 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	235	255	255	238	240	244,6	250,32	625,8
2	248	245	245	245	270	250,6		
3	260	245	246	272	270	258,6		
4	255	290	245	233	244	253,4		
5	240	250	252	230	250	244,4		



**Tab č. p25: Experiment 3, rychlost posuvu 92 mm/min**

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	305	310	308	295	290	301,6	311,84	779,6
2	320	312	330	292	310	312,8		
3	312	305	300	325	295	307,4		
4	300	305	285	325	315	306		
5	370	290	335	370	292	331,4		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	310	320	330	285	325	314	304,12	760,3
2	280	305	279	312	290	293,2		
3	290	340	310	325	312	315,4		
4	310	362	308	285	300	313		
5	275	290	310	260	290	285		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	305	285	286	303	333	302,4	319,16	797,9
2	331	330	325	312	330	325,6		
3	315	317	340	365	338	335		
4	335	342	340	300	318	327		
5	315	332	290	302	290	305,8		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	295	305	325	295	286	301,2	309,16	772,9
2	310	310	335	310	311	315,2		
3	310	322	312	305	310	311,8		
4	278	320	305	320	295	303,6		
5	340	315	317	308	290	314		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 92 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	313	316	300	272	305	301,2	307,4	768,5
2	325	310	315	320	302	314,4		
3	290	295	275	315	310	297		
4	330	300	320	300	335	317		
5	312	340	290	315	280	307,4		

**Tab č. p26:** Experiment 3, rychlost posuvu 110 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	355	330	370	360	325	348	333,76	834,4
2	360	345	345	325	310	337		
3	290	340	330	325	330	323		
4	340	320	320	325	342	329,4		
5	325	375	312	305	340	331,4		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	375	310	315	325	340	333	348,36	870,9
2	335	360	375	352	355	355,4		
3	390	350	362	325	360	357,4		
4	330	355	335	365	340	345		
5	368	382	335	340	330	351		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	330	365	315	340	368	343,6	340,16	850,4
2	330	300	340	328	327	325		
3	352	350	351	325	353	346,2		
4	335	345	365	345	318	341,6		
5	352	315	390	340	325	344,4		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	350	355	355	385	355	360	355,8	889,5
2	330	365	330	352	335	342,4		
3	352	370	330	353	345	350		
4	370	380	350	380	390	374		
5	360	328	328	400	347	352,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 110 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	418	390	355	365	380	381,6	370,48	926,2
2	360	385	362	395	360	372,4		
3	352	370	330	353	345	350		
4	360	360	340	360	375	359		
5	402	365	390	400	390	389,4		

**Tab č. p27:** Experiment 3, rychlost posuvu 128 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	402	360	410	360	400	386,4	387,04	967,6
2	375	385	365	390	380	379		
3	375	360	390	385	400	382		
4	363	372	468	370	390	392,6		
5	380	425	411	360	400	395,2		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	380	400	393	390	375	387,6	386,28	965,7
2	425	424	352	375	408	396,8		
3	425	375	380	385	395	392		
4	410	420	365	354	380	385,8		
5	355	400	356	365	370	369,2		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	430	400	412	425	415	416,4	394,52	986,3
2	428	375	409	402	382	399,2		
3	380	405	400	370	415	394		
4	380	400	415	380	392	393,4		
5	350	365	378	378	377	369,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	362	350	383	368	350	362,6	358,64	896,6
2	352	348	380	365	384	365,8		
3	355	355	355	356	385	361,2		
4	340	380	348	350	350	353,6		
5	375	330	330	365	350	350		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 128 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	324	348	348	352	328	340	355,28	888,2
2	385	365	380	335	375	368		
3	350	390	335	330	350	351		
4	365	360	365	383	315	357,6		
5	350	347	362	365	375	359,8		

**Tab. č. p28:** Experiment 3, rychlost posuvu 146 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	365	340	380	400	382	373,4	360,92	902,3
2	335	340	382	342	380	355,8		
3	350	350	323	375	395	358,6		
4	330	342	362	360	370	352,8		
5	340	380	350	375	375	364		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	370	380	360	370	360	368	367,8	919,5
2	375	375	392	380	353	375		
3	365	382	342	342	342	354,6		
4	402	345	345	345	390	365,4		
5	370	375	400	360	375	376		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	380	380	375	375	410	384	381,8	954,5
2	380	382	370	355	424	382,2		
3	365	379	365	385	375	373,8		
4	375	330	385	375	390	371		
5	375	415	420	375	405	398		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	470	427	440	385	410	426,4	422,88	1057,2
2	430	405	450	435	430	430		
3	470	432	383	436	425	429,2		
4	420	380	383	434	440	411,4		
5	435	405	412	420	415	417,4		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 146 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	435	426	440	436	475	442,4	450,96	1127,4
2	465	440	420	445	455	445		
3	420	470	435	440	427	438,4		
4	530	465	435	440	485	471		
5	450	490	400	435	515	458		

**Tab č. p29: Experiment 3, rychlost posuvu 164 mm/min**

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	472	465	480	450	490	471,4	476,04	1190,1
2	515	462	455	470	475	475,4		
3	495	440	450	470	470	465		
4	492	490	510	520	520	506,4		
5	440	460	450	465	495	462		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	470	495	480	540	500	497	514,24	1285,6
2	505	510	462	530	545	510,4		
3	521	520	535	503	480	511,8		
4	530	500	550	510	513	520,6		
5	535	550	540	537	495	531,4		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	517	520	470	470	475	490,4	517,16	1292,9
2	550	480	527	495	540	518,4		
3	530	580	490	520	470	518		
4	550	570	585	530	475	542		
5	570	485	560	480	490	517		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	505	570	550	480	570	535	529,4	1323,5
2	590	530	537	587	595	567,8		
3	590	560	560	520	600	566		
4	571	550	610	555	525	562,2		
5	415	420	400	445	400	416		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 164 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	450	470	395	435	430	436	415,84	1039,6
2	428	420	445	385	410	417,6		
3	415	442	417	428	420	424,4		
4	396	400	375	432	400	400,6		
5	396	400	375	432	400	400,6		

**Tab č. p30:** Experiment 3, rychlost posuvu 188 mm/min

Fc = f(vf)								
Číslo měření 1, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	505	530	545	525	520	525	483,36	1208,4
2	440	441	480	485	470	463,2		
3	460	515	450	430	470	465		
4	510	460	500	445	450	473		
5	510	505	508	495	435	490,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 2, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	510	530	545	525	520	526	481,56	1203,9
2	450	441	480	485	470	465,2		
3	430	515	450	430	470	459		
4	500	460	500	445	450	471		
5	490	505	508	495	435	486,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 3, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	500	420	490	497	492	479,8	469,68	1174,2
2	470	495	455	420	438	455,6		
3	470	435	450	445	480	456		
4	420	510	480	490	500	480		
5	480	490	445	510	460	477		

Fc = f(vf)								
Číslo měření 4, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	435	440	432	445	430	436,4	471,96	1179,9
2	442	511	510	480	472	483		
3	490	480	500	455	470	479		
4	470	502	472	480	455	475,8		
5	471	480	455	510	512	485,6		
Fc = f(vf)								
Číslo měření 5, vc = 150 m/min, ap = 1,0 mm, vf = 188 mm/min								
Píky	1	2	3	4	5	průměr oblasti Fc [N]	průměr měření Fc [N]	průměr měření Puž [W]
Oblast								
1	477	515	420	425	450	457,4	468,88	1172,2
2	470	490	490	420	450	464		
3	460	510	500	470	465	481		
4	470	480	450	500	460	472		
5	490	470	470	450	470	470		