

Manuál k navržené softwarové aplikaci

Manual for the proposed software application

PŘÍLOHA K DISERTAČNÍ PRÁCI

Ing. Jaroslav Kovalčík

Studijní program: P2301 - Strojní inženýrství

Studijní obor: Strojírenská technologie

Školitel: Prof. Dr. Ing. František Holešovský

Školitel specialista: Ing. Pavel Zeman, Ph.D.

Praha, 2020

Obsah

1	Úvod	1
2	Softwarové a hardwarové nároky pro chod aplikace	1
3	Instalace softwarové aplikace	1
4	Hlavní okno aplikace	5
5	Vstupní parametry	6
6	Výstupní parametry	13

1 Úvod

Tato softwarová aplikace byla naprogramována a zkompileována v software Matlab 2012b 32bit a je přiložena na CD, které je součástí disertační práce.

2 Softwarové a hardwarové nároky pro chod aplikace

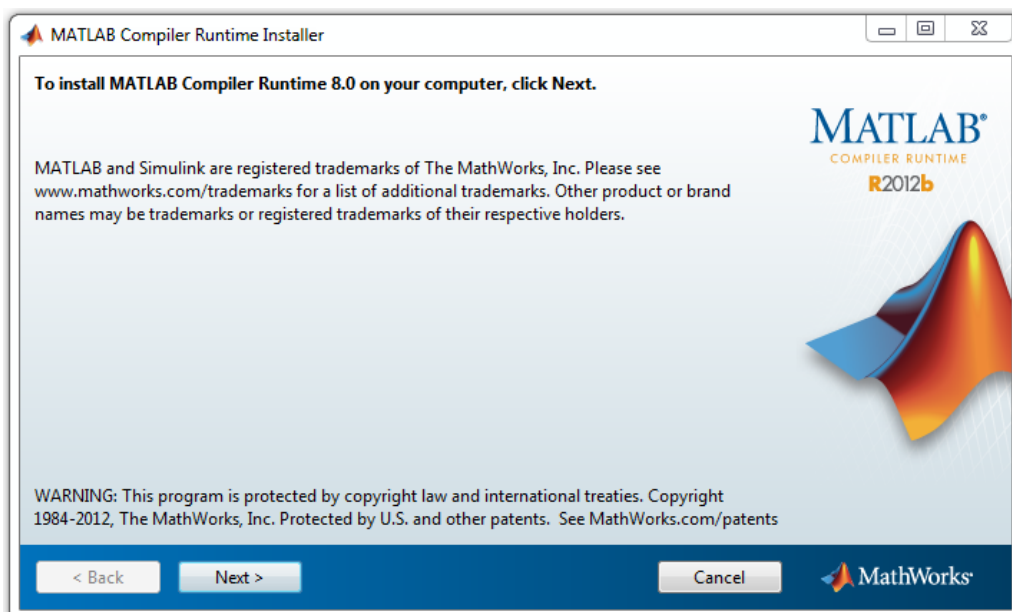
Tento software by měl být bez problému funkční na operačním systému Windows 7/8/8.1/10 ve 32 i 64bitové verzi. Otestována však byla tato aplikace pouze na operačním systému Windows 7/10. Naopak, aplikace není spustitelná na operačním systému macOS nebo Linux.

Není potřeba mít nainstalované žádné speciální software pro funkčnost této aplikace, až na „Matlab Compiler Runtime“, který v sobě obsahuje funkcionality Matlabu. Instalaci těchto funkcionalit bude věnována pozornost v následující kapitole.

Co se týče hardwarových požadavků, je požadováno 4 GB operační paměti a procesor o frekvenci 2 GHz. Aplikace by měla být spustitelná i na počítači o menší operační paměti a frekvenci, ale bylo by to velmi pomalé.

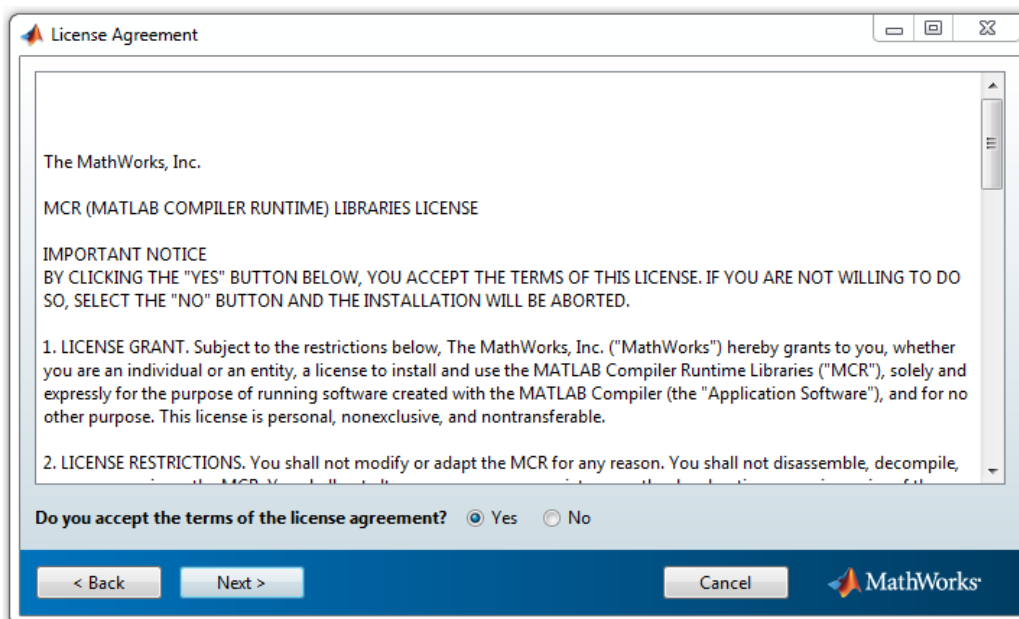
3 Instalace softwarové aplikace

Na přiloženém CD najdete spustitelný soubor „Calculator_pkg.exe“. Ten si nahrajete na svůj počítač, například na plochu, do nějaké Vámi vytvořené složky, například „Calculator“. Pak ten soubor z Vašeho počítače spustíte. Po spuštění tohoto souboru Vám vyskočí okno pro instalaci „Matlab Compiler Runtime“, viz Obr. 1, což je potřebné pro chod aplikace. Není to potřeba instalovat, pokud máte nainstalovaný Matlab 2012b. V tomto případě stačí kliknout na tlačítko „Cancel“.



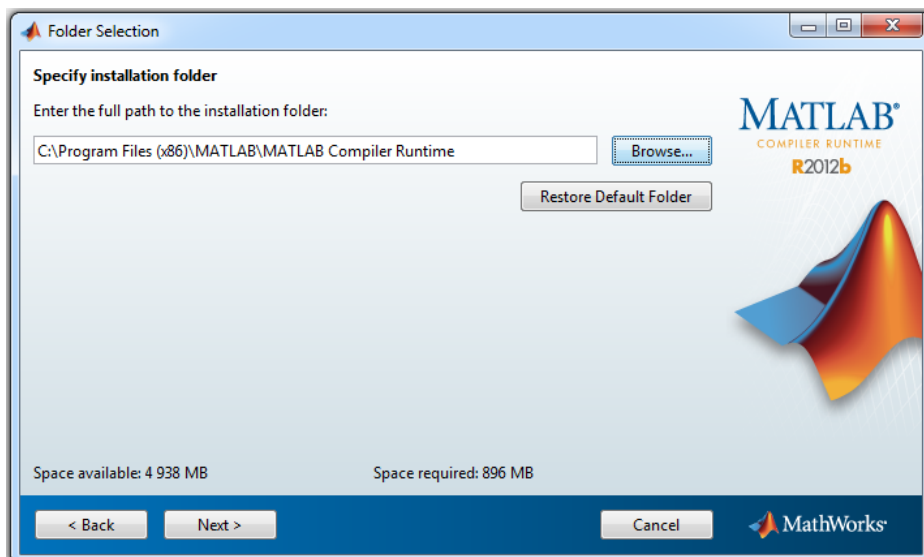
Obr. 1: Okno s instalací Matlab Compiler Runtime.

Na výše uvedeném okně kliknete na tlačítko „Next“ a vyskočí Vám okno s akceptováním licenčních podmínek, viz Obr. 2. Na tomto okně zaškrtnete políčko „Yes“, tedy že souhlasíte s licenčními podmínkami a kliknete na tlačítko „Next“.



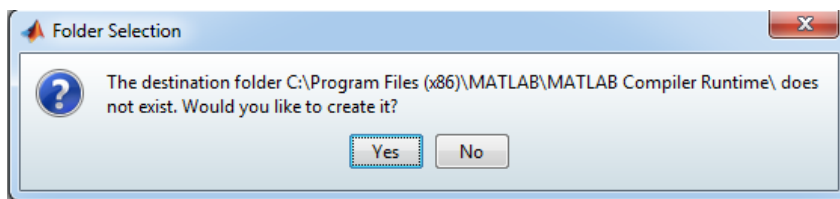
Obr. 2: Okno s akceptováním licenčních podmínek.

Po stisknutí tlačítka „Next“ na předchozím okně vyskočí okno s výběrem složky, kam se má „Matlab Compiler Runtime“ nainstalovat, viz Obr. 3. Je tam vždy defaultně uvedena složka v adresáři „C:\Program Files“ nebo „C:\Program Files (x86)“, kterou bych tam ponechal.



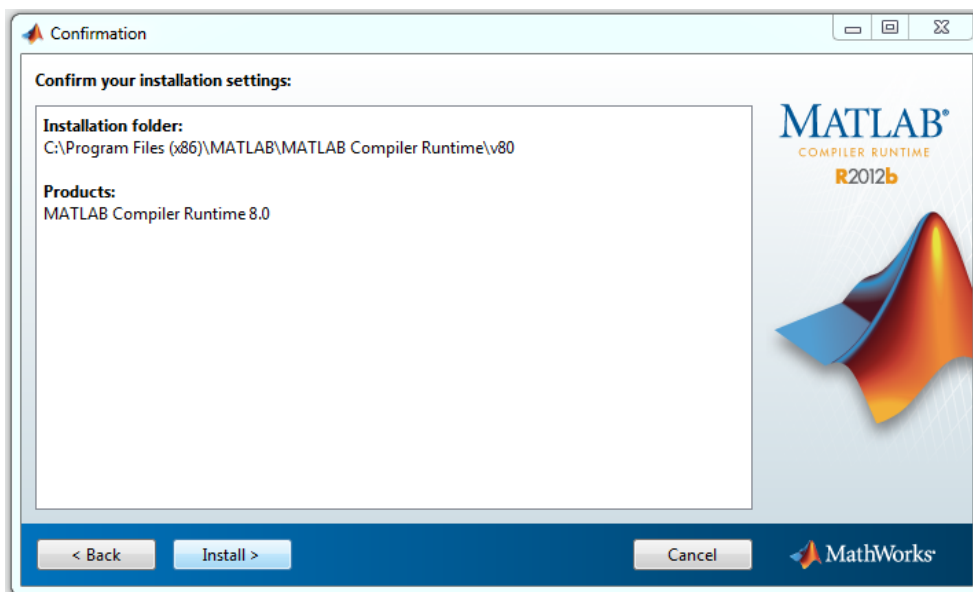
Obr. 3: Okno s výběrem složky pro instalaci Matlab Compiler Runtime.

Po stisknutí tlačítka „Next“ v předchozím okně vyskočí informativní hláška, zda chceme složku „Matlab\Matlab Compiler Runtime“ ve složce „C:\Program Files (x86)“ vytvořit, viz Obr. 4.



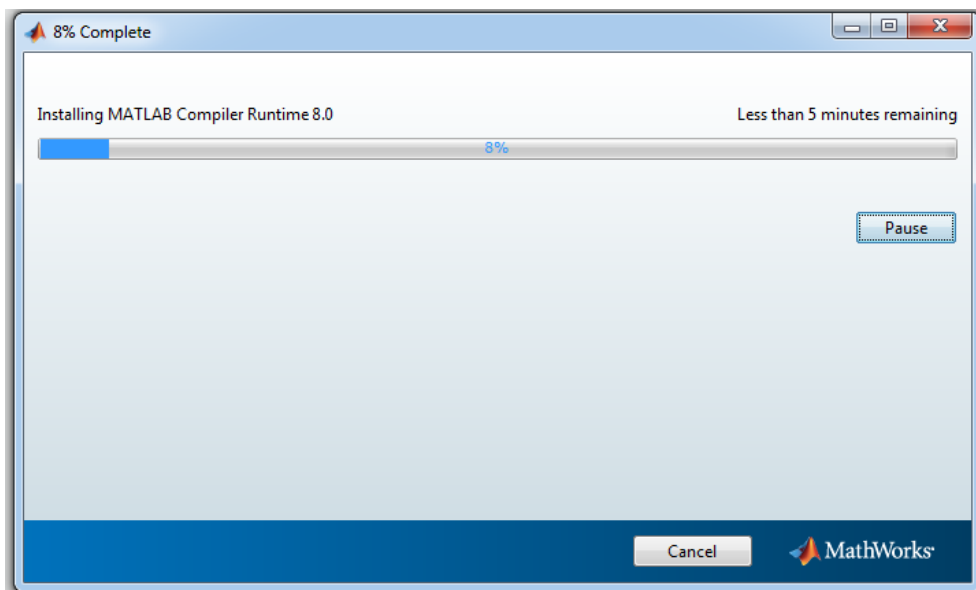
Obr. 4: Informativní hláška, zda chceme složku neexistující složku vytvořit.

Po stisknutí tlačítka „Yes“ Vám vyskočí okno, ve kterém je shrnutí stavu, tedy že chcete produkt „Matlab Compiler Runtime 8.0“ instalovat do Vámi vybrané složky, viz Obr. 5.



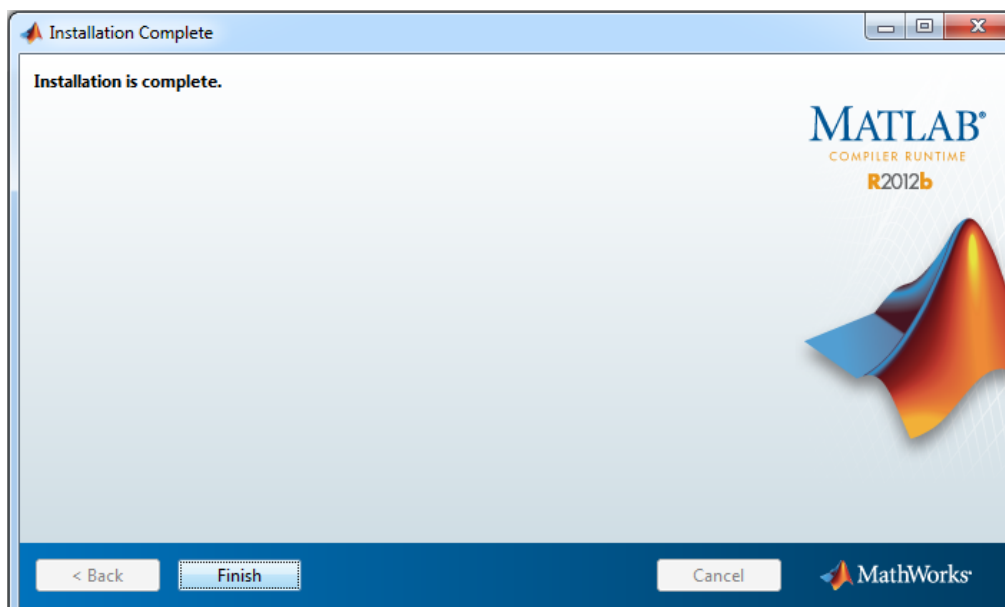
Obr. 5: Potvrzovací okno se shrnutím, kam chceme produkt MCR 8.0 instalovat.

Po stisknutí tlačítka „Install“ se Vám začne instalovat MCR 8.0 do Vámi vybrané složky. Na následujícím okně je průběh instalace produktu, viz Obr. 6.



Obr. 6: Průběh instalace produktu MCR 8.0.

Po dokončení instalace vyskočí okno, že instalace byla dokončena a stačí kliknout na tlačítko „Finish“, viz Obr. 7.

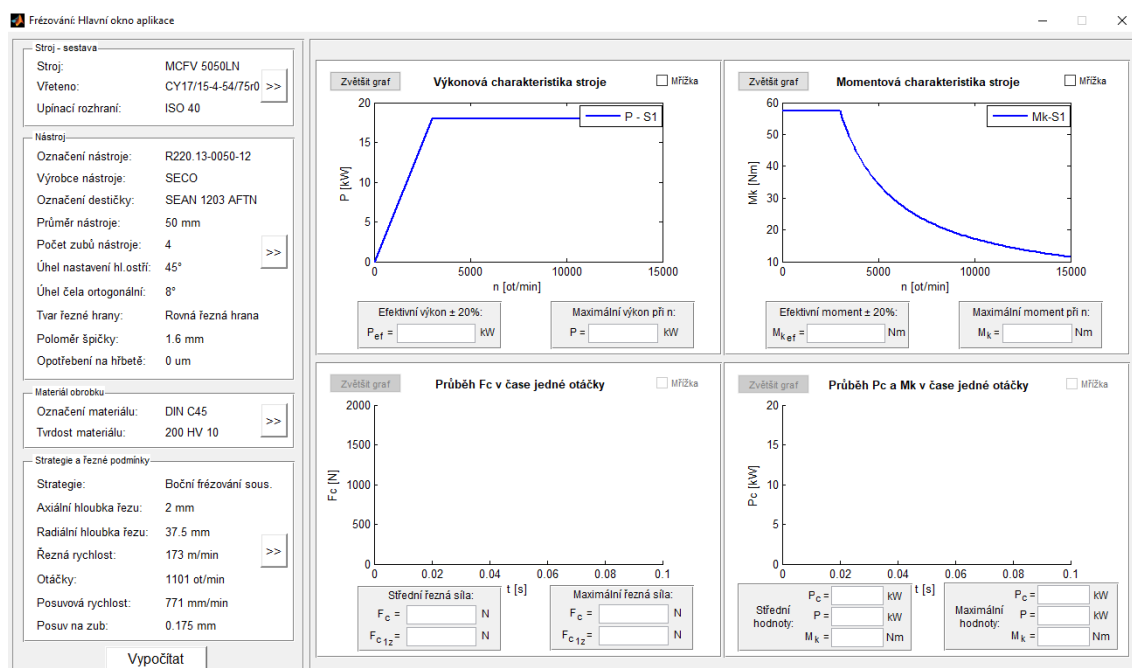


Obr. 7: Okno oznamující ukončení instalace.

Poté přejděte do složky, kam jste nahráli soubor „Calculator_pkg.exe“ a zde uvidíte další soubory, které se v této složce vytvořili. Samotné spuštění aplikace provedete spuštěním souboru „Calculator.exe“.

4 Hlavní okno aplikace

Po spuštění souboru „Calculator.exe“ se Vám zobrazí hlavní okno navržené softwarové aplikace, viz Obr. 8.



Obr. 8: Hlavní okno navržené softwarové aplikace.

Jak je vidět na výše uvedeném obrázku, hlavní okno aplikace je rozděleno do dvou částí. V první části na levé straně jsou vstupní parametry potřebné pro výpočet a v pravé části jsou výstupní parametry.

Mezi vstupní parametry navržené aplikace patří parametry: stroje, respektive sestavy stroje (stroj, vřeteno, upínací rozhraní), nástroje, materiálu obrobku a řezných podmínek.

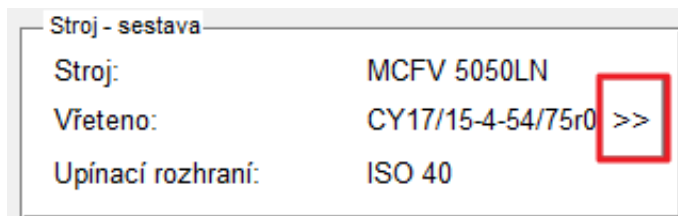
Mezi výstupní parametry patří aktuální, střední a maximální hodnoty řezné síly, řezného výkonu, příkonu a krouticího momentu. Dále mezi výstupní parametry aplikace patří efektivní hodnoty výkonu a krouticího momentu, které jsou zobrazeny ve vykreslených charakteristikách zvoleného stroje společně s odchylkou $\pm 20\%$. Posledními výstupní parametry aplikace jsou maximální hodnoty výkonu a krouticího momentu vřetene stroje při zvolených otáčkách. Tyto hodnoty jsou počítány pro aktuální režim (S1 nebo S6) a v případě režimu S6 je počítáno i zatížení vřetene (například: 50 % u frézování 1 břitem do plného materiálu, 25 % u frézování 1 břitem s poměrem $a_c/D=0.5$).

Podmínkou je, že efektivní hodnota výkonu a krouticího momentu musí být menší než maximální hodnota výkonu a krouticího při zvolených otáčkách.

5 Vstupní parametry

5.1 Parametry stroje

Mezi první vstupní parametry patří parametry stroje. Z hlavního okna aplikace se kliknutím na tlačítko „>>“ dostaneme do databáze strojů, viz Obr. 9.



Stroj - sestava

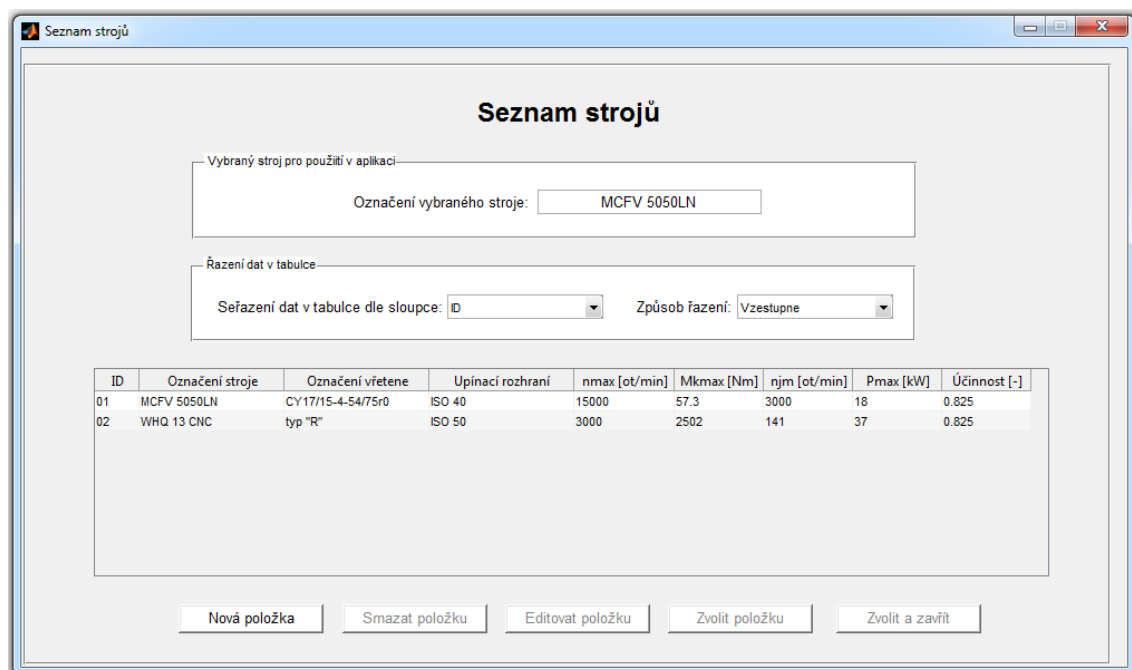
Stroj: MCFV 5050LN

Vřeteno: CY17/15-4-54/75r0 >>

Upínací rozhraní: ISO 40

Obr. 9: Parametry vybraného stroje v hlavním okně aplikace.

Hlavní okno se seznamem všech strojů je zobrazeno na Obr. 10. Zde je možnost zvolit si již existující stroj pro použití v aplikaci nebo je možnost vybraný stroj editovat, smazat či přidat.



Seznam strojů

Vybraný stroj pro použití v aplikaci:

Označení vybraného stroje: MCFV 5050LN

Řazení dat v tabulce:

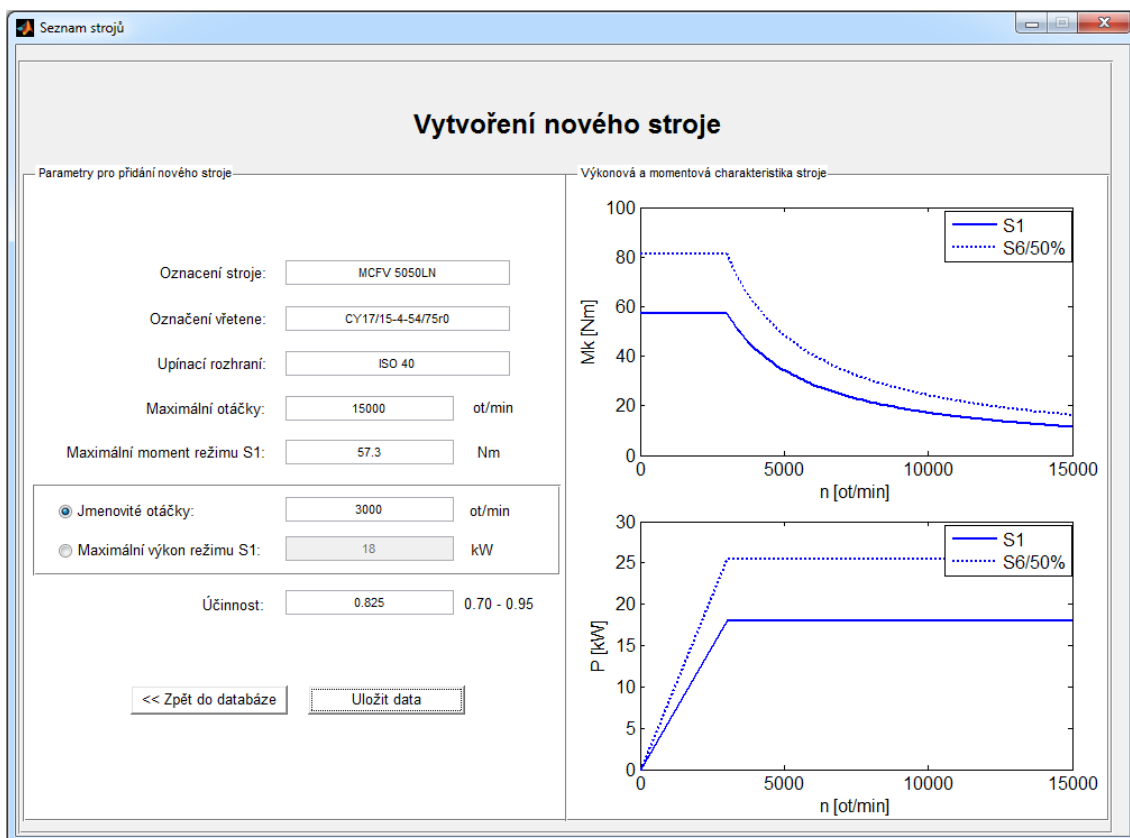
Seřazení dat v tabulce dle sloupce: ID Způsob řazení: Vzestupně

ID	Označení stroje	Označení vřetene	Upínací rozhraní	n _{max} [ot/min]	M _{kmax} [Nm]	n _{jm} [ot/min]	P _{max} [kW]	Účinnost [-]
01	MCFV 5050LN	CY17/15-4-54/75r0	ISO 40	15000	57.3	3000	18	0.825
02	WHQ 13 CNC	typ "R"	ISO 50	3000	2502	141	37	0.825

Nová položka Smazat položku Editovat položku Zvolit položku Zvolit a zavřít

Obr. 10: Okno aplikace se seznamem strojů v databázi.

Na Obr. 11 je zobrazeno okno pro vytvoření nového stroje. Jak je vidět na tomto obrázku, mezi parametry stroje, které se vyplňují, patří: označení stroje, označení vřetene, upínací rozhraní. Tyto tři parametry mají pouze informativní charakter. Další parametry jsou potřebné k vykreslení charakteristik vřetene stroje a jsou to: maximální otáčky (n_{max}), maximální moment režimu S1 (M_{kmax}). Dále je možnost zadat jmenovité otáčky (n_{jm}) nebo maximální výkon režimu S1 (P_{max}) a ten druhý parametr se vždy dopočítá. Posledním parametrem je účinnost (η), kterým se vypočítává hodnota příkonu.



Obr. 11: Okno aplikace s vytvořením nového stroje.

Po zadání potřebných parametrů se na pravé části obrazovky vykreslí momentová a výkonová charakteristika vřetene stroje, a to pro režim S1 a S6 se zatížením vřetene 50 %.

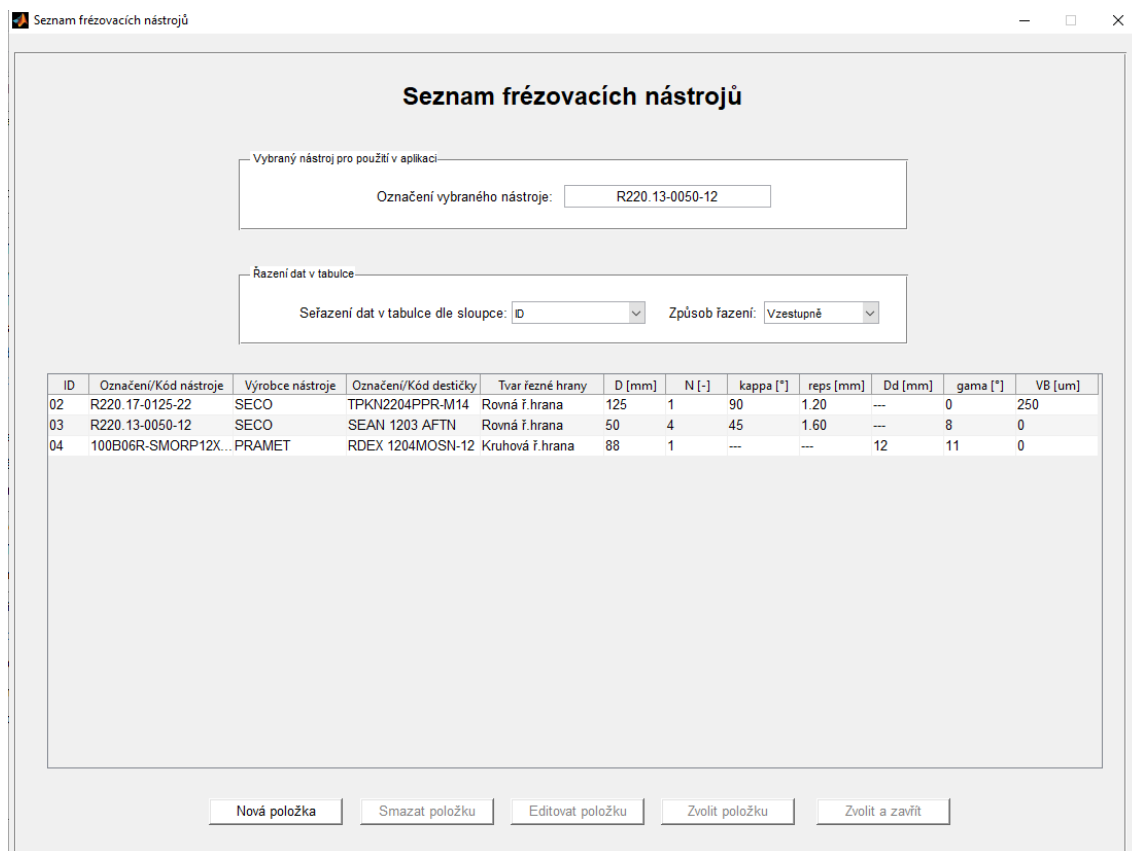
5.2 Parametry nástroje

Mezi další vstupní parametry patří parametry nástroje. Z hlavního okna aplikace se kliknutím na tlačítko „>>“ dostaneme do databáze nástrojů, viz Obr. 12.

Nástroj	
Označení nástroje:	R220.13-0050-12
Výrobce nástroje:	SECO
Označení destičky:	SEAN 1203 AFTN
Průměr nástroje:	50 mm
Počet zubů nástroje:	4
Úhel nastavení hl.ostří:	45°
Úhel čela ortogonální:	8°
Tvar řezné hrany:	Rovná řezná hrana
Poloměr špičky:	1.6 mm
Opotřebení na hřbetě:	0 um

Obr. 12: Parametry vybraného nástroje v hlavním okně aplikace.

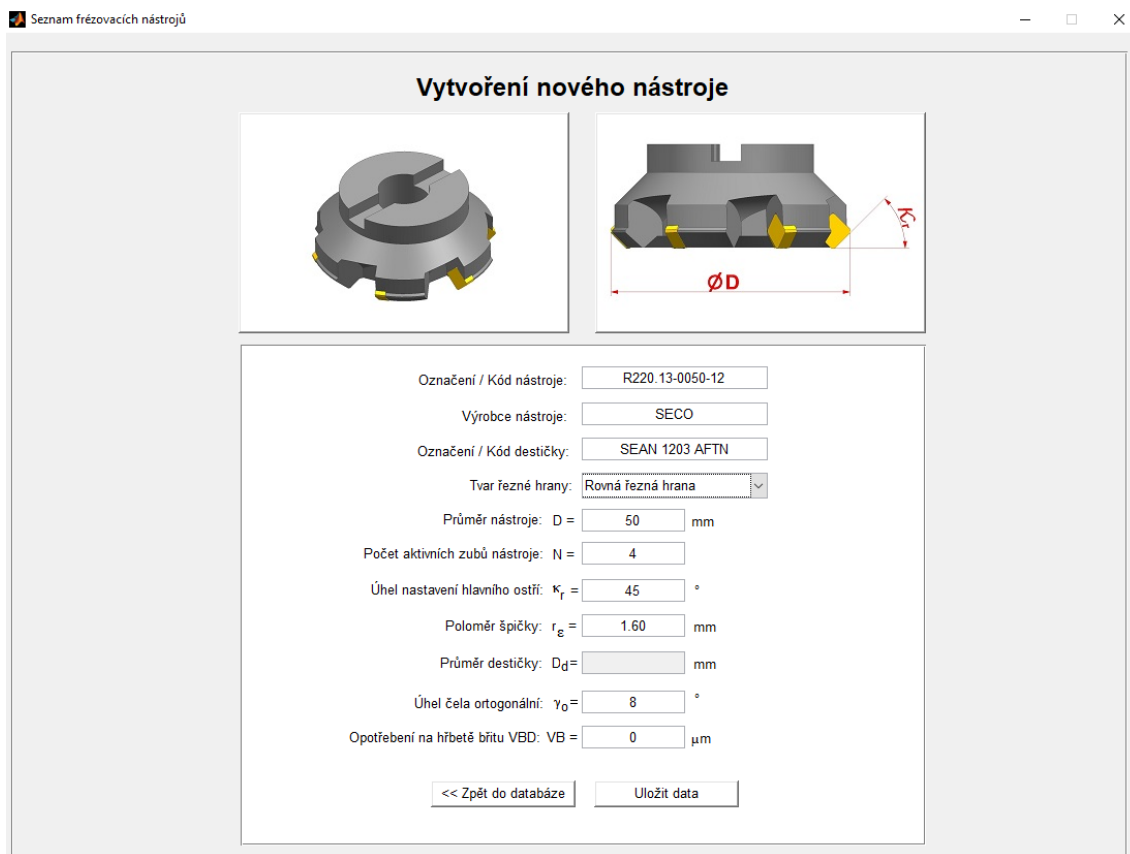
Hlavní okno se seznamem všech nástrojů je zobrazeno na Obr. 13. Zde je možnost zvolit si již existující nástroj pro použití v aplikaci nebo je možnost vybraný nástroj editovat, smazat či přidat.



Obr. 13: Okno aplikace se seznamem nástrojů v databázi.

Na Obr. 14 je zobrazeno okno pro vytvoření nového nástroje. Jak je vidět na tomto obrázku, mezi parametry nástroje, které se zadávají, patří: označení nástroje, výrobce nástroje, označení destičky. Tyto tři parametry mají pouze informativní charakter. Další parametry jsou potřebné pro výpočet všech silových parametrů (řezná síla, řezný výkon, příkon, krouticí moment) a jsou to: tvar řezné hrany (rovná či kruhová řezná hrana), průměr nástroje (D), počet aktivních zubů nástroje (N), úhel nastavení hlavního ostří (κ_r) a poloměr špičky (r_ϵ) u rovné řezné hrany, průměr destičky (D_d) u kruhové řezné hrany, úhel čela ortogonální (γ_o), opotřebení na hřbetě břitu VBD (VB).

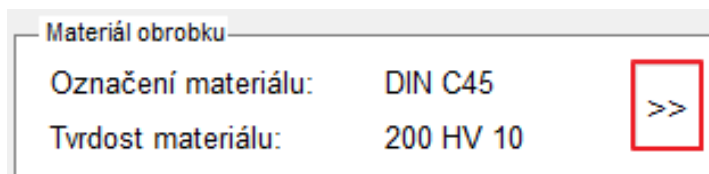
Na obrázcích v okně aplikace jsou zobrazeny nástroje s okótovanými parametry nástroje. Kliknutím na tyto obrázky se zobrazí velké obrázky v novém okně.



Obr. 14: Okno aplikace s vytvořením nového nástroje.

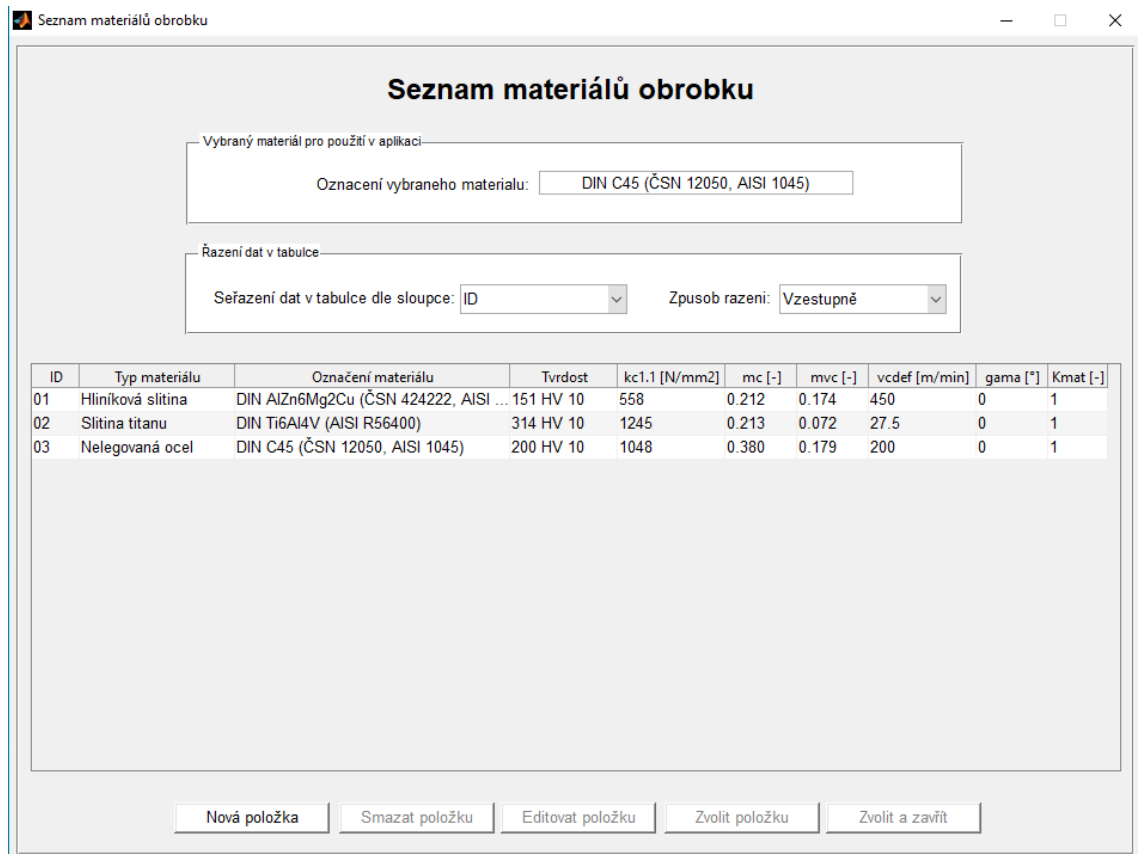
5.3 Parametry materiálu obrobku

Mezi další vstupní parametry patří parametry materiálu obrobku. Z hlavního okna aplikace, viz Obr. 15, se kliknutím na tlačítko „>>“ dostaneme do databáze materiálů obrobku.



Obr. 15: Parametry vybraného materiálu obrobku v hlavním okně aplikace.

Hlavní okno se seznamem všech materiálů obrobku je zobrazeno na Obr. 16. Zde je možnost zvolit si již existující materiál obrobku pro použití v aplikaci nebo je možnost vybraný materiál editovat, smazat či přidat.



Obr. 16: Okno aplikace se seznamem materiálů obrobku v databázi.

Na Obr. 17 je zobrazeno okno pro vytvoření nového materiálu obrobku. Jak je vidět na tomto obrázku, mezi parametry materiálu, které se zadávají, patří: typ materiálu, označení materiálu, tvrdost materiálu. Tyto tři parametry mají pouze informativní charakter. Další parametry jsou potřebné pro výpočet všech silových parametrů a jsou to: $k_{c1.1}$, m_c , m_{vc} , v_{cdef} , úhel čela ortogonální a opravný koeficient materiálu obrobku.

Červeně jsou vyznačeny parametry, které jsou nepovinné a jsou to: tvrdost materiálu a parametry pro výpočet: m_{vc} , v_{cdef} . Pokud nezadáme tyto parametry (m_{vc} , v_{cdef}), bude se uvažovat pouze vztah bez vlivu řezné rychlosti. Uživatel si může tedy do této databáze zadat materiálové konstanty $k_{c1.1}$, m_c z různých katalogů výrobců nástrojů nebo svoje experimentálně zjištěné konstanty.

Pokud jde o úhel čela ortogonální, jedná se v tomto případě o úhel čela nástroje, který byl použit pro získání materiálových konstant. Měrná řezná síla je pak na základě tohoto úhlu čela a úhlu čela nástroje, pro který chceme predikovat silové parametry, přepočítána. Hodnota úhlu čela nástroje, pro který chceme predikovat silové parametry, se zadává v okně s nástroji.

Seznam materiálů obrodku

Editování vybraného materiálu

Typ materiálu:

Označení materiálu:

Tvrdost materiálu:

$k_{c1.1} =$ N/mm²

$m_c =$ --

$m_{vc} =$ --

$v_{c def} =$ m/min

Úhel čela ortogonální: $\gamma_0 =$ °

Opravný koeficient materiálu obrodku: $K_{mat} =$ --

<< Zpět do databáze Uložit data

Poznámka 1: červeně označené položky jsou nepovinné!

Poznámka 2: úhel čela nástroje, který byl použit pro získání materiálových konstant.

Obr. 17: Okno aplikace s vytvořením nového materiálu obrodku.

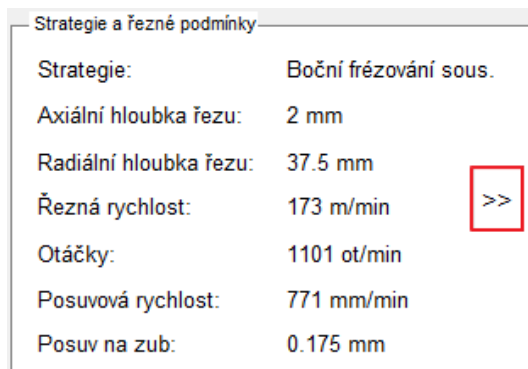
Pokud jde o opravný koeficient materiálu obrodku (K_{mat}), je defaultně nastaven na hodnotu 1 pro všechny tři materiály. Pro příklad uvádím postup, jakým způsobem lze zadat hodnotu materiálu obrodku, a to pro ocel DIN C45. V disertační práci v kapitole 7.2.2 byl určen vztah pro opravný koeficient materiálu obrodku platný pro oceli, viz vztah:

$$K_{mat} = \left(\frac{R_{m1}}{640} \right)^{0.612}$$

Pro ocel DIN C45, jejíž materiálové konstanty byly získány v kapitole 5, byla naměřena tvrdost 200 HV 10. Dle převodní tabulky (viz příloha 9) tomu odpovídá mez pevnosti v tahu 640 MPa (číslo ve jmenovateli). Pokud chci tedy vypočítat silové parametry pro ocel DIN C45 s jinou mezí pevností, například s hodnotou 740 MPa, bude tomu dle výše uvedeného vztahu odpovídat hodnota opravného koeficientu materiálu obrodku 1.09. Tuto hodnotu bych zadal do pole na Obr. 17.

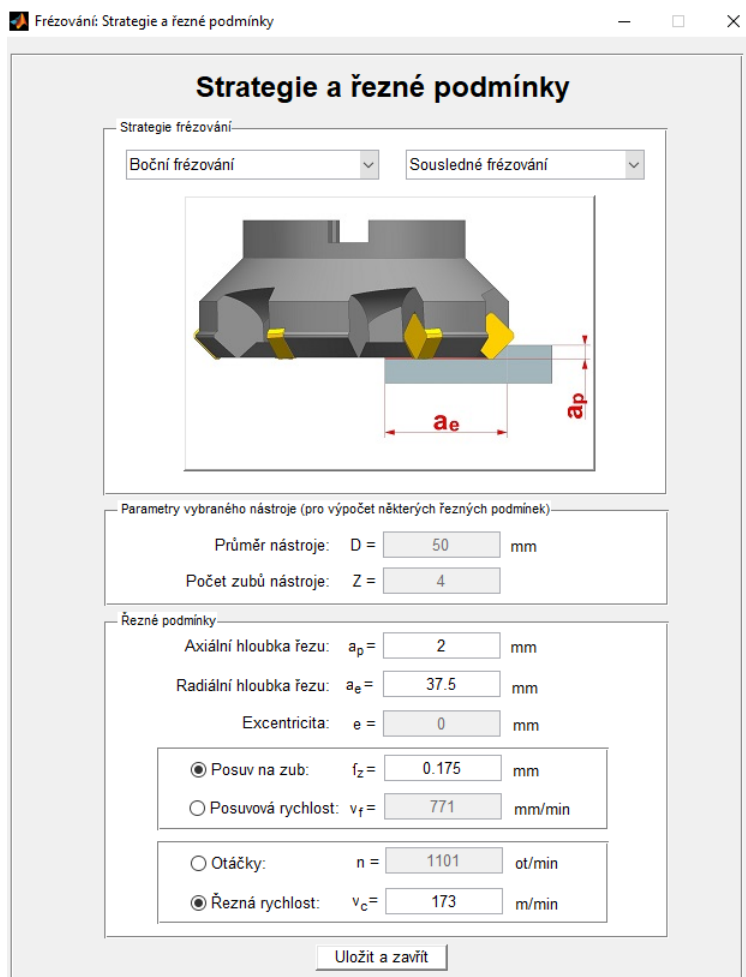
5.4 Parametry řezných podmínek

Mezi další vstupní parametry patří parametry řezných podmínek. Z hlavního okna aplikace, viz Obr. 18, se kliknutím na tlačítko „>>>“ dostaneme do okna s nastavením řezných podmínek a výběru strategie frézování.



Obr. 18: Zvolená strategie frézování a nastavené řezné podmínky v hlavním okně aplikace.

Okno s nastavením řezných podmínek a výběrem strategie frézování je zobrazeno na Obr. 19.



Obr. 19: Okno s výběrem strategie frézování a nastavením řezných podmínek.

Jak je vidět na předchozím obrázku, v první části okna se vybere strategie frézování. V levém rozbalovacím menu se vybere ze tří strategií: frézování do plného materiálu, čelní frézování, boční frézování. Při výběru bočního frézování je dále možnost zvolit si v pravém rozbalovacím menu, zda chceme sousledné či nesousledné frézování. U

frézování do plného materiálu se automaticky nastaví radiální hloubka řezu na hodnotu průměru nástroje. U čelního frézování se zaktivní parametr excentricita, který je u frézování do plného materiálu a bočního frézování neaktivní. Pokud zadáme u čelního frézování nulovou hodnotu excentricity, jedná se o symetrické frézování. Pokud zadáváme nenulovou hodnotu excentricity, jedná se o nesymetrické frézování.

Pod výběrem strategie je panel, kde jsou parametry vybraného nástroje, které jsou nutné pro výpočet některých řezných podmínek.

Pod panelem s parametry nástroje je panel s nastavením řezných podmínek. Zde se zadává axiální hloubka řezu, radiální hloubka řezu (pro případ bočního a čelního frézování) a excentricita (pro případ čelního frézování). Dále je možnost zadat buď posuv na zub, nebo posuvovou rychlost (při výběru jednoho parametru se ten druhý dopočítá). Dále je možnost zadat buď otáčky, nebo řeznou rychlost (při výběru jednoho parametru se ten druhý dopočítá). Právě pro dopočítání těchto parametrů je důležité znát výše uvedené parametry nástroje.

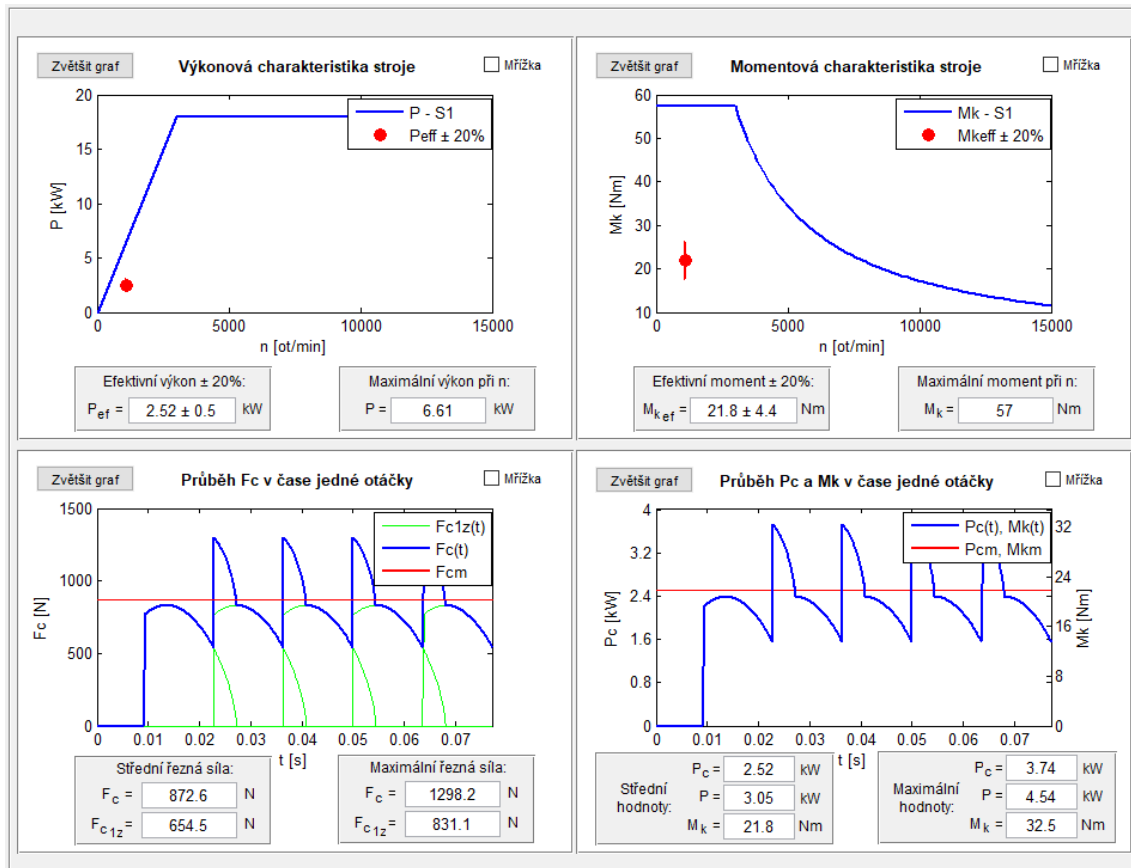
6 Výstupní parametry

Po nastavení všech vstupních parametrů je možnost vypočítat výstupní parametry. To provedeme kliknutím na tlačítko „Vypočítat“ v hlavním okně aplikace pod výpisem vstupních parametrů, viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Stroj - sestava	
Stroj:	MCFV 5050LN
Vřeteno:	CY17/15-4-54/75r0 >>
Upínací rozhraní:	ISO 40
Nástroj	
Označení nástroje:	R220.13-0050-12
Výrobce nástroje:	SECO
Označení destičky:	SEAN 1203 AFTN
Průměr nástroje:	50 mm
Počet zubů nástroje:	4 >>
Úhel nastavení hl. ostří:	45°
Úhel čela ortogonální:	8°
Tvar řezné hrany:	Rovná řezná hrana
Poloměr špičky:	1.6 mm
Opotřevení na hřbetě:	0 um
Materiál obrobku	
Označení materiálu:	DIN C45 >>
Tvrдость materiálu:	200 HV 10
Strategie a řezné podmínky	
Strategie:	Boční frézování sous.
Axiální hloubka řezu:	2 mm
Radiální hloubka řezu:	37.5 mm >>
Řezná rychlost:	173 m/min >>
Otáčky:	1101 ot/min
Posuvová rychlost:	771 mm/min
Posuv na zub:	0.175 mm
Vypočítat	

Obr. 20: Vstupní parametry vybraného stroje, nástroje, materiálu obrobku a řezných podmínek společně s tlačítkem pro výpočet výstupních hodnot.

Po kliknutí na tlačítko „Vypočítat“ se v pravém panelu vykreslí průběhy řezné síly, řezného výkonu, příkonu a krouticího momentu v čase jedné otáčky, a to společně se středními a maximálními hodnotami pod jednotlivými grafy. Dále se ve výkonové a momentové charakteristice vřetene stroje zobrazí efektivní hodnoty výkonu a krouticího momentu a jejich hodnoty se zobrazí pod jednotlivými charakteristikami, a to s odchylkou $\pm 20\%$. Dále se pod jednotlivými charakteristikami zobrazí maximální hodnoty výkonu a krouticího momentu vřetene stroje při zadaných otáčkách pro konkrétní režim – režim S1 nebo režim S6 s určitým zatížením vřetene.

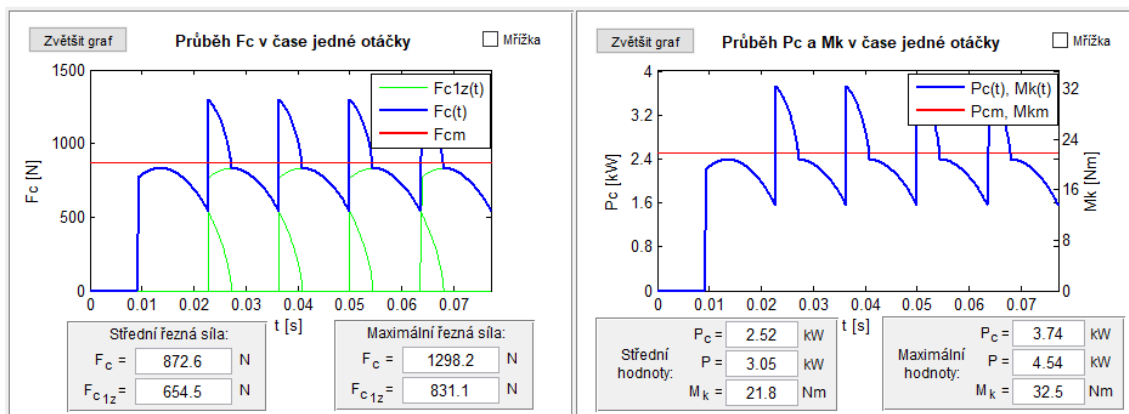


Obr. 21: Panel s výstupními parametry pro strategii bočního frézování sousledného s parametry uvedenými na výše uvedeném obrázku.

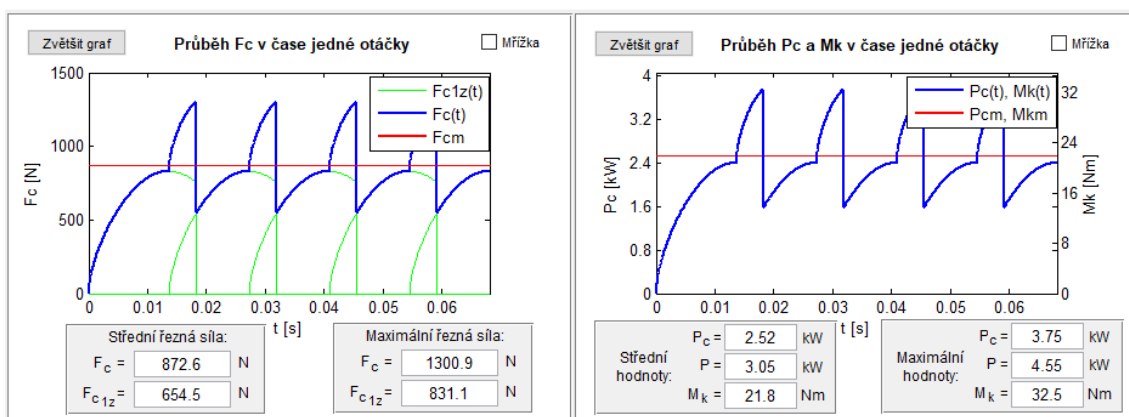
Pod průběhem řezné síly v čase jedné otáčky se zobrazuje střední a maximální hodnota řezné síly řezné síly za otáčku pro N zubů v záběru a rovněž i střední a maximální hodnota řezné síly za záběr pro 1 břit frézovacího nástroje.

Jak bylo řečeno u nastavení řezných podmínek, co se týče bočního frézování, je možnost zvolit si sousledné a nesousledné frézování. Střední i maximální hodnoty řezné síly, řezného výkonu i krouticího momentu jsou stejné pro obě tyto strategie frézování. Odlišné jsou však jejich průběhy. Na následujícím obrázku jsou pro příklad vykresleny průběhy řezné síly v čase jedné otáčky pro případ sousledného a nesousledného bočního frézování, a to pro parametry nástroje, materiálu a řezných podmínek uvedených na Obr. 22.

Boční frézování sousledné



Boční frézování nesousledné



Obr. 22: Porovnání sousledného a nesousledného bočního frézování.