ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA v PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: **N2301** **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2301T007** **Průmyslové inženýrství a management**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby turbín

Autor: Bc. Lukáš CHOVANEC
Vedoucí práce: Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.

Akademický rok 2015/2016

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali s tvorbou této diplomové práce. Především bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D. za cenné konzultace a neustálý kontakt při zpracovávání této práce.

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: . . . . . .

podpis autora

AUTORSKÁ PRÁVA

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

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** CHOVANEC	**Jméno** Lukáš	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Doc. Ing. ŠIMON, Ph.D.	**Jméno** Michal	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	**DIPLOMOVÁ**	~~**BAKALÁŘSKÁ**~~	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Návrh podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby turbín		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	76	**TEXTOVÁ ČÁST**	66	**GRAFICKÁ ČÁST**	0

STRUČNÝ POPIS	Tématem této diplomové práce je návrh podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby turbín. Cílem této diplomové práce je vytvořit podpůrný software, který bude používán jako podpora obchodního oddělení dané společnosti pro rozhodování o vyrobitelnosti či nevyrobitelnosti daného projektu. Práce je rozčleněna do dvou částí a to na teoretickou část diplomové práce a praktickou část diplomové práce. Teoretická část diplomové práce se zabývá popisem výrobku a jeho kusovníkem, technologií výroby, technickými variantami výroby a analýzou vazeb technických a ekonomických parametrů. Praktická část diplomové práce řeší praktické řešení daného problému. V rámci praktické části diplomové práce je vytvořen tabulkový formulář v systému MS Excel.
KLÍČOVÁ SLOVA	MS Excel, produkt, technologie, výroba, odbyt, software

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	**Surname** CHOVANEC	**Name** Lukáš	
FIELD OF STUDY	2301T007 Industrial Engineering and Management		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Doc. Ing. ŠIMON, Ph.D.	**Name** Michal	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	**DIPLOMA**	~~**BACHELOR**~~	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	The design of the supporting software for the evaluation of the turbine production		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	KPV		**SUBMITTED IN**	2016

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	76		**TEXT PART**	66		**GRAPHICAL PART**	0

BRIEF DESCRIPTION	The topic of the diploma thesis is the design of the supporting software for the evaluation of the turbine production. The main goal of the diploma thesis is to develop the tabular form that is suitable for using by the sales department. The tabular form will be used for making decision about the realization or non-realization of the project. The diploma thesis is divided into two parts. The first part of diploma thesis (a theoretical part) concerns with the description the structure of the product, with technology of production and with the analysis of the technical and economic parameters. The second part of diploma thesis (a practical part) deals with the practical solving of the problem. Within the second part of the diploma thesis was developed the tabular form in MS Excel.
KEY WORDS	MS Excel, the product, the technology, the production, sales, software

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ 9

SEZNAM TABULEK 11

GLOSÁŘ 12

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 13

ÚVOD 14

1 POPIS A KUSOVNÍK VÝROBKU 15

2 ZPŮSOBY OPRACOVÁNÍ A TECHNOLOGICKÉ VARIANTY VÝROBY 20

2.1 Členění výroby a prostorové uspořádání výrobních prostor 20
2.2 Výrobní postup 24
2.3 Členění technologie výroby 25
2.4 Techniky kalkulace 28
2.5 Klasifikace nákladů 30
2.5.1 Druhové členění nákladů 31
2.5.2 Účelové členění nákladů 31
2.5.3 Členění nákladů podle závislosti na objemu prováděných výkonů 32
2.6 Návrh a vývoj software 34

3 STANOVENÍ CÍLE A METODIKY PRAKTICKÉ ČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE 36

3.1 Vodní turbíny 37
3.2 Rozváděcí a oběžné lopaty turbín 40

4 ANALÝZA VAZEB TECHNICKÝCH A EKONOMICKÝCH PARAMETRŮ 42

4.1 Analýza technických parametrů lopat Kaplanových a Francisových turbín 42
4.2 Analýza ekonomických parametrů lopat Kaplanových a Francisových turbín 48
4.3 Vazby mezi technickými a ekonomickými parametry 51

5 SPECIFIKACE POŽADAVKŮ A VARIANT VÝROBKU 54

6 METODIKA NÁVRHU TECHNICKO-EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ VÝROBY 57

6.1 Vytvoření ekonomického vzorce 57
6.2 Struktura podpůrného software v MS Excel 65
6.3 Návrh uživatelského prostředí software 69

ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR 75

ZDROJE 76

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1-1: UDRŽITELNOST PRODUKTU 16
OBRÁZEK 1-2: SOUHRNNÝ KUSOVNÍK 17
OBRÁZEK 1-3: RŮZNÉ FORMY GENEROVÁNÍ KUSOVNÍKŮ 18
OBRÁZEK 1-4: KUSOVNÍKY ZVLÁŠTNÍ 19
OBRÁZEK 2-1: TRANSFORMAČNÍ PROCES 20
OBRÁZEK 2-2: TYPY DISKRÉTNÍ VÝROBY 21
OBRÁZEK 2-3: TECHNOLOGICKÉ USPOŘÁDÁNÍ 22
OBRÁZEK 2-4: PŘEDMĚTNÉ USPOŘÁDÁNÍ 23
OBRÁZEK 2-5: AKTIVNÍ LOGISTICKÝ PRVEK 24
OBRÁZEK 2-6: TECHNOLOGICKÝ POSTUP 25
OBRÁZEK 2-7: TYPOVÝ KALKULAČNÍ VZOREC 30
OBRÁZEK 2-8: POJETÍ NÁKLADŮ 30
OBRÁZEK 2-9: FIXNÍ NÁKLADY 33
OBRÁZEK 2-10: VARIABILNÍ NÁKLADY 33
OBRÁZEK 2-11: PRŮBĚH CELKOVÝCH NÁKLADŮ 34
OBRÁZEK 2-12: VODOPÁDOVÝ MODEL ŽIVOTNÍHO CYKLU 35
OBRÁZEK 3-1: FRANCISOVA VERTIKÁLNÍ TURBÍNA 39
OBRÁZEK 3-2: KAPLANOVA TURBÍNA 40
OBRÁZEK 3-3: LOPATY OBĚŽNÉHO KOLA KAPLANOVY TURBÍNY 41
OBRÁZEK 3-4: LOPATY ROZVÁDĚCÍHO KOLA KAPLANOVY TURBÍNY 41
OBRÁZEK 3-5: OBĚŽNÉ KOLO FRANCISOVY TURBÍNY 41
OBRÁZEK 4-1: ROZMĚROVÉ PARAMETRY OBĚŽNÉ LOPATY KT 44
OBRÁZEK 4-2: ROZMĚROVÉ PARAMETRY ROZVÁDĚCÍ LOPATY (DIAGONÁLNÍ TVAR) 44
OBRÁZEK 4-3: ROZMĚROVÉ PARAMETRY ROZVÁDĚCÍ LOPATY (RADIÁLNÍ TVAR) 45
OBRÁZEK 4-4: SEZNAMY MATERIÁLŮ 47
OBRÁZEK 4-5: GRAF ZÁVISLOSTI CENY TECHNOLOGIE A PRŮMĚRU OBĚŽNÉHO KOLA 52
OBRÁZEK 4-6: GRAF ZÁVISLOSTI MEZI PRŮMĚRY OBĚŽNÉHO KOLA A CELKOVOU DOBROU VÝROBY 52
OBRÁZEK 4-7: VLIV VOLBY TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU NA CENU ZA VÝROBEK 53
OBRÁZEK 6-1: MODIFIKOVANÝ KALKULAČNÍ VZOREC 57
OBRÁZEK 6-2: ROZŠÍŘENÝ MODIFIKOVANÝ KALKULAČNÍ VZOREC 58
OBRÁZEK 6-3: EKONOMICKÝ VZOREC PRO FRANCISOVU TURBÍNU 65
OBRÁZEK 6-4: LIST TECHNOLOGIE KT, FT 66
OBRÁZEK 6-5: LIST VOLBA MATERIÁLU - VZOREC 66
OBRÁZEK 6-6: LIST VOLBA MATERIÁLU – KT 67
OBRÁZEK 6-7: LIST POVRCHOVÁ ÚPRAVA KT 68
OBRÁZEK 6-8: LIST VÝPOČTY KT 68
OBRÁZEK 6-9: LIST SEZNAMY 69

OBRÁZEK 6-10: NÁVRH STRUKTURY UŽIVATELSKÉHO PROSTŘEDÍ..... 69
OBRÁZEK 6-11A: VSTUPNÍ ČÁST INTERFACE TABULKOVÉHO FORMULÁŘE 71
OBRÁZEK 6-11B: VSTUPNÍ ČÁST INTERFACE TABULKOVÉHO FORMULÁŘE..... 72
OBRÁZEK 6-12: PŘÍKLAD VYPLNĚNÉHO FORMULÁŘE 73
OBRÁZEK 6-13: VÝSLEDNÁ PODOBA INTERFACE SOFTWARE..... 73

SEZNAM TABULEK

TABULKA 4-1: ROZMĚROVÉ PARAMETRY OBĚŽNÉ LOPATY 43
TABULKA 4-2: ROZMĚROVÉ PARAMETRY ROZVÁDĚCÍ LOPATY KT (DIAGONÁLNÍ TVAR) 44
TABULKA 4-3: ROZMĚROVÉ PARAMETRY ROZVÁDĚCÍ LOPATY KT (RADIÁLNÍ TVAR) 45
TABULKA 4-4: HODINOVÁ SAZBA OPERACE SOUSTRUŽENÍ 49
TABULKA 4-5: CELKOVÝ ČAS VÝROBY ROZVÁDĚCÍ LOPATY KT 49
TABULKA 4-6: PODÍL TECHNOLOGIE NA CELKOVÉM VÝROBNÍM ČASE 49
TABULKA 4-7: CENY ODLITKŮ OBĚŽNÉ LOPATY KAPLANOVY TURBÍNY 50
TABULKA 4-8: HMOTNOSTI ODLITKŮ OBĚŽNÉ LOPATY KAPLANOVÝCH TURBÍN 50
TABULKA 4-9: POVRCHOVÉ ÚPRAVY LOPAT 51
TABULKA 5-1: VZTAH MEZI PARAMETRY VELIKOST SPÁDU A TYPU MÉDIA 56
TABULKA 6-1: KILOGRAMOVÁ CENA A HMOTNOST POLOTOVARU 59
TABULKA 6-2: KILOGRAMOVÁ CENA A HMOTNOST POLOTOVARU VÝKOVKU 60
TABULKA 6-3: TYP POVRCHOVÉ ÚPRAVY A JEHO CENA ODLITKU 60
TABULKA 6-4: TYP POVRCHOVÉ ÚPRAVY A JEHO CENA ODLITKU 61
TABULKA 6-5: HODINOVÁ SAZBA TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ PŘI VÝROBĚ OBĚŽNÝCH LOPAT 61
TABULKA 6-6: CELKOVÝ ČAS VÝROBY JEDNÉ OBĚŽNÉ LOPATY 61
TABULKA 6-7: PROCENTUÁLNÍ PODÍL TECHNOLOGIÍ NA CELKOVÉM ČASU VÝROBY ODLITKU 62
TABULKA 6-8: HODINOVÝ PODÍL TECHNOLOGIÍ NA CELKOVÉM ČASU VÝROBY 62
TABULKA 6-9: CELKOVÝ ČAS VÝROBY JEDNÉ OBĚŽNÉ LOPATY 63
TABULKA 6-10: HODINOVÝ PODÍL TECHNOLOGIÍ NA CELKOVÉM ČASU VÝROBY 63

GLOSÁŘ

Hltnost turbíny	Maximální průtok vody u vodní turbíny při určitém spádu (jmenovitém nebo maximálním)
Výrobní program	Množina produktů, které jsou vyráběny daným výrobním podnikem
Parametr	Určitá proměnná (matematická, technická) charakterizující určitou veličinu (systému, …)
Výrobní základna	Množina všech výrobních zařízení (strojních i nestrojních) dané společnosti, které jsou využitelné k plnění výrobní činnosti
Průběžná doba výroby	Průběžná doba výroby vyjadřuje čas výroby jednoho produktu (čas, za který projde produkt všemi výrobními procesy).

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

KT	Kaplanova turbína
FT	Francisova turbína
TP	Technologický postup
PLM	Product Lifecycle Management
CAD	Computer Aided Design

Úvod

Význam slova „Projekt“ v oblasti řízení výroby popisuje jedinečný druh výroby výrobku, jehož výroba není sériová ani hromadná. Pomocí projektů jsou budovány jaderné elektrárny, vodní díla či pozemní komunikace dálničního typu. Zůstaneme-li v oblasti strojírenství, projektem mohou být velké parní turbíny jaderných elektráren, jaderné reaktory, či lopatky vodních turbín.

Velmi důležitou částí každého projektu je jeho ekonomická výhodnost. Náklady výroby jsou ovlivňovány několika vlivy, z hlediska řízení výroby jsou důležitými vlivy typ výrobní technologie a manipulace s výrobkem v průběhu výroby.

V současné době je možné splnit veškerá přání zákazníků, co se týče technické specifikace výrobků. Ruku v ruce s technickou náročností výrobků jde i konečná cena výrobků, proto je v mnoha případech vhodné hledat ekonomicky rozumný kompromis mezi reálnými možnostmi výrobních technologií a přání zákazníka a pokusit se výrobu projektu optimalizovat na dostupnou technologii výrobní základny, ovšem za předpokladu, že je to možné.

Pro hledání tzv. rozumného kompromisu mezi reálnými možnostmi technologií výrobní základny a přáním zákazníka mohou pomoci rozhodovací nástroje. Těmito rozhodovacími nástroji mohou být jednoduché rozhodovací analýzy v papírové či elektronické podobě nebo sofistikovanější tabulkové formuláře či úzce zaměřené aplikace programované pro různé platformy. Úkolem rozhodovacích nástrojů je zpracovat vstupy (přání zákazníka) na výstupy (cena projektu).

Tato diplomová práce se zabývá vývojem rozhodovacího nástroje pro společnost zabývající se vývojem a výrobou vodních elektráren. Diplomová práce se vymezuje pouze na určitou část výrobních procesů projektů vodních elektráren.

V teoretické části diplomové práce je pojednáno o klasifikaci nákladů a jejich kalkulačních technikách, druzích výroby a typech třískového i netřískového obrábění.

Praktická část diplomové práce řeší návrh podpůrného software v systému MS Excel.

1 Popis a kusovník výrobku

Existuje nespočetné množství definic pojmu „výrobek“ nebo lépe „produkt“, nejzákladnější definice produktu může znít:
„Produkt je cokoliv, co může být nabídnuté na trhu k uspokojení potřeb nebo přání zákazníka, to znamená, že bez produktů není možné uspokojit potřeby zákazníka.“ [1]. V marketingovém pojetí není produkt chápán jako předmět ke svému základnímu určení, ale jako předmět, který přispívá k uspokojení potřeby zákazníka. [1].
Produkty můžeme členit dle zdroje [1] na:

- Produkty materiální povahy (např. lokomotiva, automobil, letadlo, mobilní telefon, …),
- Služby (např. pohostinství, půjčovna, poradenství, …),
- Myšlenky (např. návrh algoritmu, …),
- Osoba (např. konkrétní osoba, …),
- Místo (např. konkrétní místo, …).

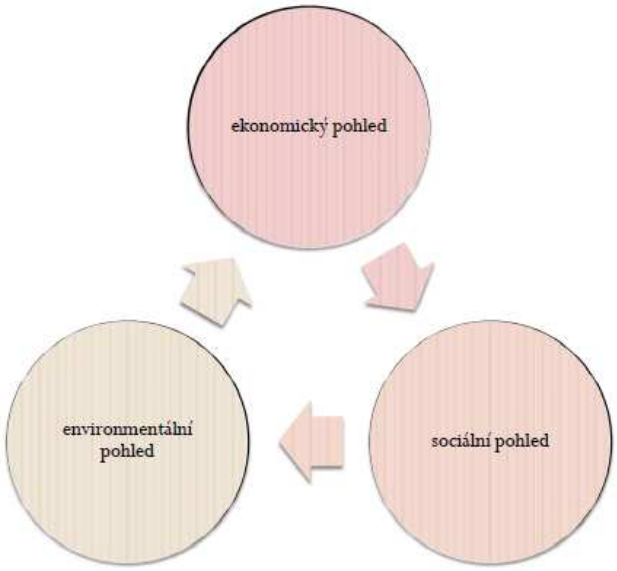
Dle zdroje [1] existuje několik úrovní produktu:

- Obecná prospěšnost a užitečnost – z důvodu prospěšnosti a užitečnosti si zákazník produkt kupuje,
- Základní produkt – musí produkt transformovat z užitečnosti na konkrétně použitelný výrobek či službu,
- Idealizovaný očekávaný produkt – ideální představa produktu v očích zákazníku,
- Přídavek k produktu – neboli „rozšířený produkt“ je něco navíc, co by překonalo očekávání zákazníka,
- Potenciální produkt – zahrnuje veškeré rozšíření a přídavky, které lze vyvíjet případně v budoucnosti.

Produkt a jeho udržitelnost [1]
Produkt by měl být vyvíjen s ohledem na jeho udržitelnost na trhu, kde udržitelnost produktu na trhu závisí na skutečných potřebách trhu a potřebách společnosti.
Mezi skutečné potřeby trhu je možné zařadit požadavky vysoké kvality produktu, efektivitu nákladů (provozní náklady) nebo zkrácení, popř. načasování času uvedení produktu na trh.
Potřebami společnosti je mít k dispozici udržitelný produkt, který je produkován udržitelným výrobním procesem.
Při vývoji nových produktů by mělo být přihlíženo ke třem základním aspektům:

- Ekonomický pohled – aspekt primárně důležitý pro podnikatele – potenciální zisk z prodeje produktu,
- Environmentální pohled – aspekt zabývající se efektivitou využití přírodních zdrojů při zachování ekonomických a technických parametrů produktu,
- Sociální pohled – aspekt popisující práce s lidskými zdroji, kde musí dojít k uspokojení potřeb zaměstnanců a naplnění cílů podniku, tj. zisk. [1]

Na obrázku 1-1 jsou zobrazeny tři základní aspekty/pohledy ovlivňující udržitelnost produktu.



Obrázek 1-1: Udržitelnost produktu [1]

Velmi častá představa tvorby produktů je taková, že řízení produktu končí za „branami" podniku, tzn. od nápadu, vývoje produktu až po výrobu a expedici k zákazníkovi. [1]
Tato představa je mylná, v rámci filozofie PLM (Product Lifecycle Management) pokračuje řízení produktu přes servis až k jeho likvidaci.

Produkt a jeho struktura
Produkty je možné zobrazovat v různých formách. Počínaje skicou prvotní ideje, přes první CAD modely až po strukturovaný kusovník, pomocí kterého je možné zobrazit strukturu produktu a následně produkt vyrobit a sestavit. [2]
Z hlediska výroby produktu je nejdůležitější kusovníkové zobrazení struktury produktu. [2]
Kusovník je základním normativním podkladem standardizace výstupních prvků. Jde o podklad vytvářený v rámci technické přípravy výroby, používaný zejména v mechanicko-fyzikálních výrobních procesech. Podstata kusovníku je založena na informaci, podle které lze zjistit podle „vyššího čísla části" (finální výrobek, sestava, podsestava), kolik do něho vstupuje „nižších čísel částí" (sestav, podsestav, dílů). Obecně mohou být přehledy o výrobku vytvořeny na různých principech, přičemž převažujícím základem je právě kusovník. [3]
Kusovník (Bill of Material, die Stückliste) je nejvýznamnějším způsobem stanovením struktury výrobku, zachycující jednotlivé výrobní a nákupní fáze. Jedná se o systematické uvedení:

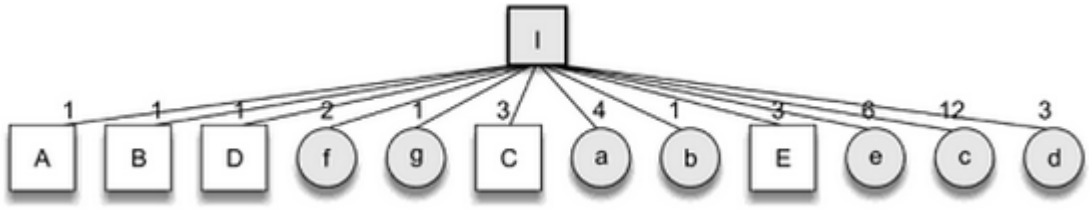
- Materiálů,
- Dílů,
- Podsestav,
- Sestav,
- Včetně informací o vzájemných vztazích při tvorbě výrobku. [3]

Kusovník poskytuje následující informace:

- „K čemu?" – Určuje pro jaký díl, podsestavu, sestavu, či finální výrobek je daný materiál, díl, podsestava či sestava určeny,
- „Co to je?" – Přesné označení daného materiálu, dílu, sestavy, podsestavy, výrobku,
- „Kolik?" – Spotřební množství nižší části ve vztahu k vyšší části,
- „Kde?" – Podle struktury výrobku, daný stupeň výroby či přísunu materiálu,
- „Kdy?" – Podle struktury, event. podle určeného předstihu. [3]

Dle zdroje [3] jsou jednotlivé kusovníky:

Nestrukturovaný kusovník – Přehled množství spotřebovávaných částí výrobku, eventuálně materiálů. Jde o kusovník souhrnný, tj. soupis jednotlivých sestav, podsestav, dílů a materiálů, které vstupují do výrobku bez vyjádření vnitřních vazeb. Je možno jej nazvat souhrnnou technicko-hospodářskou normou spotřeby. Schéma kusovníku zobrazeno na obrázku 1-2.



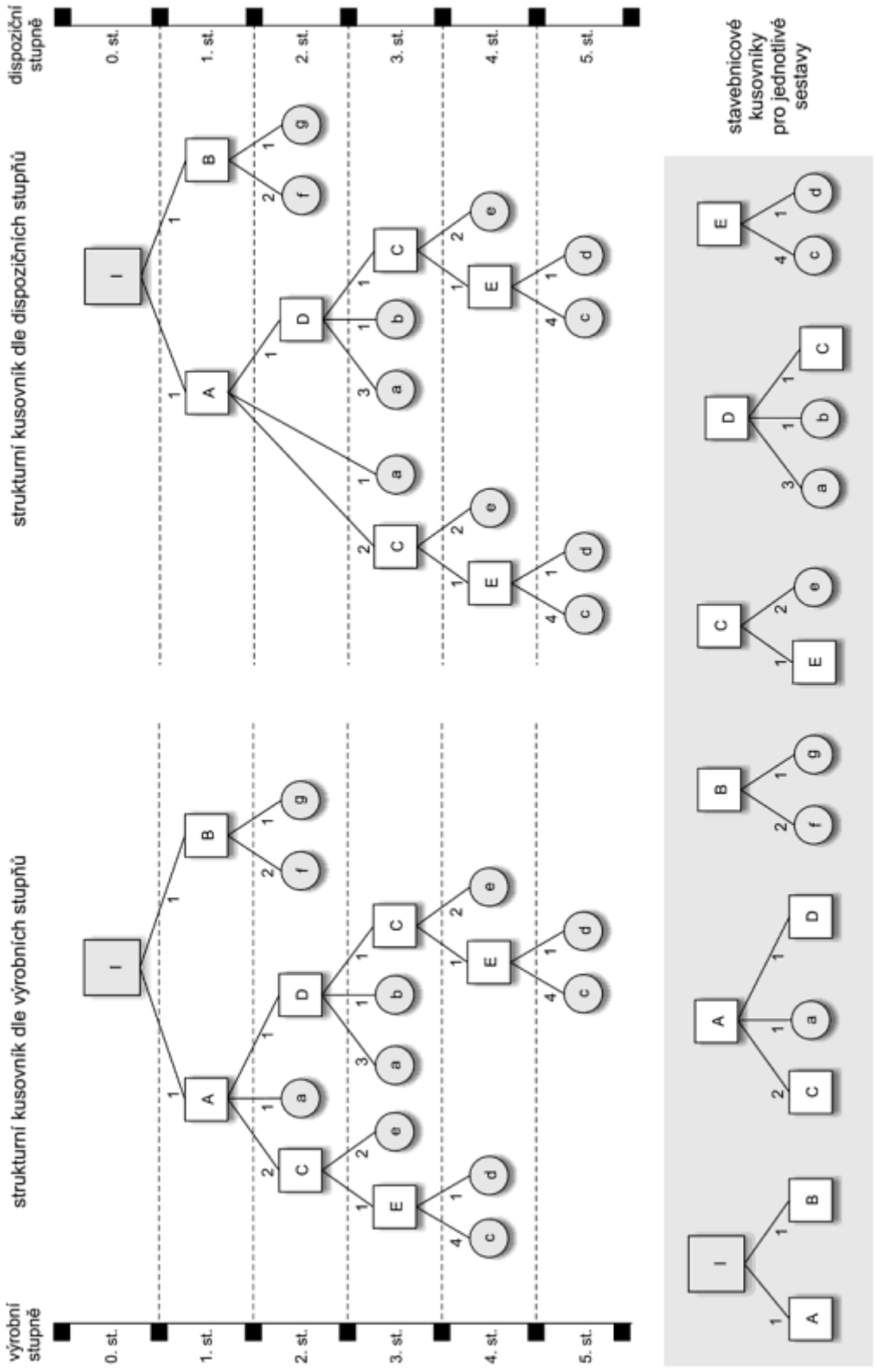
Obrázek 1-2: Souhrnný kusovník [3]

Kusovník strukturní – Vyjadřuje vnitřní vazbu a charakterizuje postupný vznik jednotlivých stupňů výrobku. Je východiskem pro dílčí technicko-hospodářské normy spotřeby. Umožňuje určit nejen množství vstupních komponentů, ale i vnitřní strukturu, tzn. vnitřní výrobní a montážní vazby. Rozlišujeme:

- Strukturní kusovníky dispozičních stupňů,
- Strukturní kusovníky podle výrobních stupňů.

Toto rozlišení má význam podle určení dispozice s jednotlivými částmi podle potřeby výrobního procesu.

Kusovník stavebnicový – Pro jednotlivé moduly (sestavy, podsestavy, atd.), ze kterých se skládá produkt stavebnicovým způsobem.
Jednotlivé typy uvedených kusovníků jsou zobrazeny na obrázku 1-3.

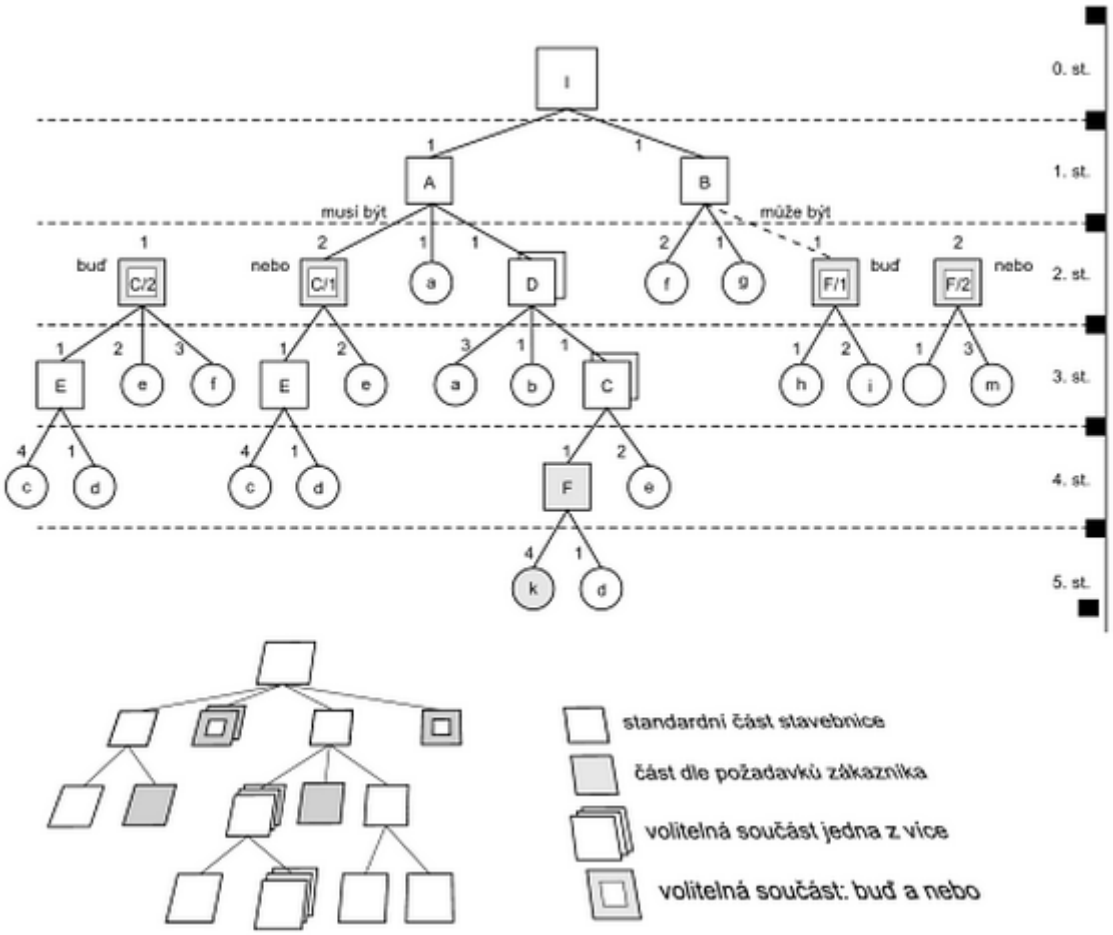


Obrázek 1-3: Různé formy generování kusovníků [3]

Kusovníky zvláštní – Jedná se o variantní kusovníky, které nabízejí k základnímu provedení další varianty, a to dvojím způsobem:

- Volitelné varianty jsou pojaty jako rozšíření dané struktury,
- Volitelné varianty jsou pojaty jako alternativy (buď/nebo).

Kusovníky zvláštní jsou zobrazeny na obrázku 1-4.



Obrázek 1-4: Kusovníky zvláštní [3]

2 Způsoby opracování a technologické varianty výroby

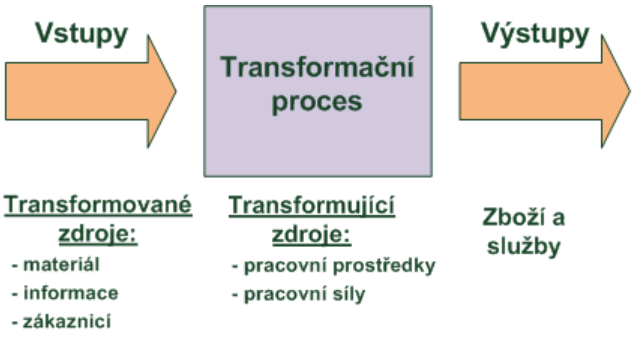
Vhodný výběr výrobní technologie má přímý vliv na technicko-ekonomické hodnocení vyráběného produktu. Vhodným výběrem technologie výroby, manipulačních prostředků a kvalitní organizací výroby je možné produkovat produkty ve vysoké kvalitě při rozumných výrobních nákladech.

2.1 Členění výroby a prostorové uspořádání výrobních prostor

Produkt je výsledkem transformačního (výrobního) procesu, kde na počátku tohoto transformačního procesu jsou vstupy (informační, materiální, energetické, …), které jsou tímto transformačním procesem přeměněny na výstup (výsledný produkt). [2]
Výrobním procesem se rozumí souhrn všech dějů při přeměně materiálů a surovin ve výrobek za pomoci pracovní síly a výrobních prostředků. Výrobní proces se skládá ze dvou základních částí:

- Technologický proces: Bezprostřední kvalitativní nebo kvantitativní přeměna, kde na charakter technologického procesu má vliv druh využívaných přírodních procesů a z toho vyplývající druhy výrobních prostředků,
- Pracovní proces – představuje souhrn všech činností, v průběhu kterých se lidé svojí prací podílejí na přeměně vstupních zdrojů na výstupy. [4]

Na obrázku 2-1 je znázorněn příklad transformačního procesu

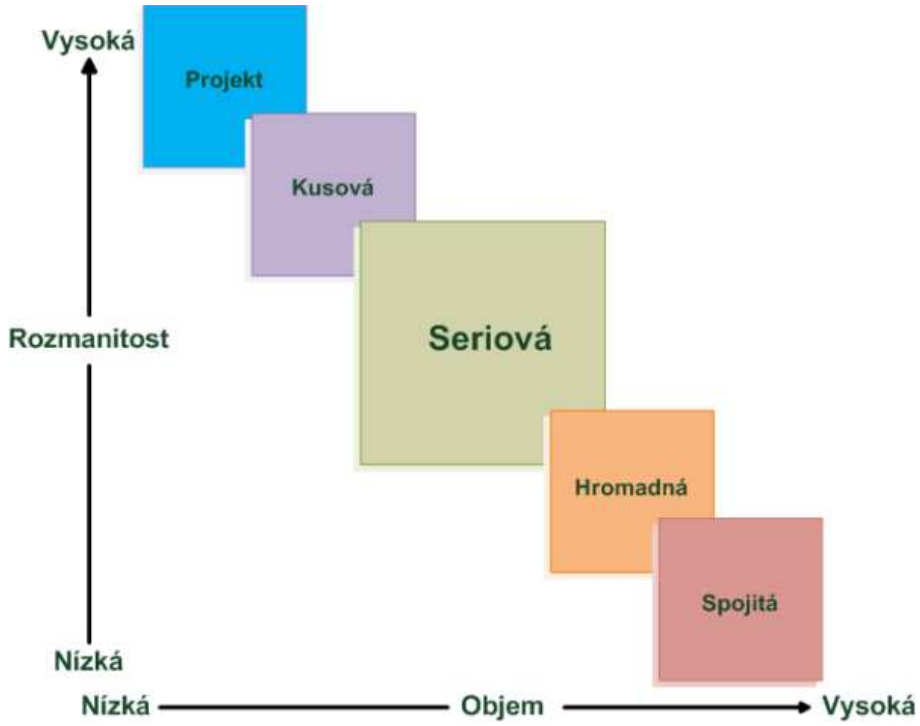


Obrázek 2-1: Transformační proces [4]

Jak již bylo uvedeno výše, produkty jsou výsledkem výrobního procesu. Tento výrobní proces je uskutečňován ve výrobě. Existuje mnoho druhů členění výrob podle různých parametrů.
Dle literatury [4] je výroba členěna podle míry plynulosti technologické transformace na výrobu plynulou a výrobu diskrétní.
V rámci plynulé výroby na sebe technologické a manipulační procesy bezprostředně navazují. Plynulá výroba se vyskytuje zvláště v hutním nebo chemickém průmyslu. [4]
Diskrétní výroba je charakteristická střídáním technologických a manipulačních procesů, v některých případech i proložených čekáním (prostoji). Podle množství a rozmanitosti vyráběných produktů je dle zdroje [4] diskrétní výroba členěna na diskrétní výroby:

- Hromadnou
- Velkosériovou
- Středně sériovou
- Malosériovou
- Kusovou
- Projektovou

Na obrázku 2-2 je zobrazen vztah mezi rozmanitostí a množstvím vyráběných produktů podle typu diskrétní výroby.



Obrázek 2-2: Typy diskrétní výroby [4]

Dále je možné dle zdroje [2] výrobu dělit dle charakteru technologie na:

- Mechanickou,
- Chemickou,
- Biologickou,
- Biochemickou,
- Výrobu energií.

V *mechanické výrobě* se nemění vlastnosti látkové podstaty vstupních surovin a materiálů, neboť během technologického procesu je měněn pouze tvar obrobku a jakost plochy. Vstupní suroviny a materiály jsou opracovávány obráběním, tvářením, kováním, svařováním apod.

Chemická výroba je charakterizována tím, že při transformaci vstupních surovin na výstupy vyvolává změny vlastností látkové podstaty vstupů. Je typická pro výrobu organických a anorganických látek, zpracování ropy, rud a pro jiné aparaturní technologické procesy.

Biologická a biochemická výroba je uskutečňována prostřednictvím přírodních procesů. Tento druh výroby je charakteristický pro potravinářský nebo biochemický průmysl (např. pro výrobu piva, sýrů, některých druhů léčiv atd.)

Prostorová struktura výrobních prostor [4]
Základním pojmem prostorové struktury výrobního procesu je ***pracoviště***.
Pracoviště je vyčleněná část výrobního prostoru zpravidla určená pro provedení jedné technologické operace (soustružení, lisování, vrtání, sražení hran,…).
Pracoviště lze rozdělit na:

- *Strojní pracoviště* tvoří zpravidla stroj, jeho příslušenství, prostor pro obsluhu, zpracovávaný výrobek, případně další výrobky čekající na zpracování (např. další paleta s materiálem), hotové výrobky, skříňky na výrobní pomůcky a prostředky přidělené obsluze.
- *Ruční pracoviště* nejsou vybavena žádným strojem, místo něho je k dispozici pracovní stůl a ruční nářadí. Speciálními pracovišti jsou pracoviště kontrolní, která jsou vybavena měřicími přístroji a měřidly.

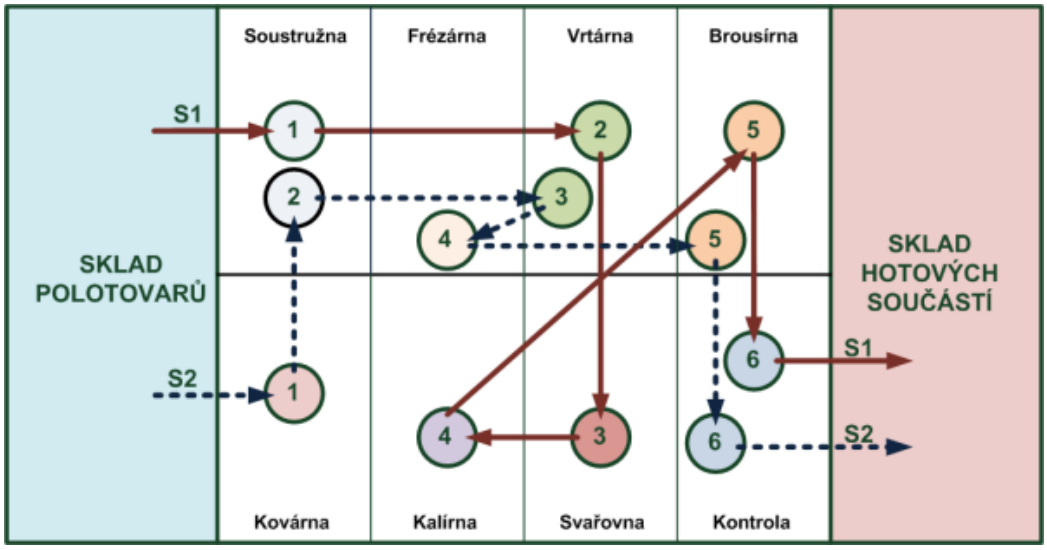
- *Pomocná*

Uspořádání pracovišť ve výrobní jednotce je dáno zejména:
- Technologickým postupem,
- Typem a úrovní výroby,
- Vnitropodnikovou specializací, stupněm standardizace,
- Celkovým materiálovým tokem (jeho směrem, intenzitou, délkou, frekvencí a rychlostí pohybu, použitými dopravními prostředky).

Uspořádání pracovišť může být:

a) *Náhodné* (dané historií rozvoje výroby a využitím plochy, využívá se v jednoduché výrobě, opravnách, prototypové dílně)). Toto uspořádání se také nazývá individuální.
b) *Skupinové* (odrážejících dělbu práce ve vyšších typech výroby). Základní rozdělení skupinového uspořádání je na:
   - Technologické uspořádání,
   - Předmětné uspořádání.

Technologické uspořádání [4]
V případě technologického uspořádání jsou pracoviště uspořádána podle technologické příbuznosti (lisy, soustruhy, frézky, pece, lázně povrchových úprav, lakovací pracoviště). Toto uspořádání se používá zejména v kusové a malosériové výrobě.
Příklad technologického uspořádání je uveden na obrázku 2-3.



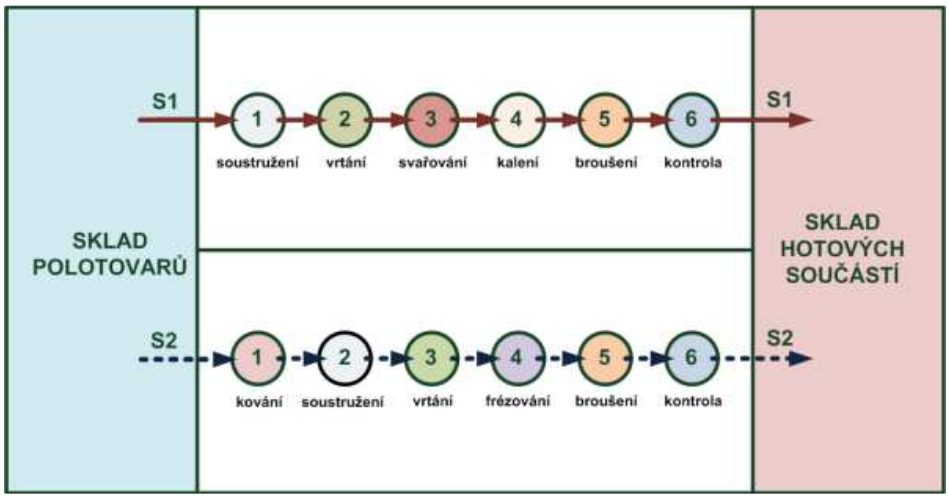
Obrázek 2-3: Technologické uspořádání [4]

Výhody tohoto uspořádání jsou:
- Možnost vícestrojové obsluhy, zejména NC strojů a automatů,
- Snadná zaměnitelnost pracovišť a odolnost při poruchách strojů, absenci obsluh,
- Lepší kapacitní využití,
- Snazší změny výrobního programu,
- Podpora růstu kvalifikace pracovníků.

Nevýhodami jsou:
- Složitější řízení výroby,
- Dlouhé dopravné trasy,
- Vyšší rozpracovaná výroba,
- Prodloužení průběžných dob výroby,
- Vyšší nároky na plochy,

- Vyšší nároky na mezisklady. Mezioperační doprava obvykle využívá centrální mezisklad, nebo mezisklady rozmístěné mezi skupinami pracovišť.

Předmětné uspořádání [4]
V případě předmětného uspořádání je uspořádání pracovišť podřízeno plánovanému materiálovému toku. Pracoviště jsou řazena podle technologického postupu výroby. Toto uspořádání se používá zejména ve velkosériové a hromadné výrobě.
Příklad předmětného uspořádání je zobrazen na obrázku 2-4.



Obrázek 2-4: Předmětné uspořádání [4]

Výhodami tohoto uspořádání jsou:
- Zkrácení dopravních cest,
- Zkrácení průběžných dob výroby,
- Nižší nároky na plochy,
- Snížení objemu rozpracované výroby.

Nevýhodami jsou:
- Obtížnější řešení výpadku zařízení a řešení kapacitních obtíží,
- Obtížnější vícestrojová obsluha, případně vyšší nároky na univerzální kvalifikaci obsluhy,
- Obtížná změna výrobního programu,
- Obtížnější přijímání doplňkového programu (kooperace),
- Obtížnější údržba. Speciálním případem předmětného uspořádání je linková výroba s automatickou mezioperační manipulací bez využití meziskladů.

Manipulace ve výrobě [2]
Dynamickou částí výrobních systémů jsou různá manipulační a přepravní zařízení, která plní řadu funkcí celého logistického řetězce.
Obecně se ve výrobní logistice rozlišují aktivní a pasivní prvky. Aktivními logistickými prvky jsou zařízení určená k přepravě, balení a skladování zásob nebo také technické prostředky pro práci s informacemi. Pasivní logistické prvky jsou primárně objekty určené k manipulaci (rozpracovaná výroba, obalový materiál, …).
Je zřejmé, že pomocí aktivních logistických prvků je zprostředkován pohyb pasivních logistických prvků.
Pohyb aktivních logistických prvků by měl být realizován v nejkratších možných vzdálenostech. Platí, že čím delší transportní vzdálenost, tím větší je potřebný čas pro tento transportní výkon.

Při projektování prostorového uspořádání výrobních prostor by měl být kladen velký důraz na co nejplynulejší tok materiálů při krátkých transportních trasách aktivních logistických prvků. Na obrázku 2-5 je uveden příklad aktivního logistického prvku.

Obrázek 2-5: Aktivní logistický prvek [5]

2.2 Výrobní postup

Již bylo zmíněno, že v rámci transformačního procesu, jsou přeměňovány vstupy (materiální, informační, energetické, …) na výstupy (produkt v požadované kvalitě).
V rámci výrobního procesu jsou jednotlivé výrobní operace chápány jako sekvence po sobě jdoucích výrobních procesů. Sekvence po sobě jdoucích výrobních procesů je znázorněna výrobním postupem.
Účelné pořadí a počet jednotlivých fází, které jsou nezbytně nutné pro realizaci výroby nebo montáže určitého výrobku (např. součásti, montážního celku), nazýváme výrobní nebo montážní postup. [6]
Obsahuje-li výrobní postup pouze sled technologických činností, nazývá se technologický postup, a obsahuje-li pouze činnost pracovníka, nazývá se pracovní postup. [6]

Technologický postup [6]
Technologický postup je organizovaný sled kvalitativních a kvantitativních změn, jimiž prochází obrobek při své přeměně v hotový výrobek. Určuje potřebné výrobní zařízení, nástroje, přípravky, řezné, upínací, pracovní a měřicí podmínky potřebné pro danou operaci tak, aby součást byla podle daného postupu vyrobitelná s minimálními náklady a splňovala požadavky dané technickou dokumentací.
Podle účelu a typu výroby se technologické postupy dělí až do čtyř stupňů na jednotlivé operace, úseky, úkony a pohyby.

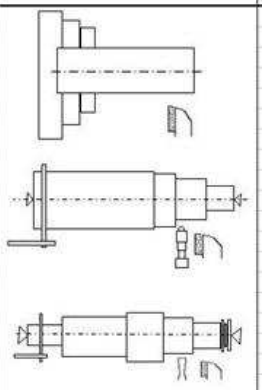
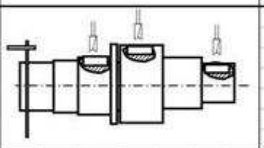
- ***Operace*** – Ukončená a souvisle prováděná část výrobního procesu vykonaná na jednom nebo několika pracovních předmětech na jednom pracovišti, zpravidla jedním nebo skupinou pracovníků (např. soustružení, frézování, broušení, lapování, tepelné zpracování, kontrola rozměrů),
- ***Úsek*** – Část operace, při které se vykonává práce za přibližně stejných technologických podmínek (např. soustružení se rozděluje na úsek hrubování a úsek soustružení na čisto, tedy dva úseky jedné operace),
- ***Úkon*** – Ucelená jednoduchá pracovní činnost (např. upnutí obrobku, nastavení řezných podmínek, zapnutí stroje),

- ***Pohyb*** – Nejjednodušší část pracovní činnosti ve výrobním postupu, popisované zejména v hromadné výrobě a u montážních prací (např. uchopit klíč, vložit obrobek do sklíčidla, utažení šroubu, stlačení vypínače stroje).

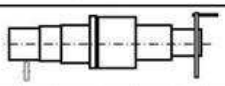
Zásadní vliv na podrobnost rozčlenění postupů má především sériovost a složitost procesu, stupeň mechanizace a automatizace výroby. Postupy určené pro hromadnou výrobu se člení do všech čtyř stupňů až na jednotlivé pohyby, přičemž se provádí analýza operací tak, aby bylo možné zjistit složky neproduktivní činnosti a automatizovat výrobní proces. Technologický postup sestavený pro výrobu kusovou i malosériovou se člení jen na operace a úseky.
Na obrázku 2-6 je uveden příklad technologického postupu obrábění hřídele.

Výrobní postup č.:	Odvede středisko:	Velikost dávky:	Název součásti	Číslo výkresu součásti:
	SPŠ a VOŠ KLADNO		HŘÍDEL	

Materiál pro jeden kus				číslo výkresu sestavy:	počet kusů na sestavu:	vypracoval:	list číslo:
jakost	tvar	rozměr	třída odpadu				1
11500		Ø40 - 140	001		1	datum:	listů celkem: 2

ope-race	pracoviště	operační náčrt	úsek	popis práce	výrobní pomůcky	řezné podmínky v	n	L	s	i	čas t_n	t_{ji}	třída
1	Pila		1	ŘEZAT									
				Upnout, řezat na l = 140mm	pilový list ČSN 222961						1,851	13,32	5
2	SM16A 4115			SOUSTRUŽIT							7,505	12,5	7
			1	Upnout a zarovnat čelo	ubír. čelní ČSN 223714	126	1000		0,35	1			
			2	Hrubovat tech. základnu Ø36 - 135	ubír. stranové ČSN 223716	126	1114		0,35	1			
			3	Otočit, zarovnat čelo na l = 135mm		126	1114		0,35	1			
			4	nawtat středící důlky Ø2,5(A4 ČSN 014915)	vrták ČSN 221110								
			5	Hrubovat Ø36 - 80mm	ubír. stranové ČSN 223716	126				1			
			6	Hrubovat Ø32 - 55,5mm		126	1114	60	0,35	1			
			7	Hrubovat Ø28 - 36mm		126	1432	40	0,35	1			
			8	Na čisto Ø26 - 36mm		54,4	832	36	0,35	1			
			9	Na čisto Ø30 - 55,5mm		42,4	243	30	0,35	1			
			10	Na čisto Ø31 - 70mm		42,4	170	35	0,35	1			
			11	Na čisto Ø35 - 79mm		42,4				1			
			12	Sražení hran	ubír. přímý Kr=45° ČSN 223814				0,35	1			
			13	Radius 2,5	hladící se špič. 2,5 ČSN 223720				0,35	1			
			14	Zapichovacím způsobem rádiusy	zapich. se zaoblením 3 a 1				0,35	1			
			15	Otočit a hrubovat na Ø32 - 56mm	ubír. stranové ČSN 223716	126			0,35	1			
			16	Hrubovat Ø27 - 16mm		126		20	0,35	1			
			17	Na čisto Ø25 - 16mm		54,4	1082	16	0,35	1			
			18	Na čisto Ø30 - 56mm		54,4	309	56	0,35	1			
			19	Zápich Ø23,8	zapich. nůž ČSN 223720				0,35	1			
			20	Sražení hran	ubír. Přímé Kr=45° ČSN 223814				0,35	1			
3				KONTROLA							0	5	7
4	FA4AV 5223			FRÉZOVAT							14,065	27,99	6
			1	Upnout	dělící přístroj a podpěrný hrot								
			2	Frézovat drážku PERO 8P9x7x28xČSN022562	fréza ⌀ 8 ČSN 222194								
			3	Frézovat drážku PERO 8P9x7x35xČSN022562	fréza ⌀ 8 ČSN 222194								
			4	Frézovat drážku PERO 6B14x2,5	fréza ⌀ 6 ČSN 222194								
5				KONTROLA							0	5	6
6				RUČNĚ ODJEHLIT PO OBRÁBĚNÍ							0	5	4

Materiál pro jeden kus				číslo výkresu sestavy:	počet kusů na sestavu:	vypracoval:	list číslo:
jakost	tvar	rozměr	třída odpadu				2
11500		Ø40 - 140	1		1	datum:	listů celkem: 2

ope-race	pracoviště	operační náčrt	úsek	popis práce	výrobní pomůcky	řezné podmínky v	n	L	s	i	čas t_n	t_{ji}	třída
7				BROUSIT							7,779	23,06	7
			1	upnout, podepřít hroty	unašeci srdce , hroty								
			2	brousit Ø25j6 x 12	brousící kotouč plochý	30m/s							
			3	brousit Ø35j6 x 4,7									
8				KONTROLA							0	5	7

Obrázek 2-6: Technologický postup [7]

2.3 Členění technologie výroby

V této podkapitole jsou uvedeny důležité druhy technologického zpracování výrobků s krátkou definicí, které jsou potřebné pro zpracování této diplomové práce.
Jedná se o technologie:

- Třískového obrábění:
  - Soustružení,
  - Frézování,

- Broušení,
- Vrtání,

- Svařování,
- Slévárenství,
- Kování.

Dále se v této podkapitole pojednává o důležitosti montáže ve výrobních procesech.

Třískové obrábění

Základním způsobem opracovávání obrobků v mechanické výrobě je třískové obrábění. Zdroj [8] definuje obrábění jako: Obrábění je technologická operace, při které se z polotovaru odebírá materiál ve formě třísek tak, abychom získali obrobek, jehož tvar, rozměry, přesnost a jakost povrchu odpovídají požadavkům výkresové dokumentace.
Obrábění je možné rozdělit na:

1) Nástroje s definovaným břitem (soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování, řezání závitů, hoblování, obrážení, protahování a protlačování).
2) Nástroje s nedefinovaným břitem (broušení, honování, lapování a super-finišování).
3) Nekonvenční metody (elektroerozívní obrábění, obrábění laserem, vodním paprskem, paprskem elektronů a ultrazvukem). [8]

Obrábění probíhá vždy za určitých řezných podmínek (pohyby nástroje a obrobku, prostředí, ve kterém obrábění probíhá apod.).

Soustružení:

Soustružení je nejčastější obráběcí operací (asi 30% ze všech obráběcích operací). Obráběcí stroje pro soustružení – soustruhy - umožňují obrábět válcové, kuželové, kulové i obecné rotační plochy, rovinné plochy a závity.
Kromě soustružení lze na soustruzích provádět další, tzv. osové operace, jako vrtání, vyhrubování, vystružování, řezání závitů závitníky nebo závitovými čelistmi apod.
Hlavním pohybem při soustružení je rotační pohyb obrobku. Obvodová rychlost obrobku je řezná rychlost. Vedlejší pohyby koná nástroj. Jsou to: podélný posuv (rovnoběžný s osou otáčení obrobku) a příčný posuv (přísuv – kolmý k ose obrobku). Výsledkem podélného posuvu je válcová plocha, výsledkem příčného posuvu je čelní rovinná plocha. Koná-li nástroj oba pohyby současně, vzniká obecná rotační plocha.
Nástrojem pro soustružení je soustružnický nůž. Nože se vyskytují v řadě různých tvarů, určených pro různé způsoby použití. Upínají se do nožové hlavy soustruhu. Obrobky se upínají do různých typů upínačů. Pokud jsou obrobky delší, opírají se na druhé straně koníkem.
Soustruhy existují v různých provedeních podle požadovaného účelu, stupně automatizace apod. (hrotové, čelní, svislé, revolverové, poloautomatické, automatické, číslicově řízené). [8]

Frézování

Frézování je obrábění rovinných nebo tvarových ploch vícebřitým nástrojem – frézou. Řezný proces je přerušovaný, jednotlivé zuby nástroje vnikají a opouští materiál, čímž odebírají třísku proměnného průřezu. Fréza obrábí buď obvodem – válcové frézy, nebo čelem – čelní frézy, nebo tvarovou plochou – tvarové frézy.
Hlavní řezný pohyb je rotační pohyb frézy a její obvodová rychlost je řezná rychlost. Posuvy ve třech směrech koná obrobek upnutý na stole frézovacího stroje – frézky.
Frézek existuje velké množství typů podle způsobu použití (např. frézky konzolové – vodorovné, svislé, univerzální; rovinné; speciální – na vačky, na ozubení, na závity apod.). [8]

Vrtání

Vrtání je historicky nejstarší obráběcí operace. Je to obrábění vnitřních rotačních ploch, zpravidla dvoubřitým nástrojem – vrtákem.
Hlavní řezný pohyb je rotační pohyb nástroje, řezná rychlost je obvodová rychlost vrtáku. Posuv ve směru osy vykonává obvykle nástroj. Posuv je vázán na otáčky nástroje.
Vrtáků je řada typů. Nejčastějším typem vrtáků je šroubovitý vrták. Další typy vrtáků jsou vrtáky kopinaté (ploché), středicí a na hluboké díry (dělové vrtací hlavy).
Stroje pro vrtání jsou vrtačky. Dělí se na stolní, sloupové, stojanové, radiální, souřadnicové, speciální. Na vrtačkách je možno provádět i další osové operace, jako vyhrubování a vystružování (těmito operacemi se zkvalitňuje vyvrtaná díra), řezání závitů, zahlubování apod. [8]

Svařování
Svařování patří mezi nejdůležitější a nejčastěji používané technologie spojování kovových i některých nekovových materiálů. Svařování je definováno jako proces vytváření nerozebíratelných spojů (svarové spoje) prostřednictvím meziatomových vazeb mezi spojovanými díly při jejich ohřevu nebo plastické deformaci, nebo při společném působení obou faktorů. V průběhu svařovacího procesu působíme na svařovaný materiál, tzv. základní materiál, teplotním nebo deformačním účinkem. Ve všech případech však v materiálu vnějším působením vznikají teplotní i deformační procesy, které mají rozhodující vliv na změny struktury a vlastností základního materiálu. Každý svařovací proces představuje teplotní a deformační působení na základní materiál (tzv. teplotní a deformační cyklus).
Svar je částí svarového spoje, který se vytváří v důsledku krystalizace lokálně roztaveného kovu nebo plastické deformace, nebo kombinací krystalizace a deformace. Svařováním navzájem připojené části tvoří svarek a z jednotlivých svarků se svařováním tvoří svařované konstrukce.
Svařované konstrukce se skládají z jednotlivých detailů vyrobených z různých hutních polotovarů (plechy, tyče, trubky, profily), ale mohou se používat i výkovky, odlitky, výlisky. Svařovaná konstrukce tak může být sestavena z dílů, které z hlediska tvaru, velikosti a požadovaných vlastností mohou být vyrobeny optimální technologií. [8]

Kování
Kování je jednou z technologií objemového tváření. Kováním rozumíme objemové tváření za tepla prováděné úderem nebo klidně působící silou. Kování dělíme na:

- Volné, tj. na kovadlině nebo pomocí univerzálních kovacích podložek,
- Zápustkové, tj. ve tvarových dutinách (zápustkách).

Při volném kování docilujeme žádaný tvar výkovku pomocí univerzálních kovadel a speciálním polohováním výkovku. Kovadla jsou jednoduchých geometrických tvarů, jako např. kovadla rovinná, válcová, klínová apod. Docílení výsledného tvaru vyžaduje uvědomělý sled operací, při kterém všechny prostorové změny tvaru převádíme na pěchování. [8]

Slévárenství
Slévárenství je jedna z netřískových technologií, výrobní odvětví, kde se zhotovují výrobky – odlitky litím roztaveného kovu, resp. slitiny kovů do dutiny slévárenské formy. Po vyplnění slévárenské formy kovem a po jeho ztuhnutí získáváme odlitek. Ze širšího metalurgického pohledu rozlišujeme slévárenství hutní a strojní. [8]

Montáž [8]
Montáž je závěrečnou etapou strojírenského výrobního procesu. Při montáži dochází k postupnému sestavování součástí, podskupin a skupin do montážních celků nebo výrobků. Je tvořena souhrnem přípravných, manipulačních, spojovacích a kontrolních činností.

Montáž ve strojírenství představuje v průměru asi 30 až 40 % pracnosti při výrobě výrobku a je na ní zaměstnáno asi 30 až 50 % pracovníků. Tato vysoká čísla naznačují, že automatizace montáže je obtížnější než automatizace jiných strojírenských technologií.
Druhy montáže:

- Interní (prováděná ve výrobním podniku)
  - Nepohyblivá (stacionární) prováděná na jednom pracovišti
  - Pohyblivá -s plynulým pohybem (na pásu)
  - S přerušovaným pohybem.
- Externí (montáž mostních konstrukcí, továrních hal apod.)

Montážní činnosti:

- Přípravné (čištění, úprava tvaru, vyvažování, paletizace)
- Manipulační (vkládání, vyjímání, nasouvání, ustavení, přemísťování)
- Spojovací (šroubování, lisování, nýtování, pájení, lepení, svařování)
- Kontrolní (měření, zkoušení funkcí)

Se zřetelem na požadavky technické a materiální přípravy výroby a montáže se výrobek rozčleňuje na jednodušší konstrukčně nebo funkčně samostatné celky:

- Součást – Základní prvek výrobku zhotovený obvykle z jednoho materiálu.
- Podskupina – Vzniká spojením dvou nebo více součástí.
- Skupina – Funkčně a konstrukčně uzavřená část výrobku vzniklá spojením součástí a podskupin.
- Výrobek – Konečný produkt funkčně a konstrukčně uzavřený.
- Zařízení – Soubor strojírenských výrobků, který má plnit určité úkoly.

2.4 Techniky kalkulace

Kalkulace jsou velmi důležitý nástrojem pro každou společnost, pomocí kterého je možné stanovit náklady vyráběného produktu. Existuje mnoho definic od mnoho autorů, které popisují význam slova „Kalkulace“.
Jednou z definic dle zdroje [9] může být: „Kalkulace jsou jednou z metod modelování hospodářských veličin, založenou především na matematických propočtech. Předmětem kalkulace jsou zejména vlastní náklady. Často kalkulace pracují i s naturálními jednotkami nebo s ukazateli.“
Dále zdroj [9] uvádí, že pojem kalkulace může označovat:

- Kalkulaci jako činnosti, tedy stanovování nákladů,
- Metodu kalkulace jako standardizovaný kalkulační postup,
- Výsledek kalkulační činnosti, tedy kalkulované náklady,
- Středisko kalkulace, tedy místo, kde se kalkulace provádí.

Zdroj [9] také uvádí, že kalkulace slouží mimo jiné pro rozhodovací úlohy typu:

- Řízení výroby – výrobní, technické a technologické kalkulace,
- Stanovení vlastních nákladů při aktivaci vlastních výkonů,
- Posouzení rentability jednotlivých výrobků a změn sortimentní skladby,
- Rozbory hospodárnosti výroby a činnosti s cílem snížit náklady a zvýšit zisk,
- Stanovení cen v určitém tržním prostředí za určitých výrobních a kapitálových podmínek,
- Posuzování vývoje nákladů a cen jednotlivých výrob a výrobků v rámci reálného trhu (s použitím časových řad),
- Posuzování záměrů taktického i strategického plánování,
- Vyhodnocování technických a technologických změn včetně vývoje,
- Hodnocení využití kapacity a investiční záměry,
- Odpovědnostní útvarové řízení.

Kalkulace je možné klasifikovat dle [9]:

Časového horizontu:

- Operativní kalkulace,
- Strategické kalkulace.

Z hlediska zahrnutých nákladů:

- Kalkulace absorpční (s úplnými náklady),
- Kalkulace s neúplnými náklady.

Podle účelu:

- Předběžné kalkulace,
- Výsledné kalkulace,
- Následné a rozdílové kalkulace.

Podle technicky zpracování výchozích souborů dat:

- Propočtové kalkulace,
- Normové kalkulace,
- Kalkulace odborným odhadem.

V následujícím textu jsou definovány různé typy kalkulací.

Operativní kalkulace:

V rámci operativní kalkulace je uplatňováno hledisko věcné souvislosti nákladů a od nich se odvíjejících výkonů (ať jde o výrobky, práce či služby). Operativní kalkulace jsou uplatňovány v krátkodobých či střednědobých rozhodovacích úlohách a jsou zaměřeny buď na jednici výkonu, nebo celkové množství výkonů. [9]

Strategické kalkulace:

Strategicky směřované kalkulace se mohou vymezovat na použití v rámci rozhodování o alokaci kapitálu, jeho návratnosti a příštího výnosu s využitím propočtu časové hodnoty kapitálu. [9]

Kalkulace absorpční (kalkulace na bázi úplných nákladů):

Kalkulace na bázi úplných nákladů obsahují ve svých propočtech všechny náklady. Ty jsou následně rozpočítávány na jednici výkonu přímo nebo nepřímo. Kalkulace na bázi úplných nákladů je možné podle techniky propočtu rozdělit na:

- Kalkulace dělením:
  - Prostá,
  - Poměrovými čísly,
  - Statistické metody,
- Kalkulace režijní (přirážková),
- Kalkulace zakázková, ABC a technologická. [9]

Kalkulace na bázi neúplných nákladů:

Kalkulace na bázi neúplných nákladů pracují pouze s vybranými relevantními náklady. Obvykle se náklady vztahují nejprve k celkovému výkonu. Literatura uvádí příklady metod:

- Kapacitní propočty,
- „Direct Costing“,
- Bod zvratu a bod rovnováhy,
- Sortimentní změny. [9]

Předběžné kalkulace:

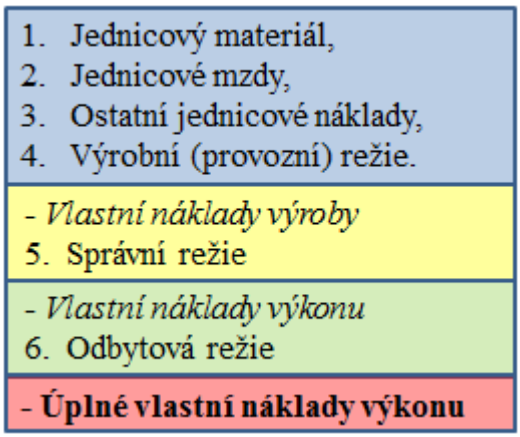
Tyto kalkulace slouží jako operativní (pro odpovědnostní řízení) a plánové (pro účely plánu a rozpočtování). Typickým představitelem předběžné kalkulace je norma, normativ a vnitropodniková cena. [9]

Výsledné kalkulace:
Výsledné kalkulace slouží zejména ke stanovení vlastních nákladů pro potřeby finančního účetnictví a ke stanovení konečné ceny při fakturaci. Zásadně se propočítávají. [9]

Následné kalkulace:
Jedná se o kalkulace propočtové a slouží nejčastěji ke kontrole. V případě, že se zároveň porovnávají s jiným stavem skutečným, normovým nebo plánovaným, jedná se o kalkulace rozdílové. [9]

Rozdílové kalkulace:
Používají se zejména pro účely hodnocení dodržení norem, plánů a rozpočtů, k rozborům ztrát, pro hodnocení rentability a hmotné zainteresovanosti, pro hodnocení cenových odchylek. Jedna z progresivních metod na bázi rozdílových kalkulací je i metoda „Standard Costing“. [9]

Příklad typového kalkulačního vzorce je uveden na obrázku 2-7.



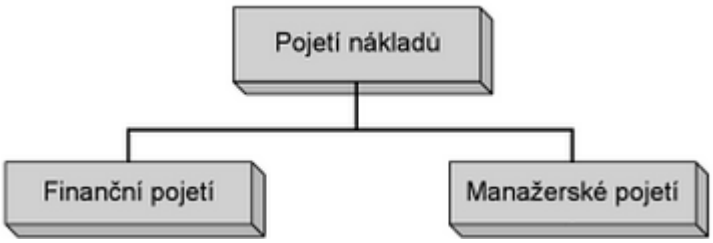
Obrázek 2-7: Typový kalkulační vzorec [10]

Typový kalkulační vzorec není závazný a je možné si ho dle potřeby upravit.

2.5 Klasifikace nákladů

Dle zdroje [11] je možné pohlížet na náklady dvěma pohledy, a to:

- Finanční pojetí nákladů,
- Manažerské pojetí nákladů.



Obrázek 2-8: Pojetí nákladů [11]

Základní rozdíl mezi oběma pohledy je, že finanční pojetí nákladů chápe náklady jako úbytek ekonomického prospěchu a manažerské pojetí vnímá náklady jako hodnotově vyjádřeného, účelně vynaloženého ekonomického zdroje podniku, účelově související s ekonomickou činností. [11]
Aby bylo možné náklady řídit (usměrňovat) a tím zvyšovat hospodárnost, musí být náklady tříděny. Třídění lze provést pomocí řady hledisek. [12]

V podniku jsou náklady tříděny:
- Podle druhů (druhové členění nákladů),
- Podle účelu (účelové členění nákladů),
- Podle závislosti nákladů na změnách objemu výroby (podle variability nákladů),
- Podle původu spotřebovaných vstupů, podle činností … [12]

2.5.1 Druhové členění nákladů

V případě druhového členění nákladů jsou náklady členěny podle nákladových druhů, tedy podle stejnorodých položek nákladů.
Za základní nákladové druhy se dle zdroje [13] přitom považují:
- Spotřeba materiálu včetně spotřeby energie,
- Spotřeba a použití externích prací a služeb, jako např. výrobních kooperací, poradenských telekomunikačních, opravářských apod. služeb,
- Mzdové a ostatní osobní náklady (vč. sociálního a zdravotního pojištění),
- Odpisy dlouhodobého nehmotného i hmotného majetku,
- Finanční náklady, jako jsou např. bankovní výlohy, pojistné, nákladové úroky apod.

Nákladové druhy, vstupující do podniku, lze charakterizovat takto:
- Jde o náklady *prvotní*, zachycované hned při jejich vstupu do podniku,
- Jde o náklady *externí*, vznikající spotřebou výrobků, prací a služeb externích dodavatelů,
- Jde o náklady *jednoduché*, které nelze už dále členit na jednodušší složky. [13]

Specifikem manažerského účetnictví (v rámci členění nákladů středisek) je, že i nákladové položky představují spotřebu vnitropodnikových výkonů. Jedná se o tzv. ***náklady druhotné*** (vznikající v důsledku spotřeby výkonů, již předtím vyrobených ve vlastním podniku), ***náklady interní*** (podnik zde vystupuje jako vlastní dodavatel) a ***náklady složené*** (mají komplexní charakter; jsou složeny z několika druhů prvotních nákladů, spotřebovaných při vytváření daného vnitropodnikového výkonu). [13]

2.5.2 Účelové členění nákladů

Jedním z problémů druhového členění nákladů je, že neuvažuje hledisko účelů nákladů a tím nedává možnost kontroly přiměřenosti spotřeby nákladů. K hodnocení přiměřenosti vznikajících nákladů je proto nutné použít členění nákladů ***podle účelu***, tj. podle činností, které vyvolávají jejich vznik. Patří sem členění nákladů podle výkonů nebo členění nákladů podle jednotlivých výrobních a nevýrobních činností. [13]
Zdroj [13] uvádí, že cílem je rozdělit celkové náklady podle účelu, na nějž jsou vynaloženy. Účelové členění nákladů může mít dvojí podobu:
- Podle místa vzniku a odpovědnosti za jejich vznik – ***odpovědnostní členění***,
- Podle výkonu na nějž jsou náklady vynaloženy – ***kalkulační členění.***

Odpovědnostní členění nákladů:
Základem tohoto členění nákladů je vztah nákladů ke konkrétnímu vnitropodnikovému útvaru, ve kterém činnost probíhá a jehož pracovníci odpovídají za jejich racionální vynakládání. Má význam ve vnitropodnikovém řízení na úrovni nižších útvarů a cílem je zjištění, zda se náklady spoří nebo překračují. Tato vnitropodniková střediska jsou nazývána *hospodářská střediska* a jsou pevně stanovena a nazvána v organizační struktuře podniku. Jsou to vlastně nejnižší útvary v podniku, jejichž řízení je založeno na samostatném sledování a vykazování hodnotových výsledků. [14]

Spojení mezi těmito útvary je uskutečňováno systémem vazeb, jejichž nositeli jsou předávané výkony. Náklady, které vznikají odběratelskému útvaru, jsou náklady interní, druhotné a složené, neboť je možné je dále členit např. druhově. [14]
Interní náklady jsou charakteristické tím, že vznikají pouze v souvislosti s určitou vnitřní vazbou a představují pro jiný útvar výnos. [14]

Kalkulační členění nákladů: [14]
Základem tohoto členění je **přiřazení nákladů k výkonu či jeho části**. Probíhá zpravidla v několika úrovních, nejčastěji se začíná členěním na náklady výrobní a nevýrobní, v rámci nich se náklady dále člení podle jednotlivých druhů činností, procesů nebo až operací. Stanovení těchto nákladů v praxi vychází z technickohospodářských norem.
Při přiřazení nákladů jednotlivým výkonům je nezbytné jejich rozdělení do dvou základních skupin. Z hlediska příčinných vazeb nákladů k výkonu, který je objemově, druhově i jakostně specifikován pojmem **kalkulační jednice**, lze rozlišit:

- Přímé náklady,
- Režijní náklady (nepřímé).

Přímé náklady: [14]
Přímé náklady souvisejí s konkrétním druhem výkonu, například s produkcí určitého výrobku. Jsou vynakládány pouze a jedině na produkci tohoto výrobku, žádným způsobem nesouvisejí s produkcí výrobku jiného ani s dalšími podnikovými procesy. Dělením jejich celkové hodnoty množstvím vyprodukovaných výrobků množstvím celkové produkce lze stanovit přímé jednicové náklady.
Mezi typické představitele přímých nákladů lze zařadit spotřebu materiálu a přímé mzdové náklady – pro tyto položky platí, že je lze jednoznačně přiřadit k určitým výkonům.

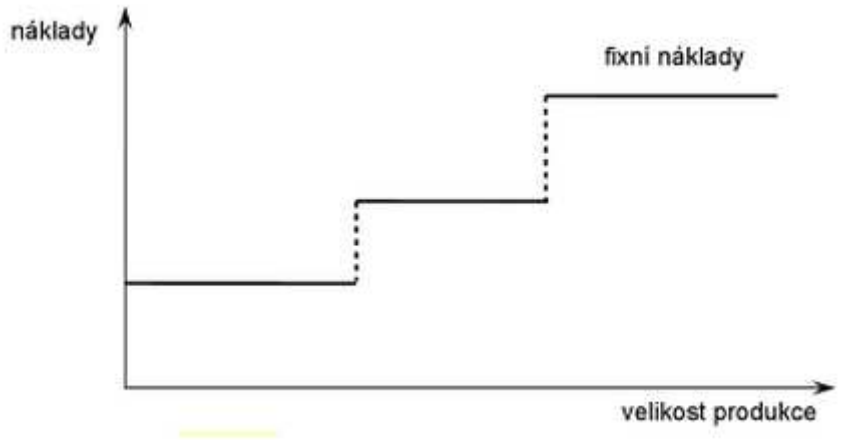
Režijní náklady: [14]
Režijní náklady se neváží k jednomu druhu výkonu. Jsou vynakládány na produkci více druhů výrobků nebo jsou využity na chod celého podniku. Do této skupiny lze zařadit v podstatě všechny nákladové položky mimo spotřebu materiálu a přímé mzdy.
Pro potřeby kalkulace celkových jednicových nákladů na produkci určitého výrobku je zapotřebí tyto režijní náklady rozvrhnout. To v podstatě znamená, že jsou režijní náklady podle určitého klíče rozloženy mezi všechny výrobky, k jejichž produkci jsou vynakládány. Do nákladů kalkulovaného výrobku je tedy k přímým jednicovým nákladům připočten jeho díl nákladů režijních.

2.5.3 Členění nákladů podle závislosti na objemu prováděných výkonů

Dalším možným způsobem členění nákladů je členění nákladů v závislosti na objemu prováděných výkonů. Literatura dále uvádí, že jednotlivé nákladové položky závisejí na změnách objemu prováděných výkonů různě. V této souvislosti je možné rozlišit:

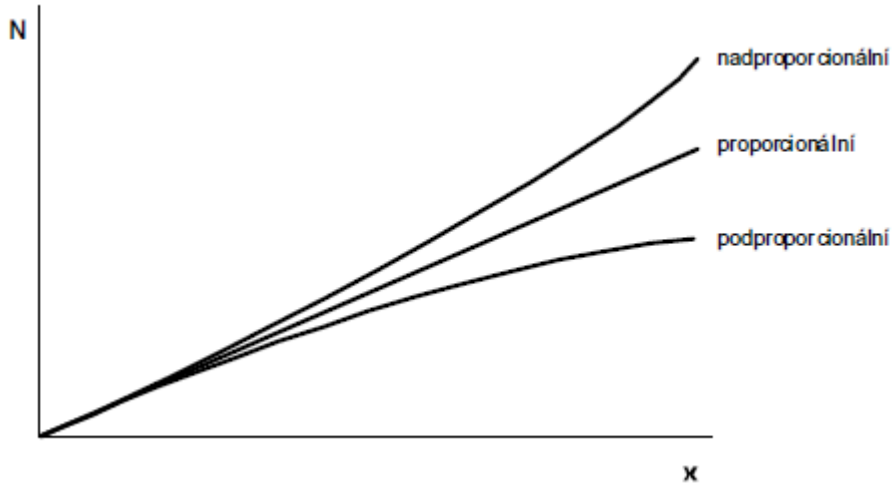
- Náklady variabilní (závislé) – ***mění*** se v závislosti na objemu produkce,
- Náklady fixní (nezávislé) – ***nemění*** se v závislosti na objemu produkce. [14]

Fixní náklady: [14]
Fixní náklady zůstávají v určitém intervalu velikosti produkce konstantní, na změny v objemu produkce nereagují.
Typickými příklady fixních nákladů jsou odpisy dlouhodobého majetku, mzdy administrativy nebo úroky. Jejich drobné úpravy v závislosti na kolísání velikosti produkce nejsou možné (nelze průběžně dokupovat a prodávat části budov a strojů či propouštět a nabírat „části“ administrativních pracovníků). Fixní náklady představují omezení výrobní kapacity v krátkém období. Z obrázku 2-9 je zřejmé, že fixní náklady se mění skokově.



Obrázek 2-9: Fixní náklady [14]

Variabilní náklady: [15]
V případě, že se v závislosti na změnách objemu výroby mění část celkových nákladů, nazývají se tyto náklady variabilní. Ty se mohou vyvíjet buď stejně rychle jako objem výroby – pak jde o ***proporcionální náklady***, nebo rychleji než objem výroby – pak se jedná o ***náklady nadproporcionální (progresivní)*** nebo pomaleji než objem výroby – pak jde o ***podproporcionální (degresivní) náklady***.
Je-li zjištěno, že se variabilní náklady vyvíjejí nadproporcionálně, musí management společnosti zareagovat a musí přijmout opatření, aby bylo negativnímu vývoji zamezeno.
Do variabilních nákladů patří jednicové náklady a část nákladů režijních.
Na obrázku 2-10 jsou zobrazeny výše uvedené tři možné vývoje variabilních nákladů.



Obrázek 2-10: Variabilní náklady [16]

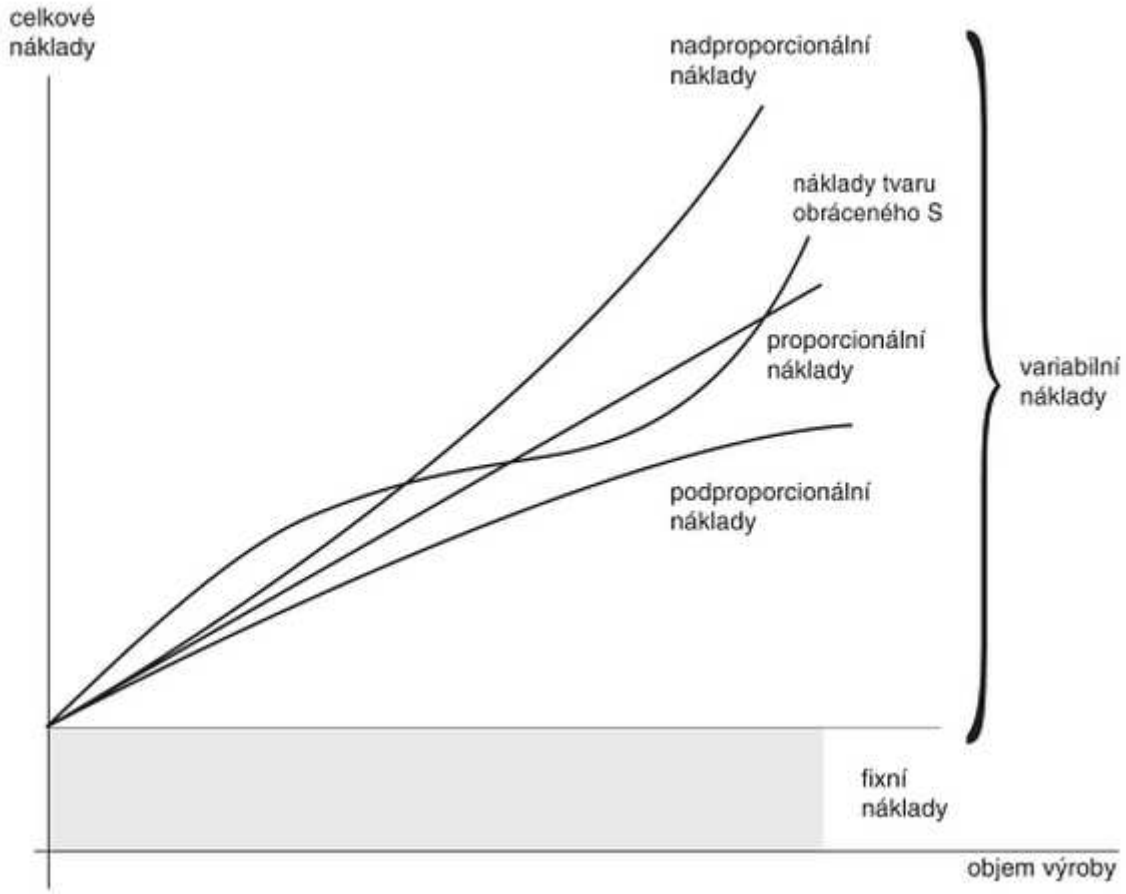
Nákladová funkce: [15]
Nákladové funkce vyjadřují matematickou formou vztah mezi náklady a objemem výroby (výstupem) podniku.
Nákladová funkce celkových nákladů je reprezentována součtem fixních a variabilních nákladů, což lze vyjádřit vzorcem 2.01:

$$CN = FN + VN \qquad (2.01)$$

Legenda:

CN – *Celkové náklady,*
FN – *Fixní náklady,*
VN – *Variabilní náklady.*

Na obrázku 2-11 je zobrazen příklad nákladové funkce celkových nákladů.

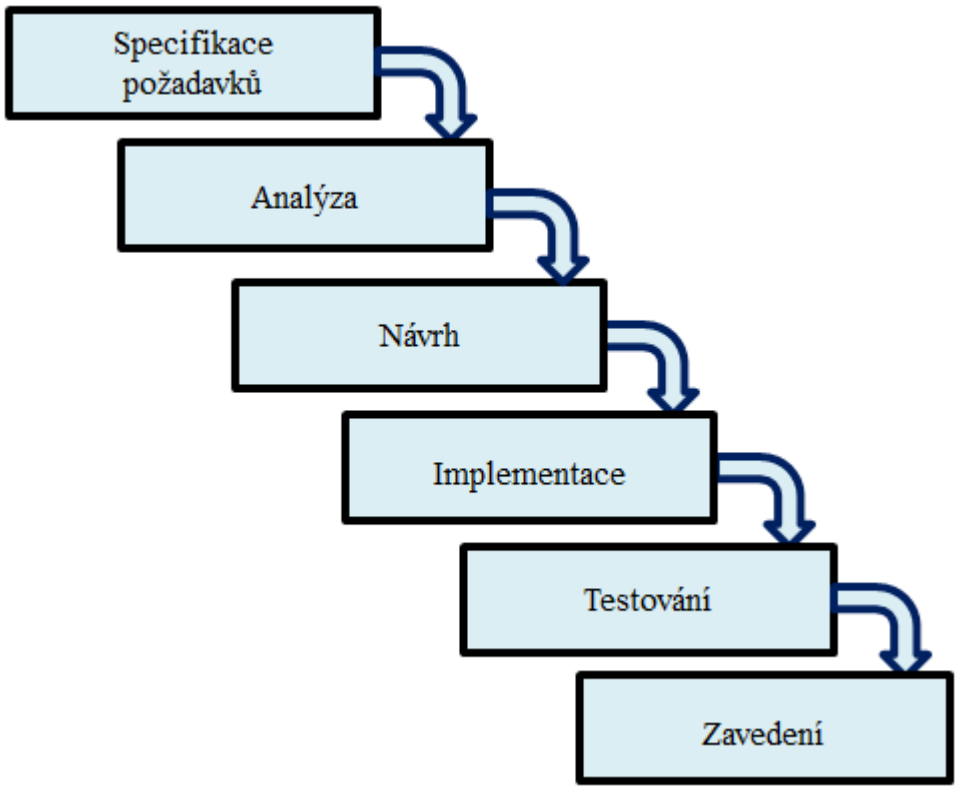


Obrázek 2-11: Průběh celkových nákladů [15]

Jak již bylo řečeno výše, náklady, které se vyvíjejí vzhledem k objemu výroby lineárně, jsou nazývány *proporcionální náklady* – v grafu jsou zobrazeny přímkou.
Pokud náklady rostou rychleji než objem výroby, jsou náklady označovány jak progresivní nebo také *nadproporcionální náklady* – v grafu jsou zobrazeny křivkou rostoucí zleva doprava.
Jestliže náklady s rostoucím objemem výroby rostou pomaleji, jedná se o náklady degresivní neboli *podproporcionální náklady*.
Kombinací degresivních a progresivních nákladů vzniká nákladová křivka tvaru „S“.
Vodorovná přímka představuje *fixní náklady*.

2.6 Návrh a vývoj software

Různé literatury uvádí mnoho různých postupů jakým způsobem postupovat při návrhu a vývoji software. Literatura [17] se zmiňuje o tzv. Vodopádovém modelu.
Vodopádový model rozděluje celý proces vývoje software do jednotlivých fází, které na sebe navazují a vzájemně se mohou překrývat. Název vodopádového modelu je použit, protože grafické znázornění představuje vodopád. Příklad vodopádového modelu je uveden na obrázku 2-12. [17]



Obrázek 2-12: Vodopádový model životního cyklu [17]

3 Stanovení cíle a metodiky praktické části diplomové práce

Tématem této diplomové práce je „Návrh podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby turbín“. Cílem této diplomové práce je vytvořit podpůrný software v software MS Excel, který bude sloužit jako podpora pro pracovníky obchodního oddělení dané výrobní společnosti. Podpůrný software bude sloužit jako nástroj pro rozhodování o realizaci, či ne-realizaci daného projektu. Projektem v případě praktické části diplomové práce jsou myšleny klíčové částí vodních turbín – oběžné a rozváděcí lopaty Francisových nebo Kaplanových turbín.
Z důvodu podpisu smlouvy o ochraně dat není uvedeno jméno zadavatele projektu (jedná se o společnost zabývající se návrhem a výrobou vodních turbín) a v praktické části diplomové práce se nebude pracovat s reálnými daty, ale s daty upravenými koeficienty různých hodnot.

Metodika praktické části diplomové práce
Při návrhu metodiky praktické části diplomové práce byl autor diplomové práce inspirován tzv. Vodopádovým modelem uvedeným na obrázku 2-12.
Jednotlivé činnosti na praktické části diplomové práce byly rozděleny do několika fází:

1. Specifikace zadání úkolu
2. Analýza poskytnutých dat
3. Návrh (ekonomického vzorce, grafický návrh prostředí),
4. Zpracování dodatečných požadavků,
5. Implementace,
6. Verifikace,
7. Zavedení.

V následujícím textu je uveden podrobnější popis jednotlivých fází praktické části diplomové práce

1. Specifikace zadání úkolu:
V rámci první fáze „*Specifikace zadání úkolu*“ došlo k úplné specifikaci požadavků na vyvíjený software ze strany zadavatele a ze strany řešitele došlo k vydefinování prvních požadavků směrem k datové analýze.
Ze strany zadavatele byly vzneseny následující požadavky:

- Otevřenost podpůrného software – Možnost rozšiřování funkcí software,
- Uživatelská přívětivost – Vhodná „customatizace“ interface software,
- Určitá integritní omezení – Možnost volby pouze reálných specifikací,
- Možnost ukládání jednotlivých konfigurací,
- Softwarová kompatibilita – Kompatibilita se softwarovým vybavením společnosti.

V rámci fáze specifikace požadavků byl dále stanoven rámcový časový plán řešeného projektu spolu s kontrolními dny.

2. Analýza poskytnutých dat:
V rámci fáze Analýza poskytnutých dat došlo ke zpracování již poskytnutých dat a vytvoření požadavků na další data. V rámci analýzy dat byla provedena také analýza vazeb technických a mechanických parametrů.

3. Návrh (ekonomického vzorce, grafický návrh prostředí):
Na základě vznesených požadavků zástupců společnosti na vyvíjený software a výstupu analýzy dat byl navrhnut ekonomický vzorec, na jehož základě budou generovány hodnoty předběžné kalkulace určité konfigurace produktu a návrh grafického prostředí software.
Při návrhu ekonomického vzorce vyvíjeného software se přihlédlo k Typovému kalkulačnímu vzorci, který je uveden na obrázku 2-7.

V rámci této fáze byl zástupcům společnosti představen první návrh grafického prostředí (tzv. Interface) vyvíjeného software.
Interface podpůrného software si je možné představit jako soubor ovládacích prvků – jako například ovládací tlačítka či seznamy. Pomocí interface je ovládán celý software buď pomocí vložení náhodné hodnoty určitého parametru, nebo pomocí zvolené určité předdefinované hodnoty daného parametru.

4. **Zpracování dodatečných požadavků:**

V rámci čtvrté fáze došlo k zpracování dodatečných požadavků zástupců společnosti. Jednalo se o doplnění určitých nepřesností v datové analýze a připomínky k návrhu interface vyvíjeného software.

5. **Implementace:**

Po ukončení všech prací na software v tabulkovém systému MS Excel došlo k implementaci software a jeho zkoušení se zástupci společnosti.

6. **Verifikace:**

V rámci verifikace software bylo zjišťováno, zda softwarem generovaná data odpovídají realitě či ne.

7. **Zavedení:**

Poslední fáze projektu – jeho zavedení a proškolení budoucích uživatelů.

Jak již bylo poznamenáno výše, tématem této diplomová práce je návrh podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby turbín. Diplomová práce se zabývá návrhem software pro hodnocením realizovatelnosti výroby rozváděcích a oběžných lopat Kaplanových a Francisových turbín.
Cílem diplomové práce je vytvořit podpůrný software v software MS Excel, který bude sloužit jako podpora pro pracovníky obchodního oddělení společnosti.
Klíčovými produkty, které jsou důležité pro potřeby této diplomové práce, jsou oběžné a rozváděcí lopaty Kaplanových a Francisových turbín. Tyto součásti jsou klíčové komponenty vodních turbín, o kterých je pojednáno v následujícím textu.

3.1 Vodní turbíny

Vodní turbína je točivý mechanický stroj, který přeměňuje kinetickou či tlakovou energii vody na mechanickou energii. Předchůdcem vodní turbíny bylo vodní kolo (známé také jako mlýnské kolo). Spolu s elektrickým generátorem resp. alternátorem spojeným s turbínou je hlavní součástí vodních elektráren. Generátor převádí mechanickou energii turbíny na energii elektrickou. [18]
Tato diplomová práce se zabývá pouze Francisovými a Kaplanovými turbínami, konkrétněji výrobou komponent těchto turbín – oběžnými a rozváděcími lopatami.

Francisova turbína [19]
Francisova turbína je podtypem vodní turbíny, vyvinuté Jamesem B. Francisem. Jedná se o přetlakovou turbínu. Má dvě pod-varianty podle uložení hřídele a to vertikální a horizontální.
Francisovy turbíny patří mezi nejpoužívanější. Používají se pro produkci elektrické energie prostřednictvím alternátorů.

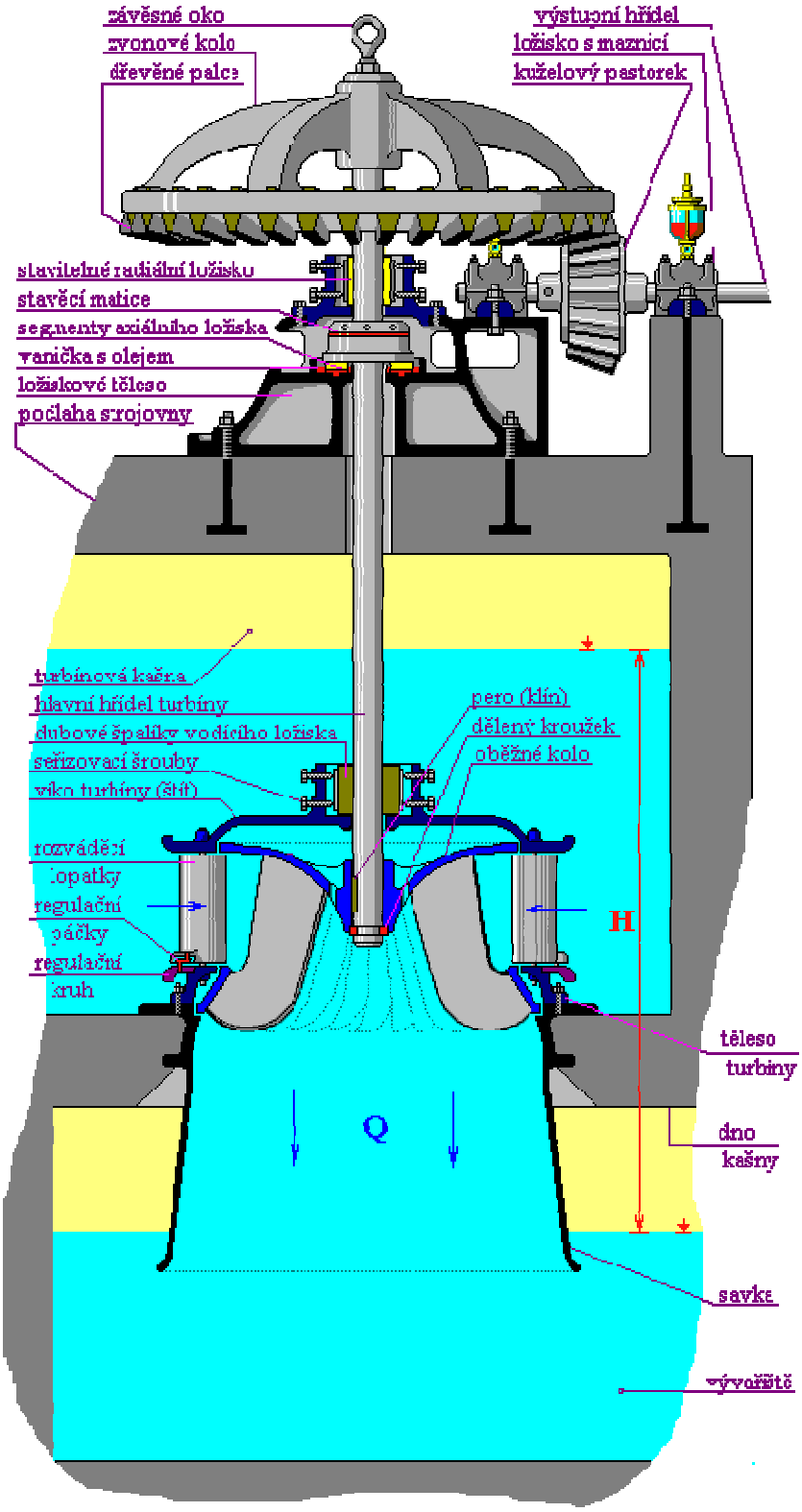
Princip činnosti: [19]
Francisova turbína je přetlaková turbína, což znamená, že pracovní kapalina během své cesty strojem mění tlak. Při tom odevzdává svou energii. Pro udržení směru a regulaci toku vody jsou nutné rozváděcí lopatky. Rotor turbíny se nachází mezi vysokotlakým přívodem a nízkotlakou savkou většinou v patě přehrady.

Vstupní potrubí se postupně zužuje. Pomocí rozváděcích (automaticky stavěných regulátorem) lopatek je voda směřována na rotor.
Jak voda prochází rotorem, její rotační rychlost se zmenšuje a zároveň odevzdává energii rotoru. Tento efekt (spolu s působením samotného vysokého tlaku vody) přispívá k efektivitě turbíny. Výstup z turbíny savka je tvarován tak, aby byla rychlost výstupní vody co nejnižší.

Základními částmi Francisových turbín jsou:

- Spirální skříň,
- Oběžné kolo,
- Lopatky rozváděcího kola,
- Stavidlo,
- Regulační kruh,
- Příruba spojky,
- Savka. [19]

Schéma s popisem komponent Francisovy turbíny je zobrazen na obrázku 3-1.



Obrázek 3-1: Francisova vertikální turbína [20]

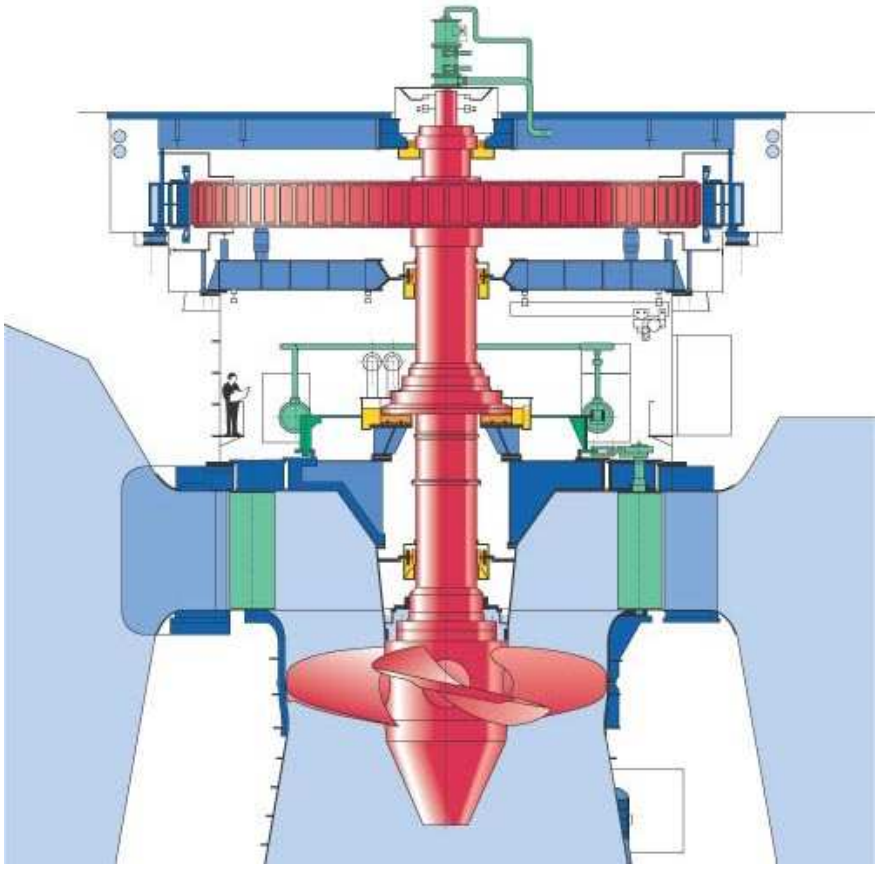
Kaplanova turbína [19]
Kaplanova turbína je přetlaková axiální turbína s velmi dobrou možností regulace. Toho se využívá především v místech, kde není možné zajistit stálý průtok, nebo spád.

Turbínu vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan. Od svého předchůdce, Francisovy turbíny, se liší především menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola a především možností regulace náklonu lopatek u oběžného i rozváděcího kola.

Charakteristika: [19]
Má vyšší účinnost než Francisova turbína, je ale výrazně složitější a dražší. Používá se pro spády od 1 do 70,5 m (což je spád na vodní elektrárně na Orlíku) a průtoky 0,15 až několik desítek m^3/s. Největší hltnost na světě mají Kaplanovy turbíny na vodní elektrárně Gabčíkovo na Dunaji a to až 636 m^3/s, při spádu 12,88–24,20 m. Obecně se dá říct, že se používá především na malých spádech při velkých průtocích, které nejsou konstantní. V závislosti na rozdílu hladin může být instalována buď se svislou, nebo s vodorovnou osou otáčení.

Základními díly Kaplanových turbín jsou:
- Spirální skříň,
- Rozváděcí kolo,
- Oběžné kolo,
- Savka. [19]

Na obrázku 3-2 je uvedeno schéma Kaplanovy turbíny.

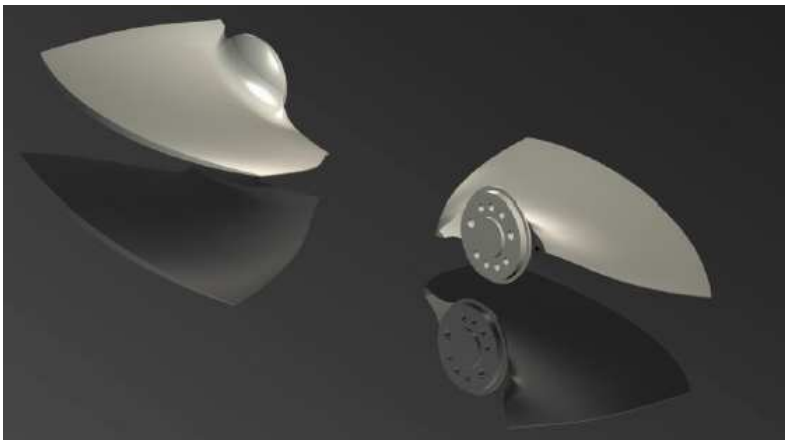


Obrázek 3-2: Kaplanova turbína [19]

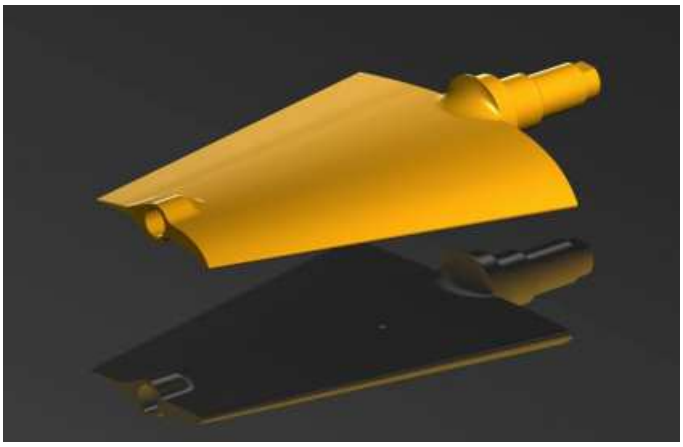
3.2 Rozváděcí a oběžné lopaty turbín

Klíčovými komponentami Francisových a Kaplanových turbín jsou rozváděcí a oběžné lopaty. Pomocí rozváděcích lopat je usměrňován přítok provozního média na oběžné lopaty, které kinetickou či tlakovou silou provozního média roztočí oběžné kolo (dopadem média na oběžné lopaty), což umožní přeměnu kinetické či tlakové energii vody na mechanickou energii.

Na obrázku 3-3 jsou zobrazeny lopaty oběžného kola Kaplanovy turbíny, obrázek 3-4 obsahuje lopatky rozváděcího kola Kaplanovy turbíny v přímoproudém provedení. Obrázek 3-5 dává představu o tvaru oběžného kola Francisovy turbíny.



Obrázek 3-3: Lopaty oběžného kola Kaplanovy turbíny



Obrázek 3-4: Lopaty rozváděcího kola Kaplanovy turbíny

Obrázek 3-5: Oběžné kolo Francisovy turbíny

4 Analýza vazeb technických a ekonomických parametrů

Na základě poskytnutých dat společností byla provedena analýza vazeb technických a ekonomických parametrů.
V rámci analýzy vazeb technických a ekonomických parametrů byla zanalyzována všechna vstupní data, tedy data poskytnutá společností.
V zásadě se jednalo o data popisující:

- Používané technologie,
- Hodinové sazby používaných technologií,
- Nejčastěji realizované projekty (hlavní představitelé výrobního programu společnosti),
- Technologické postupy,
- Používané materiály,
- Vlivy ovlivňující mechanické vlastnosti používaných materiálů,
- Seznam druhů provozních medií,
- Typy povrchových úprav.

Výše uvedená data byla podkladem pro analýzu technických a ekonomických parametrů oběžných a rozváděcích lopat Kaplanových a Francisových turbín a vztahů mezi těmito parametry.

4.1 Analýza technických parametrů lopat Kaplanových a Francisových turbín

Důležitým výstupem analýzy technických parametrů lopat Kaplanových turbín (dále pouze KT) a lopat Francisových turbín (dále pouze FT) je stanovit důležité technické parametry, které budou součástí vstupní částí uživatelského prostředí software, pomocí kterých bude vytvářena specifikace výrobku – tj. například podle jakého technologického postupu se bude vyrábět, pro jaký průměr oběžného kola jsou projektovány oběžné a rozváděcí lopaty nebo jaký typ povrchové úpravy lopat bude zvolen.
V rámci analýzy technických parametrů lopat FT a KT bylo zjištěno, že společnost má poměrně rozsáhlý výrobní program.
Vzhledem k tomu, že výstupem formuláře bude předběžná kalkulace ceny výroby určitě specifikace výrobku, kvalitě poskytnutých dat a algoritmickému zpracování dat bylo potřebné stanovit nejtypičtější představitele výrobního programu. Proto, aby bylo možné data algoritmicky zpracovávat, byla po konzultaci se zástupci společnosti provedena „standardizace dat“.
Například ve společnosti jsou vyráběny oběžné a rozváděcí lopaty pro různé průměry oběžného kola, avšak v rámci analýzy technických parametrů lopat KT a FT bylo zjištěno, že nejvíce výskytů mají následující hodnoty:

- 1050 [mm]
- 1800 [mm]
- 2500 [mm]
- 3000 [mm]
- 4500 [mm]

Proto bylo stanoveno, že v rámci tabulkového formuláře bude možné konfigurovat pouze výše uvedené průměry oběžných kol, i když je reálně možné vyrábět lopaty například pro průměry oběžných kol 1010 mm nebo 1900 mm. Vzhledem k tomu, že se jedná o předběžnou kalkulaci výroby, je možné tolerovat určitou procentní odchylku od reálné ceny.
Výše uvedeným způsobem byly zjištěny a následně zkonzultovány další důležité technické parametry, které jsou:

- Technologie výroby oběžných lopat,

- Technologie výroby rozváděcích lopat,
- Životnost lopat,
- Kvalita provozního média,
- Velikost spádu,
- Tvar rozváděcího kola,
- Počet oběžných a rozváděcích lopat,
- Typy povrchových úprav,
- Výrobní varianty.

Výše uvedené technické parametry lopat Kaplanových a Francisových turbín se liší podle typu turbíny. Detailnější popis technických parametrů turbín je uveden v následujícím textu.

Technické parametry pro Kaplanovu turbínu:

Řada průměrů oběžného kola:

- 1050 [mm]
- 1800 [mm]
- 2500 [mm]
- 3000 [mm]
- 4500 [mm]

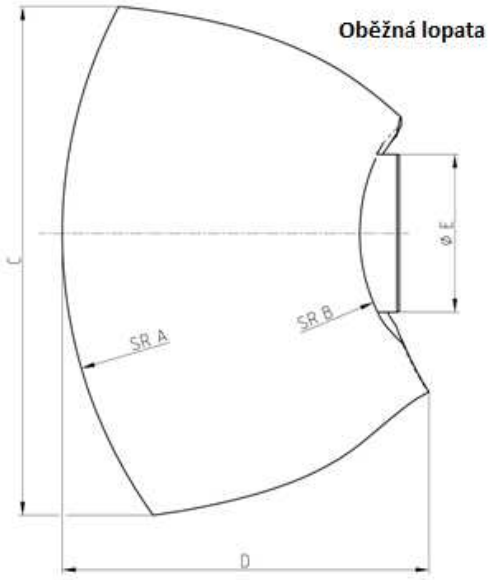
Výše uvedené průměry oběžných kol reprezentují nejčastěji realizované projekty.

Rozměry oběžných a rozváděcích lopat:
V tabulkách 4-1, 4-2 a 4-3 jsou uvedeny rozměrové parametry oběžných a rozváděcích lopat pro KT.

Kaplanova turbína – Oběžná lopata				
ø OK	C	D [mm]	E	S [cm^2]
1050 [mm]	556 [mm]	422 [mm]	154 [mm]	2346,32 [cm^2]
1800 [mm]	952 [mm]	692 [mm]	270 [mm]	6587,84 [cm^2]
2500 [mm]	1322 [mm]	961 [mm]	410 [mm]	12704,42 [cm^2]
3000 [mm]	1587 [mm]	1153 [mm]	455 [mm]	18298,11 [cm^2]
4500 [mm]	2380 [mm]	1730 [mm]	675 [mm]	41174 [cm^2]

Tabulka 4-1: Rozměrové parametry oběžné lopaty

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola,*
S – *Obsah plochy lopaty,*
C, D, E – *Rozměrové parametry lopaty (viz. obrázek 4-1).*

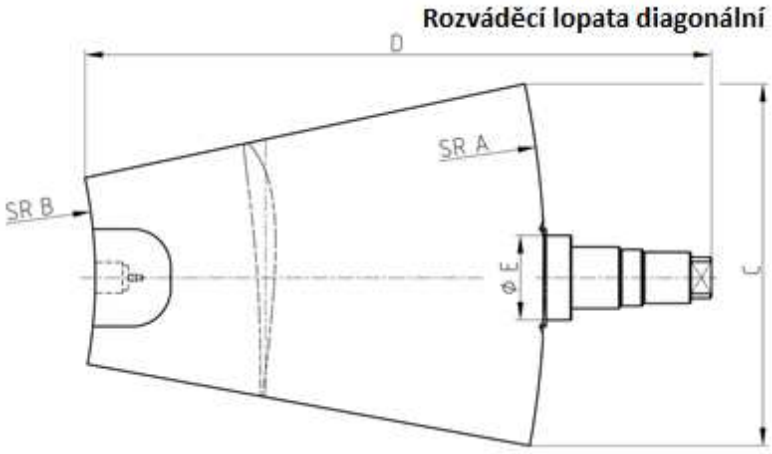


Obrázek 4-1: Rozměrové parametry oběžné lopaty KT

Kaplanova turbína – Rozváděcí lopata (diagonální tvar)				
ø OK	C	D	E	S
1050 [mm]	296 [mm]	531[mm]	70 [mm]	1571,76 [cm^2]
1800 [mm]	508 [mm]	850 [mm]	120 [mm]	4318 [cm^2]
2500 [mm]	706 [mm]	1231 [mm]	165 [mm]	8690,86 [cm^2]
3000 [mm]	848 [mm]	1424 [mm]	200 [mm]	12075,52 [cm^2]
4500 [mm]	1271 [mm]	2021 [mm]	315 [mm]	25686,91 [cm^2]

Tabulka 4-2: Rozměrové parametry rozváděcí lopaty KT (diagonální tvar)

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola,*
S – *Obsah plochy lopaty,*
C, D, E – *Rozměrové parametry lopaty (viz. obrázek 4-2).*

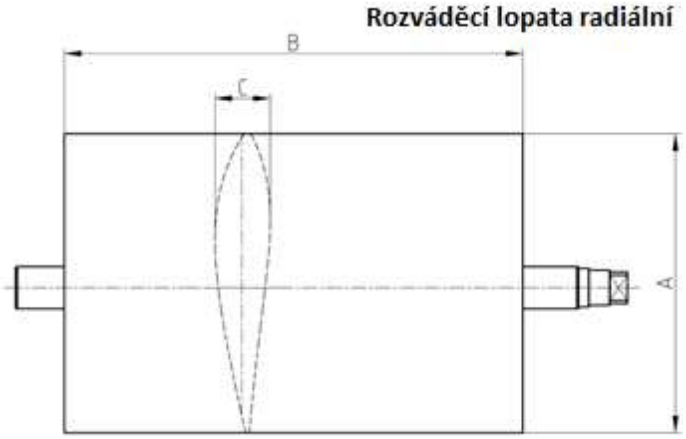


Obrázek 4-2: Rozměrové parametry rozváděcí lopaty (diagonální tvar)

Kaplanova turbína – Rozváděcí lopata (radiální tvar)				
ø OK	A	B	C	S
1050 [mm]	282 [mm]	431 [mm]	51 [mm]	1215,42 [cm^2]
1800 [mm]	482 [mm]	738 [mm]	88 [mm]	3557,16 [cm^2]
2500 [mm]	670 [mm]	1025 [mm]	122 [mm]	6867,5 [cm^2]
3000 [mm]	804 [mm]	1230 [mm]	147 [mm]	9889,2 [cm^2]
4500 [mm]	1206 [mm]	1845 [mm]	220 [mm]	22250,7 [cm^2]

Tabulka 4-3: Rozměrové parametry rozváděcí lopaty KT (radiální tvar)

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola,*
S – *Obsah plochy lopaty,*
A, B, C – *Rozměrové parametry lopaty (viz. obrázek 4-3).*



Obrázek 4-3: Rozměrové parametry rozváděcí lopaty (radiální tvar)

Technologický postup výroby oběžných lopat:
- Výroba z odlitku

Technologický postup výroby rozváděcích lopat:
- Výroba z odlitku,
- Výroba z výkovku,
- Lopatky svařované,
- Lopatky z plechu.

Výše uvedené způsoby výroby (výroba z odlitku, výroba z výkovku, …) představují technologické postupy zpracování výrobku. Označení technologických postupů je odvozen od slangového označení ve společnosti. Například, technologický postup označený jako „***Výroba z odlitku***“ představuje technologický postup, jehož vstupem je polotovar ve formě odlitku, „***Výroba z výkovku***“ představuje technologický postup, jehož vstupem je polotovar ve formě výkovku, technologický postup „***Lopatky svařované***“ představuje technologický postup, jehož klíčové technologické operace jsou operace svařování a poslední technologický postup „***Lopaty z plechu***“ je technologický postup, jehož výstupem je výrobek zhotovený z plátů plechu.

Parametry ovlivňující volbu materiálu oběžných a rozváděcích lopat:
Ze všech vlivů ovlivňujících volbu materiálů oběžných a rozváděcích lopat Kaplanovy turbíny byly stanovy následující vlivy:

- Životnost lopat,
- Kvalita provozního média,
- Velikost spádu.

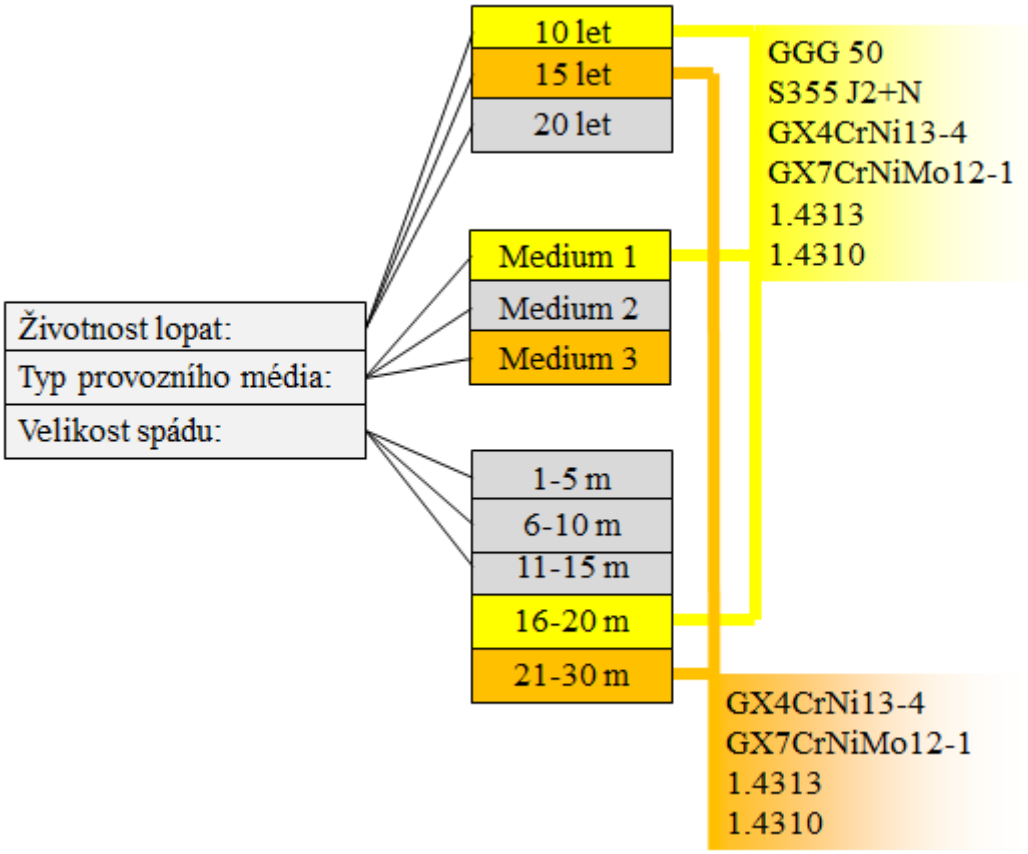
Po konzultaci se zástupci společnosti byly následujícím vlivům přiřazeny upřesňující parametry, pomocí kterých bude umožněno vytvářet různé specifikace výrobku a stanovit nejvhodnější materiál pro danou specifikaci.

- *Životnost lopat:*
  - 10 let,
  - 15 let,
  - 20 let,
  - 25 let.
- *Kvalita provozního média:*
  - Medium 1: Malá abraze a malá chemie,
  - Medium 2: Malá abraze a střední chemie,
  - Medium 3: Malá abraze a vysoká chemie,
  - Medium 4: Střední abraze a malá chemie,
  - Medium 5: Střední abraze a střední chemie,
  - Medium 6: Střední abraze a vysoká chemie
  - Medium 7: Vysoká abraze a malá chemie
  - Medium 8: Vysoká abraze a střední chemie,
  - Medium 9: Vysoká abraze a vysoká chemie.
- *Velikost spádu:*
  - 1-5 [m],
  - 6-10 [m],
  - 11-15 [m],
  - 16-20 [m],
  - 21-30 [m],
  - 31-40 [m],
  - 41-50 [m],
  - 51-100 [m],
  - 101-150 [m],
  - 151-200 [m].

Používané materiály polotovarů:

- GX4CrNi13-4
- GX7CrNiMo12-1
- GX8CrNi13
- GGG 50
- GJL 30
- 1.4313
- 1.4310
- S355 J2+N
- 1.4301

Z poskytnutých dat a po konzultaci se zástupci společnosti pak byly sestaveny seznamy materiálů odpovídající dané konfiguraci parametrů.
Příklad dvou konfigurací je zobrazen pomocí mapy variant na obrázku 4-4.



Obrázek 4-4: Seznamy materiálů

Obrázek 4-4 představuje mapu dvou variant konfigurací. V případě žluté varianty, kdy jsou stanoveny parametry:

- Životnost lopat: 10 let,
- Typ provozního média: Medium 1,
- Velikost spádu: 16-20 m.

je možné pro výrobu rozváděcích a oběžných lopat zvolit jeden z následujících doporučených materiálů:

- GGG 50,
- S355 J2+N,
- GX4CrNi13-4,
- GX7CrNiMo12-1,
- 1.4313,
- 1.4310.

V případě oranžové varianty, jsou stanoveny následující parametry:

- Životnost lopat: 15 let,
- Typ provozního média: Medium 3,
- Velikost spádu: 21-30 m.

I v tomto případě je stanoven seznam doporučených materiálů pro výrobu oběžných a rozváděcích lopat, který obsahuje následující materiály pro polotovary:

- GX4CrNi13-4,
- GX7CrNiMo12-1,
- 1.4313,
- 1.4310.

Stejným způsobem jsou zpracovány všechny možné varianty tří parametrů ovlivňující volbu materiálu pro oběžné i rozváděcí lopaty KT.
Z hlediska přehlednosti diplomové práce zde byla demonstrována pouze metodika výběru materiálů podle zvolených parametrů.

Tvar rozváděcího kola:
Rozváděcí kolo je vyráběno ve dvou variantách:
- Diagonální,
- Radiální.

Počet oběžných a rozváděcích lopat
Rozváděcí a oběžné lopaty jsou vyráběny v následujících řadách:
- Oběžné lopaty oběžného kola jsou vyráběny v rozsahu 3 až 6 lopat.
- Rozváděcí lopaty rozváděcího kola jsou vyráběny v rozsahu 12 až 20 lopat.

Typy povrchových úprav lopat
Nejčastěji aplikované povrchové úpravy:
- Plasma,
- Polyuretan,
- Dvousložkový epoxid PG,
- Barva s křemíkovým plnivem.

Technické parametry pro Francisovu turbínu
Data uvedená v odrážkách (níže) jsou stejná jak pro lopaty Francisových tak i Kaplanových turbín.
- Řada průměrů oběžného kola,
- Technologický postup výroby oběžných lopat,
- Technologický postup výroby rozváděcích lopat,
- Parametry ovlivňující volbu materiálu oběžných a rozváděcích lopat,
- Volba tvaru rozváděcího kola,

4.2 Analýza ekonomických parametrů lopat Kaplanových a Francisových turbín

Jako v případě analýzy technických parametrů uvedené v předchozí kapitole byly po konzultaci se zástupci společnosti vygenerovány nejdůležitější ekonomické parametry, které byly zahrnuty do vyvíjeného podpůrného software.
Nejdůležitějšími ekonomickými parametry jsou:
- Hodinové sazby technologií,
- Celkový čas výroby,
- Podíl technologie na celkovém výrobním čase komponenty,
- Ceny a hmotnosti používaných materiálů,
- Ceny povrchových úprav.

Výše uvedené ekonomické parametry jsou platné jako pro lopaty Kaplanových turbín tak i pro lopaty Francisových turbín.
K jednotlivým ekonomickým parametrům byla požadována data, pomocí kterých byla provedena analýza. Výsledky této analýzy jsou uvedeny v následujícím textu.

Hodinové sazby technologií
Data popisují jednotlivé hodinové sazby daných technologií určitých technologických operací (soustružení, frézování, …). Příklad hodinové sazby technologické operace soustružení rozváděních a oběžných lopat v případě Kaplanových turbín je uveden v tabulce 4-4.

Hodinová sazba technologie soustružení při výrobě		
Průměr oběžného kola	RL	OL
1050 [mm]	1 056 Kč	1 198 Kč
1800 [mm]	1 056 Kč	1 198 Kč
2500 [mm]	1 198 Kč	1 305 Kč
3000 [mm]	1 198 Kč	1 305 Kč
4500 [mm]	1 198 Kč	1 305 Kč

Tabulka 4-4: Hodinová sazba operace soustružení

Legenda:
Průměr oběžného kola – *Vybraný průměr oběžného kola ze stanovených řad oběžných kol,*
RL – *Hodinová sazba v Kč technologie soustružení při výrobě rozváděcích lopat KT,*
OL – *Hodinová sazba v Kč technologie soustružení při výrobě oběžných lopat KT.*

Z tabulky 4-4 je například zřejmé, že pro technologické operace soustružení při výrobě rozváděcích lopat KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je hodinová sazba soustružení 1056 Kč.

Průběžná doba výroby
Data představují průběžnou dobu výroby jednoho výrobku, tedy jedné lopaty. Data jsou zobrazena v tabulce 4-5.

Průměr oběžného kola	Průběžná doba výroby
1050 [mm]	14 h
1800 [mm]	19 h
2500 [mm]	27 h
3000 [mm]	35 h
4500 [mm]	62 h

Tabulka 4-5: Celkový čas výroby rozváděcí lopaty KT

Legenda:
Průměr oběžného kola – *Vybraný průměr oběžného kola ze stanovených řad oběžných kol,*
Průběžná doba výroby – *Průběžná doba výroby jedné lopaty v hodinách.*

Z tabulky 4-5 vyplývá, že průběžná doba výroby rozváděcí lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je 14 hodin.

Podíl technologie na celkovém výrobním čase komponenty
Tato data popisují podíl určité výrobní technologie na výrobě jedné lopaty turbíny. V tabulce 4-6 je uveden příklad podílu výrobních technologií na výrobě rozváděcí lopaty Kaplanovy turbíny v rámci technologického postupu „Výroba z odlitku“.

Průměr OK	Frézování	Soustružení	Svařování	Zám. práce
1050 [mm]	65%	30%	0%	5%

Tabulka 4-6: Podíl technologie na celkovém výrobním čase

Legenda:
Průměr OK – *Vybraný průměr oběžného kola ze stanovených řad oběžných kol,*
Frézování – *Procentuální vyjádření podílu technologického zpracování frézování na celkovém čase výroby jednoho výrobku,*
Soustružení – *Procentuální vyjádření podílu technologického zpracování soustružení na celkovém čase výroby jednoho výrobku,*

Svařování – *Procentuální vyjádření podílu technologického zpracování svařování na celkovém čase výroby jednoho výrobku,*
Zám. práce – *Procentuální vyjádření podílu technologického zpracování zámečnických prací na celkovém čase výroby jednoho výrobku.*

Data v tabulce 4-6 představují vyjádření podílu výrobních operací na výrobě jedné rozváděcí lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm.
Z tabulky vyplývá, že 65% z celkového výrobního času je vstupní polotovar frézován, z 30% je soustružen a ve zbylých 5% je zpracováván zámečnickými pracemi.

Ceny a hmotnosti používaných materiálů
Data poskytnutá společností v tabulkovém formátu představují kilogramové ceny a hmotnosti polotovarů nebo komponent lopat Kaplanových nebo Francisových turbín. Příklad cen odlitků slitiny GX4CrNi13-4 pro řadu průměrů oběžného kola Kaplanových turbín jsou uvedeny v tabulce 4-7, v tabulce 4-8 jsou pak uvedeny hmotnosti jednotlivých odlitků.

Typ lopat:	Oběžná
Typ:	Odlitek
Materiál:	GX4CrNi13-4
ø OK	Kč/Kg
1050 [mm]	324
1800 [mm]	280
2500 [mm]	196
3000 [mm]	259
4500 [mm]	142

Tabulka 4-7: Ceny odlitků oběžné lopaty Kaplanovy turbíny

Legenda:
Typ lopat – *Typ lopaty (oběžná nebo rozváděcí),*
Typ – *Typ vstupního polotovaru,*
Materiál – *Druh materiálu,*
ø OK – *Vybraný průměr oběžného kola ze stanovených řad oběžných kol,*
Kč/Kg – *Korunová cena za kilogram materiálu.*

Typ lopat:	Oběžná
Typ:	Odlitek
Materiál	GX4CrNi13-4
ø OK	Kg/Ks
1050 [mm]	75
1800 [mm]	268
2500 [mm]	960
3000 [mm]	1050
4500 [mm]	3685

Tabulka 4-8: Hmotnosti odlitků oběžné lopaty Kaplanových turbín

Legenda:
Typ lopat – *Typ lopaty (oběžná nebo rozváděcí),*
Typ – *Typ vstupního polotovaru,*
Materiál – *Druh materiálu,*
ø OK – *Vybraný průměr oběžného kola ze stanovených řad oběžných kol,*

Kg/Ks – *Kilogramová hmotnost jednoho odlitku.*

Z tabulek 4-7 a 4-8 je například možné zjistit, že cena materiálu GX4CrNi13-4, který je vhodný pro výrobu oběžné lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je 324 Kč/Kg a váha odlitku je celých 75 Kg.

Typy povrchových úprav a jejich ceny
V rámci poskytnutých dat byl seznam nejpoužívanějších povrchových úprav lopat Kaplanových turbín spolu s jejich cenou, která byla stanovena v Kč/cm^2. Příklad dat je uveden v tabulce 4-9.

Povrchové úpravy při výrobě z plechu				
Povrchová úprava:	Polyuretan	Dvousložkový epoxid PG	Plasma	Barva s křemíkovým plnivem
Cena:	16 [Kč/cm^2]	15 [Kč/cm^2]	17 [Kč/cm^2]	19 [Kč/cm^2]

Tabulka 4-9: Povrchové úpravy lopat

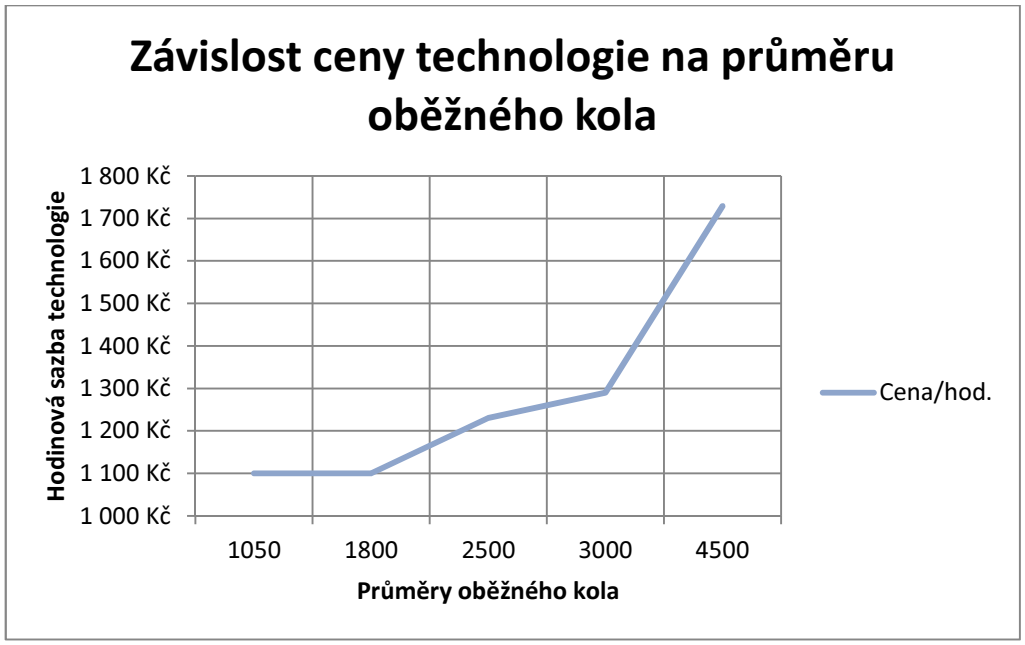
Legenda:
Povrchová úprava – *Typ povrchové úpravy,*
Cena – *Cena povrchové úpravy v [Kč/cm^2].*

Tabulka 4-9 popisuje cenu jednotlivých typů povrchových úprav pro lopaty vyráběné v rámci technologického postupu „Lopatky z plechu“.

4.3 Vazby mezi technickými a ekonomickými parametry

Na základě analýzy technických a ekonomických parametrů uvedené v předchozích kapitolách byla provedena analýza vazeb mezi technickými a ekonomickými parametry lopat Kaplanových a Francisových turbín.

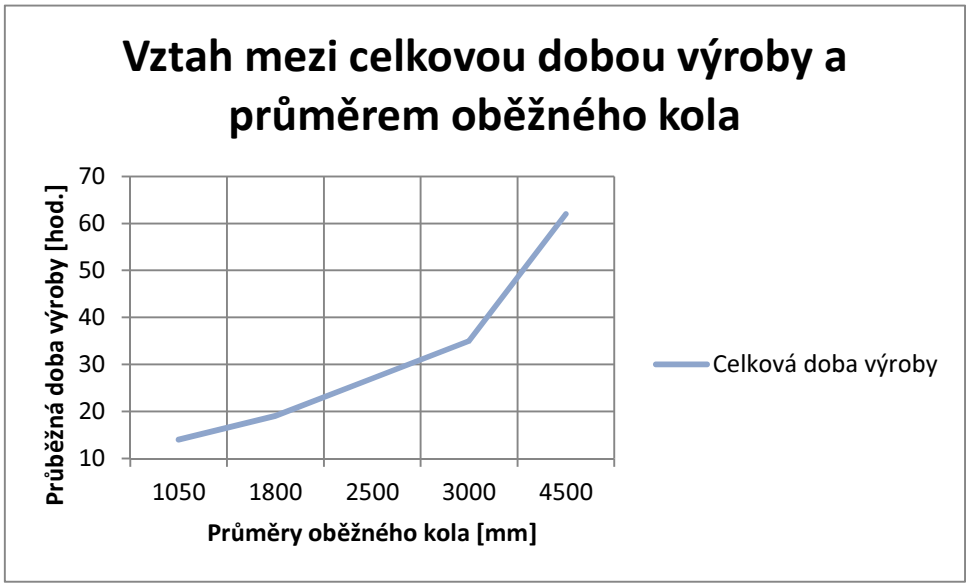
Vztah mezi velikostí průměrů oběžného kola a hodinovou sazbou technologie
Velikost průměru oběžného kola u KT i FT ovlivňuje hodinovou sazbu použité výrobní technologie při výrobě oběžných i rozváděcích lopat. Je to dáno zvláště tím, že každá výrobní technologie (například CNC soustruh) má určité technické omezení, jako maximální možný obráběný průměr obrobku, maximální možná délka soustružení, atd. Proto je nemožné obrábět všechny typy lopat (podle průměrů oběžného kola) na stejném výrobním zařízení.
Na obrázku 4-5 je uveden graf, který zobrazuje závislost mezi hodinovou sazbou technologie soustružení při výrobě oběžných lopat KT a průměry oběžného kola KT. Z grafu je zřejmé, že s vyšším průměrem oběžného kola roste i hodinová sazba technologie.
Například, některé ze soustružnických operací při výrobě lopat pro oběžné kolo s průměrem 4500 mm jsou vyráběny na jiném soustruhu (s vyšší hodinou sazbou technologie) než na soustruhu, na kterém jsou prováděny soustružnické operace pro průměr oběžného kola 1050 mm.



Obrázek 4-5: Graf závislosti ceny technologie a průměru oběžného kola

Vztah mezi průběžnou dobou výroby a průměry oběžného kola

Na obrázku 4-6 je uveden graf, který zobrazuje závislost mezi průměry oběžného kola a celkovou průběžnou dobou výroby lopat KT. Z grafu je zřejmé, že se zvyšujícím se průměrem oběžného kola KT se zvyšuje i celková průběžná doba výroby. Tento fakt je zapříčiněn tím, že čím větší průměr oběžného kola je, tím větší jsou i obráběné plochy lopat.

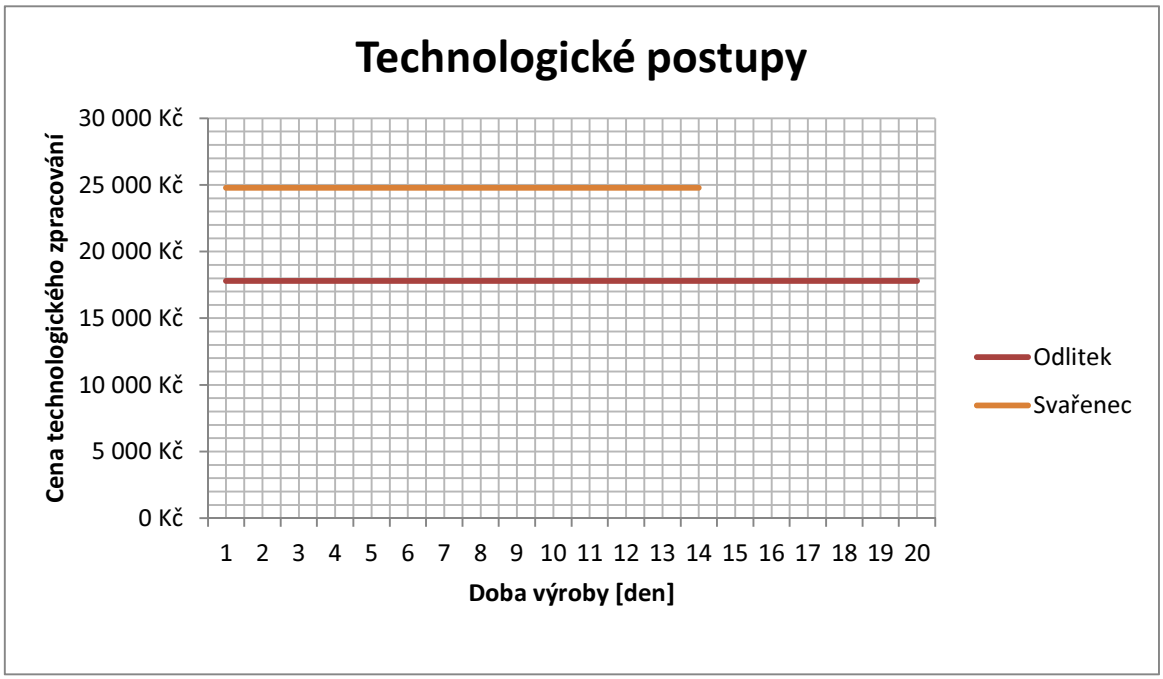


Obrázek 4-6: Graf závislosti mezi průměry oběžného kola a celkovou dobrou výroby

Vliv volby technologického postupu na cenu výrobku

Volba technologického postupu má přímý vliv na celkovou průběžnou dobu výroby a tím také na cenu výrobku. Na obrázku 4-7 je zobrazen příklad dvou technologických postupů, konkrétně technologického postupu označeného jako „Odlitek“ a technologického postupu označeného jako „Svařenec“. V případě obou technologických postupů jde o dvě rovnocenné možnosti, které byly vygenerovány na základně vstupních parametrů, mezi kterými se bude

rozhodovat. To znamená, že zákazník má možnost výběru, zda chce vyrábět pomocí technologického postupu „Odlitek“ či „Svařenec“.
V případě technologického postupu označeného jako „Odlitek“ se jedná o technologický postup, který popisuje posloupnost technologických operací zpracování odlitku na výsledný výrobek – rozváděcí či oběžnou lopatku KT či FT. Technologický postup je posloupností soustružnických, frézařských a zámečnických operací.
Druhý technologický postupu označený jako „Svařenec“ obsahuje posloupnost technologických operací, jejichž výsledkem je rozváděcí či oběžná lopatka KT nebo FT, kde základem konstrukce je svařenec.
Oba technologické postupy mají různé průběžné doby výroby a výslednou předběžně odhadovanou cenu technologického zpracování.



Obrázek 4-7: Vliv volby technologického postupu na cenu za výrobek

Z obrázku 4-7 je zřejmé, že průběžná doba výroby technologickým postupem „Odlitek“ je 20 dní a cena je odhadována na 17 000 Kč a průběžná doba výroby technologickým postupem „Svařenec“ je 14 dní a cena za technologické zpracování je odhadována na 24 000 Kč.
Na základě analýzy dalších faktorů ovlivňující funkci turbíny se musí zákazník rozhodnout, jaký typ konstrukce lopat zvolí – zda lopaty z odlitku či svařence.

5 Specifikace požadavků a variant výrobku

V ideálním případě je možné splnit jakékoliv přání zákazníka a vyrobit jakoukoliv konfiguraci parametrů oběžných a rozváděcích lopat Kaplanových i Francisových turbín. Bohužel, každá výrobní základna, tak i výrobní základna dané společnosti má svá určitá technická omezení. Tato technická omezení je nutné brát na vědomí při jednání se zákazníkem o budoucí zakázce a vyvarovat se naslibování nesplnitelného, nebo splnitelného ale s enormními náklady výroby.
V následujícím textu jsou uvedena určitá omezení, ke kterým bylo v dalších fázích praktické části diplomové práce přihlédnuto.

Výrobní varianty:
Výrobní omezení označené pro potřeby této diplomové práce jako „Výrobní varianty“ se v zásadě týkají technologických postupů výroby rozváděcích a oběžných lopat vztažených k průměrům oběžných kol KT a FT.

Kaplanova turbína
V případě oběžných lopat KT se jedná o následující výrobní omezení:
Oběžné lopaty KT
Oběžné lopaty KT jsou vyráběny pouze technologickým postupem označeným jako „Výroba z odlitku“
Rozváděcí lopaty KT
Rozváděcí lopaty KT jsou vyráběny pro průměry oběžného kola 1050 [mm], 1800 [mm] pomocí technologických postupů označených jako:

- Výroba z odlitku,
- Výroba z plechu,
- Lopatky z výkovku,

Pro výrobu průměrů oběžného kola 2500 [mm], 3000 [mm] a 4500 [mm] jsou použity technologické postupy označené jako:

- Výroba z odlitku,
- Výroba z plechu,
- Lopatky svařované.

Francisova turbína
Oběžné lopaty FT
V případě oběžných lopat FT je pro průměry 1050 [mm] a 1800 [mm] použit technologický postup označený jako „Lopatky z výkovku“,
Pro zbývající průměry oběžného kola je použit technologický postup „Výroba z plechu“.
Rozváděcí lopaty FT
Rozváděcí lopaty FT jsou pro průměr 1050 [mm] oběžného kola vyráběny pomocí technologického postupu označeného jako „Výroba z plechu“, a pro zbylé průměry oběžného kola 1800 [mm], 2500 [mm], 3000 [mm] a 4500 [mm] jsou použity technologické postupy označené jako:

- Výroba z odlitku,
- Lopatky svařované,
- Lopatky z výkovku.

Materiálové varianty:
Omezení v rámci materiálových variant se vztahuje k nemožnosti použít jakýkoliv materiál pro všechny možné zadané konfigurace.

Volba materiálů je jednou z nejdůležitějších fází vývoje jakéhokoliv produktu v konstrukční fázi. Správná volba materiálu produktu silně ovlivňuje výsledné mechanické vlastnosti a životnost konstruovaného produktu, proto je nutné zvolit ten nejvhodnější možný.
V případě volby materiálů oběžných a rozváděcích lopat KT a FT je nutné brát ohled na prostředí, ve kterém budou lopaty používány.
Jak již bylo zmíněno výše, se zástupci společnosti bylo stanoveno, že volba materiálů lopat KT a FT bude provedena na základě tří parametrů:

- Životnost lopat,
- Kvalita provozního média,
- Velikost spádu.

Každý parametr má své pod-parametry, které je možné navolit. Výsledkem volby tří parametrů je vygenerován vhodný seznam materiálů, které jsou vhodné pro danou konfiguraci.
Seznam vhodných materiálů je generován na základě dat poskytnutých společností.

Níže uvedená data představují vztah „*Životnost materiálu X Typ materiálu*“ :
Typy materiálů, u kterých je uvedena životnost 0-15 let:

- GX4CrNi13-4
- GX7CrNiMo12-1
- GX8CrNi13
- GGG 50
- GJL 30
- 1.4313
- 1.4310
- S355 J2+N
- 1.4301

Typy materiálů, u kterých je uvedena životnost 12-25 let:

- GX4CrNi13-4
- GX7CrNiMo12-1
- 1.4313
- 1.4310

Poznámka:
Z výše uvedeného lze vyčíst, že například materiál GX4CrNi13-4 je uveden jak pro životnost v rozsahu 0-15 tak i 12-25 let. Tato informace není mylná, nejedná se však o identický materiál – materiál je stejně označen, jejich cena se však liší.

Výše uvedené seznamy materiálů uvádějí jejich vhodnost pro určité parametry životnosti lopat KT a FT

Níže uvedená data představují vztah „*Velikost spádu X Typ materiálu*“ :
Typy materiálů, které jsou doporučeny pro spády 16-100 m:

- GGG 50
- S355 J2+N
- GX4CrNi13-4
- GX7CrNiMo12-1
- 1.4313
- 1.4310

Typy materiálů, které jsou doporučeny pro spády 101 m a více:

- GX4CrNi13-4
- GX7CrNiMo12-1

- 1.4313
- 1.4310

Poznámka:
Z výše uvedeného lze vyčíst, že například materiál 1.4310 je uveden jak pro rozsah spádů16-100 m tak i 101 m a více. Tato informace není mylná, nejedná se však o identický materiál – materiál je stejně označen, jejich cena se však liší.

Tabulka 5-1 popisuje vztah „*Velikost spádu X Typ média*“:

Médium	Spád
Medium 1: malá abraze a malá chemie	1 - 5 [m]
Medium 2: malá abraze a střední chemie	6 - 10 [m]
Medium 3: malá abraze a vysoká chemie	11 - 15 [m]
Medium 4: střední abraze a malá chemie	16 - 20 [m]
Medium 5: střední abraze a střední chemie	21 - 30 [m]
Medium 6: střední abraze a vysoká chemie	31 - 40 [m]
Medium 7: vysoká abraze a malá chemie	41 - 50 [m]
Medium 8: vysoká abraze a střední chemie	51 - 100 [m]
Medium 9: vysoká abraze a vysoká chemie	101 - 150 [m]
Medium 9: vysoká abraze a vysoká chemie	151 - 200 [m]

Tabulka 5-1: Vztah mezi parametry Velikost spádu a Typu média

Vzhledem k nedostatku dat k povrchovým úpravám lopat Francisových turbín jsou povrchové úpravy v rámci programované aplikace aplikovány pouze na lopaty Kaplanových turbín.

6 Metodika návrhu technicko-ekonomického hodnocení výroby

Pro vývoj podpůrného software byl zvolen tabulkový systém MS Excel. Práce na vytvoření podpůrného software v tabulkovém systému MS Excel byly rozděleny do několika částí:

- Vytvoření ekonomického vzorce,
- Struktura software v MS Excel,
- Návrh uživatelského prostředí.
- Programování algoritmů.

6.1 Vytvoření ekonomického vzorce

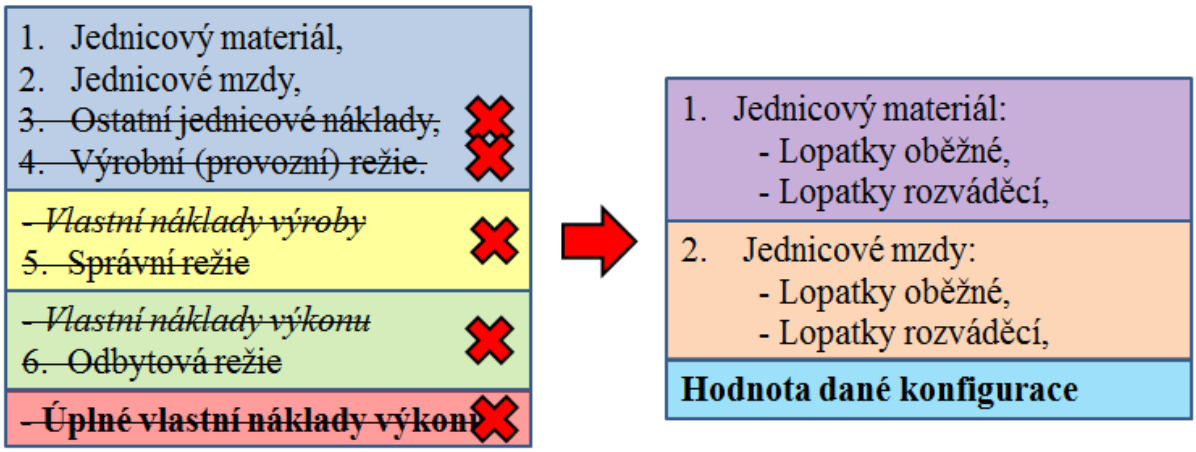
V kapitole 2 byly uvedeny určité typy kalkulací a způsoby členění nákladů. Aby bylo možné náklady řídit je důležité je nejprve identifikovat. Pro potřeby algoritmu ekonomického vzorce byla provedena analýza nákladů v kapitole 4 v rámci analýzy technických a ekonomických parametr.

Při návrhu kalkulačního vzorce podpůrného software bylo přihlédnuto k typovému kalkulačnímu vzorci uvedenému na obrázku 2-7.

Vzhledem ke kvalitě poskytnutých dat a výstupu analýzy ekonomických parametrů bylo nutné přikročit k modifikaci typového kalkulačního vzorce (viz. obrázek 6-1).

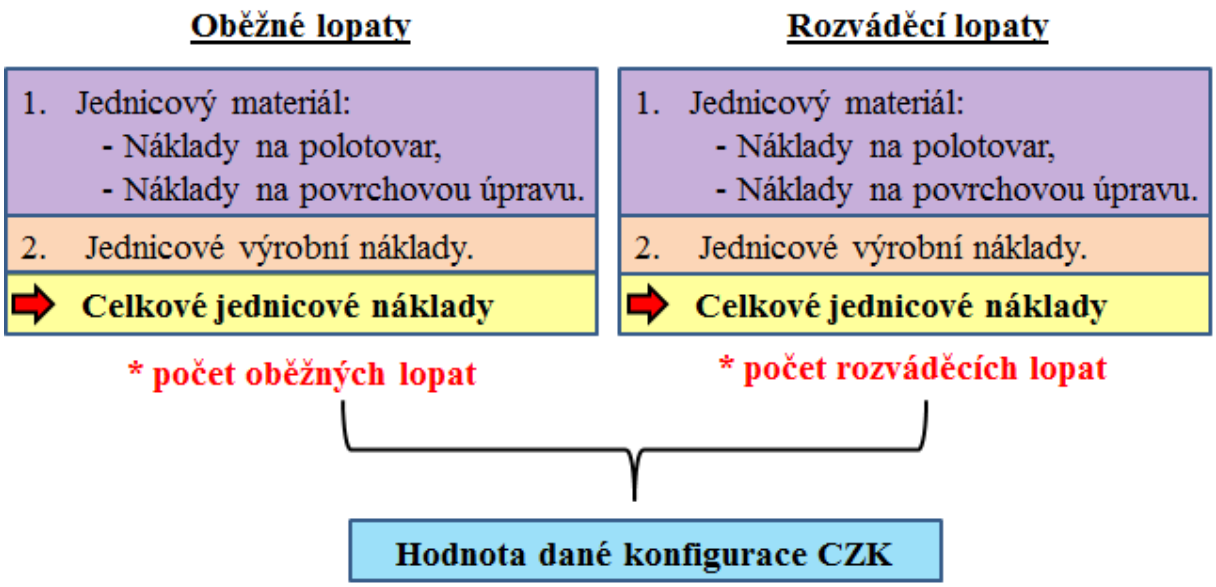
Na základě výstupu analýzy technických a ekonomických parametrů jsou náklady rozděleny do dvou základních druhů a to:

- Jednicové materiálové náklady,
- Jednicové mzdové náklady.



Obrázek 6-1: Modifikovaný kalkulační vzorec

Na obrázku 6-1 je zobrazen modifikovaný kalkulační vzorec, který zobrazuje sumu jednicových nákladů na materiál a mzdy. Pro potřeby ekonomického vzorce podpůrného softwaru je potřebné tento vzorec rozvést. Rozšířený modifikovaného vzorce je uvedeno na obrázku 6-2.



Obrázek 6-2: Rozšířený modifikovaný kalkulační vzorec

Na obrázku 6-2 je schematicky vyjádřen princip stavení ceny předběžné kalkulace určité konfigurace lopat KT nebo FT. V prvním kroku jsou stanoveny jednicové náklady na materiál – tedy náklady na polotovar a náklady na povrchovou úpravu lopat. V druhém kroku jsou vyčísleny jednicové náklady na mzdy. Následuje stanovení celkových jednicových nákladů. Po stanovení jednicových celkových nákladů následuje jejich vynásobení počtem oběžných, resp. rozváděcích lopat a sečtením obou částek. Výsledná částka představuje předběžnou cenu kalkulace dané konfigurace.

V následujících odstavcích bude demonstrována metodika stanovení ceny předběžné kalkulace určité konfigurace
Důležité vstupní parametry ekonomického vzorce jsou:

- Typ turbíny,
- Průměr oběžného kola,
- Typ technologického postupu pro výrobu oběžných lopat,
- Typ technologického postupu pro výrobu rozváděcích lopat,
- Druh materiálu oběžných lopat,
- Druh materiálu rozváděcích lopat,
- Počet lopat oběžného kola,
- Počet lopat rozváděcího kola,
- Tvar rozváděcího kola,
- Typ povrchové úpravy oběžných lopat,
- Typ povrchové úpravy oběžných lopat.

Pro potřeby stanovení předběžné ceny kalkulace oběžných a rozváděcích lopat byly zvoleny následující parametry konfigurace:

- Typ turbíny: ***Kaplanova turbína***,
- Průměr oběžného kola: ***1050 mm***,
- Typ technologického postupu pro výrobu oběžných lopat: ***Lopatky z odlitku***,
- Typ technologického postupu pro výrobu rozváděcích lopat: ***Lopatky z výkovku***,
- Druh materiálu oběžných lopat: ***GX4CrNi13-4***,
- Druh materiálu rozváděcích lopat: ***GGG 50***,
- Počet lopat oběžného kola: ***4***,
- Počet lopat rozváděcího kola: ***12***,

- Tvar rozváděcího kola: ***Radiální***,
- Typ povrchové úpravy oběžných lopat: ***Barva s Si plnivem,***
- Typ povrchové úpravy oběžných lopat: ***Barva s Si plnivem***.

Při výpočtu předběžné kalkulace výše uvedené konfigurace oběžných a rozváděcích lopat KT je využito rozšířeného modifikovaného kalkulačního vzorce uvedeného na obrázku 6-2. Pro přehlednost výpočtu je zachována barevná schematika jednotlivých kroků výpočtu.

1) Jednicový materiál:

Jednicové materiálové náklady jsou veškeré materiálové náklady, které je možné stanovit na jednotku produkce.

a) Přímé materiálové náklady jednoho polotovaru

Oběžná lopata:

Jak již bylo řečeno v kapitole zabývající se analýzou ekonomických a technických parametrů, tak data popisující přímé materiálové náklady byla rozčleněna do skupin podle technologických postupů (dále TP), tzn.:

- TP „Výroba z odlitku“: Sazba Kč/Kg polotovaru,
- TP „Výroba z výkovku“: Sazba Kč/Kg polotovaru,
- TP „Lopatky z plechu“: Sazba Kč/Kg polotovaru,
- TP „Lopatky svařované“: Sazba Kč/Kg polotovarů,

Příklady formy poskytnutých dat jsou uvedeny v tabulkách 4-7 a 4-8.
Pro potřeby stanovení jednicových materiálových nákladů u demonstrovaného příkladu budou potřebná pouze data týkající se příkladu, tato data jsou uvedena v tabulce 6-1.

TP:	Výroba z odlitku	
Materiál:	GX4CrNi13-4	
ø OK	[Kč/Kg]	[Kg/Ks]
1050 [mm]	324	75

Tabulka 6-1: Kilogramová cena a hmotnost polotovaru

Legenda:
TP – *Technologický postup výroby lopat,*
Materiál – *Druh materiálu polotovaru,*
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

Tabulka 6-1 obsahuje informace o kilogramové ceně a hmotnosti polotovaru (odlitku).

Materiálový náklad jedné jednice (polotovaru) se získá pomocí vzorce 6.01:

$$Náklad\ jedn.\ polotovaru = cena\ polotovaru * hmotnost\ polotovaru = \cdots \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.01)$$

Aplikace vzorce 6.01 je předvedena na výpočtu ceny polotovaru odlitku materiálu GX4CrNi13-4 oběžné lopat pro průměr oběžného kola 1050 mm. Výpočet je uveden ve vzorci 6.02.

$$Náklady\ jedn.\ polotovaru = 324 * 75 = \mathbf{24300}\left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.02)$$

Jednicové náklady na pořízení jednoho polotovaru (odlitku) jsou ***24 300 Kč***.

Rozváděcí lopata:

Při výpočtu jednicových materiálových nákladů rozváděcí lopaty je postupováno jako v případě oběžných lopat. Pro výpočet je využit vzorec 6.01 a tabulka 6-2.

TP:	Výroba z výkovku	
Materiál:	GGG 50	
ø OK	[Kč/Kg]	[Kg/Ks]
1050 [mm]	98	59

Tabulka 6-2: Kilogramová cena a hmotnost polotovaru výkovku

Legenda:
TP – *Technologický postup výroby lopat,*
Materiál – *Druh materiálu polotovaru,*
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

$$Náklady\ jedn.\ polotovaru = 98 * 59 = \mathbf{5782}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.03)$$

Jednicové náklady na pořízení jednoho polotovaru (výkovku) jsou ***5 782 Kč***.

b) Jednicové náklady povrchové úpravy jedné lopaty

Oběžná lopata

V rámci kapitoly zabývající se analýzou technických a ekonomických parametrů turbín bylo řečeno, že v rámci dokončovacích operací jsou lopaty opatřovány ochrannými povrchy, které zvyšují odolnost proti vnějším rozrušivým vlivům. Druhy a ceny povrchových úprav jsou uvedeny v tabulce 4-9. V tabulce 6-3 jsou uvedena data potřebná pro doplnění upraveného kalkulačního vzorce.

Typ PÚ	Barva s Si plnivem
Cena	16 [Kč/ cm^2]
ø OK	S
1050 [mm]	2346,32 [cm^2]

Tabulka 6-3: Typ povrchové úpravy a jeho cena odlitku

Legenda:
Typ PÚ – *Typ povrchové úpravy,*
Cena – *Cena povrchové úpravy,*
ø OK – *Průměr oběžného kola,*
S – *Plocha lopaty.*

V horní části tabulce 6-3 jsou data popisující vybraný typ povrchové úpravy (Barva s Si plnivem) a její sazbu (16 Kč/cm^2). V dolní části tabulky je uveden obsah plochy oběžné lopaty KT (2346,32 cm^2).
Přímé náklady povrchové úpravy jednice produkce je možné stanovit pomocí vztahu 6.04.

$$Náklad\ jedn.\ PÚ = Sazba_{TYP} * Plocha\ lopaty = \cdots \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.04)$$

Legenda:
Náklad jedn. PÚ – *Náklady jednice povrchové úpravy lopaty,*
$Sazba_{TYP}$ – *Sazba Kč/cm^2 typu povrchové úpravy,*
Plocha lopaty – *Plocha lopaty v cm^2.*

Ve vztahu 6.05 jsou dosazeny hodnoty z tabulky 6-3.

$$Náklady\ jednnice\ PÚ = \ 16 * 2346{,}32 = \mathbf{37541{,}12}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.05)$$

Z výsledku vzorce 6.05 je zřejmé, že jednicový náklad produkce daného typu povrchové úpravy zadané specifikace je ***37 541,12 Kč***.

Rozváděcí lopata:

Při výpočtu jednicových materiálových nákladů na povrchovou úpravu rozváděcí lopaty je postupováno jako v případě oběžných lopat. Pro výpočet je využit vzorec 6.04 a tabulka 6-4.

Typ PÚ	Barva s Si plnivem
Cena	16 [Kč/ cm^2]
ø OK	S
1050 [mm]	1215,42 [cm^2]

Tabulka 6-4: Typ povrchové úpravy a jeho cena odlitku

Legenda:
Typ PÚ – *Typ povrchové úpravy,*
Cena – *Cena povrchové úpravy,*
ø OK – *Průměr oběžného kola,*
S – *Plocha lopaty.*

$$Náklady\ jednnice\ PÚ = 16 * 1215{,}42 = \mathbf{19446{,}72}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.06)$$

Z výsledku vzorce 6.06 je zřejmé, že jednicový náklad produkce daného typu povrchové úpravy zadané specifikace je ***19 446,72 Kč***.

2) Jednicové výrobní (technologické) náklady:

Oběžná lopata:

Mezi jednicové výrobní náklady patří všechny prováděné výkony, které je možné stanovit na jednotku produkce.
Pro potřeby stanovení jednicových nákladů kalkulačního vzorce byla použita následující data:

- Hodinové sazby technologií (soustružení, frézování, svařování, zámečnické práce),
- Celková doba výroby (bez manipulace),
- Podíl technologií na celkové době výroby.

Příklad dat potřebných pro stanovení jednicových výrobních nákladů je uveden v tabulkách 6-5, 6-6 a 6-7.

Hodinová sazba technologií				
ø OK	Soustružení	Frézování	Svařování	Zámečnické práce
1050 [mm]	1198 [Kč/h]	1338 [Kč/h]	946 [Kč/h]	1049 [Kč/h]

Tabulka 6-5: Hodinová sazba technologie soustružení při výrobě oběžných lopat

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

Celkový čas výroby	
ø OK	Oběžná lopata
1050 [mm]	29 [h]

Tabulka 6-6: Celkový čas výroby jedné oběžné lopaty

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

Procentuální podíl technologií na celkovém času výroby				
ø OK	Frézování	Soustružení	Svařování	Zámečnické práce
1050 [mm]	70 [%]	27 [%]	0 [%]	3 [%]

Tabulka 6-7: Procentuální podíl technologií na celkovém času výroby odlitku

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

Cena technologického zpracování jedné jednotky produkce je získána pomocí vzorce 6.07:

$$Jednicové\ náklady\ TZ = \sum_i^j \left(hodinová\ sazba\ technologie_{\ i} * \ hodinový\ podíl\ technologie_j\right) = \cdots \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \qquad (6.07)$$

Legenda:
Jednicové náklady TZ – *Přímé náklady technologického zpracování jednotky produkce,*
Hodinová sazba technologie – *Hodinová sazba výrobní technologie,*
Hodinový podíl technologie – *Hodinový podíl výrobní technologie na celkové době výroby jednice produkce.*

Aby bylo možné do vzorce dosadit hodnoty, je potřebné přepočítat data z tabulky 6-7 (procentuální podíly výrobních technologií na celkové době výroby) na hodinové podíly výrobních technologií na celkové době výroby.
V tabulce 6-6 je uvedeno, že celková doba výroba jedné oběžné lopaty je 29 hodin. Z toho plyne, že 29 hodin je 100% doby výroby. V tabulce 6-7 je uvedeno, že technologické operace frézování jsou prováděny z 70% z celkové výrobní doby, tomu odpovídá 20,3 hodin. Podobným způsobem jsou přepočtena data z tabulky 6-7 do tabulky 6-8.

Hodinový podíl technologií na celkovém času výroby				
ø OK	Frézování	Soustružení	Svařování	Zámečnické práce
1050 [mm]	20,3 [h]	7,83 [h]	0 [h]	0,87 [h]

Tabulka 6-8: Hodinový podíl technologií na celkovém času výroby

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

Upravením vzorce 6.07 dostaneme vzorec 6.08.

$$Jednicové\ náklady\ TZ = (Sazba_{FREZ} * Cas_{FREZ}) + (Sazba_{SOUS} * Cas_{SOUS}) + (Sazba_{SVAR} * Cas_{SVAR}) + (Sazba_{ZAMP} * Cas_{ZAMP}) = \cdots \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \qquad (6.08)$$

Legenda:
Jednicové náklady TZ – *Cena technologického zpracování výroby jedné oběžné lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm,*
$Sazba_{FREZ}$ – *Hodinová sazba technologie frézování,*
Cas_{FREZ} – *Hodinový podíl technologie na celkovém čase výroby,*
$Sazba_{SOUS}$ – *Hodinová sazba technologie soustružení,*
Cas_{SOUS} – *Hodinový podíl technologie na celkovém čase výroby,*
$Sazba_{SVAR}$ – *Hodinová sazba technologie svařování,*
Cas_{SVAR} – *Hodinový podíl technologie na celkovém čase výroby,*
$Sazba_{ZAMP}$ – *Hodinová sazba zámečnických prací,*
Cas_{ZAMP} – *Hodinový podíl zámečnických prací na celkovém čase výroby.*

Doplněním do vzorce 6.08 jsou získány náklady technologického zpracování jednotky produkce. Výpočet je uveden ve vzorci 6.09.

$$Jednicové\ náklady\ TZ = (1388 * 20{,}3) + (1198 * 7{,}83) + (946 * 0) + (1049 * 0{,}87) = \mathbf{38469{,}37}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.09)$$

Výsledek vzorce 6.09 říká, že cena technologického zpracování jedné oběžné lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je ***38 469,37 Kč***.

Rozváděcí lopaty:

Při výpočtu jednicových výrobních nákladů rozváděcí lopaty je postupováno jako v případě oběžných lopat. Pro výpočet je využit vzorec 6.08 a tabulky 6-9 a 6-10.

Celkový čas výroby	
ø OK	Rozváděcí lopata
1050 [mm]	14 [h]

Tabulka 6-9: Celkový čas výroby jedné oběžné lopaty

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

Hodinový podíl technologií na celkovém času výroby				
ø OK	Frézování	Soustružení	Svařování	Zámečnické práce
1050 [mm]	9,1 [h]	4,2 [h]	0 [h]	0, 7 [h]

Tabulka 6-10: Hodinový podíl technologií na celkovém času výroby

Legenda:
ø OK – *Průměr oběžného kola.*

$$Jednicové\ náklady\ TZ = (1388 * 9{,}1) + (1198 * 4{,}2) + (946 * 0) + (1049 * 0{,}7) = \mathbf{17800{,}3}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.10)$$

Výsledek vzorce 6.10 říká, že cena technologického zpracování jedné rozváděcí lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je ***17 800,3 Kč***.

Celkové jednicové náklady

Celkové jednicové náklady jsou dle schématu ekonomického vzorce uvedeného na obrázku 6-2 dány součtem jednicových materiálových a výrobních nákladů.

$$Celkové\ jednicové\ náklady\ = Náklady\ jedn.\ polotovaru + Náklad\ jedn.\ PÚ + Jednicové\ náklady\ TZ = \cdots\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.11)$$

Legenda:
Celkové jednicové náklady – *Celkové jednicové náklady (součet všech jednicových nákladů),*
Náklady jedn. polotovaru – *Jednicový náklad polotovaru,*
Náklad jedn. PÚ – *Jednicový materiálový náklad povrchové úpravy,*
Jednicové náklady TZ – *Jednicový výrobní náklad.*

Oběžná lopata:

Dosazením do vzorce 6.11 ze vzorců 6.02, 6.05 a 6.09 získáme výsledek celkových jednicových nákladů, který je uveden ve vzorci 6.12

$$Celkové\ jednicové\ náklady\ = 24300 + 37541{,}12\ + 38469{,}37 = \mathbf{100310{,}49}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right]$$

(6.12)

Výsledek vzorce 6.12 říká, že celkové jednicové náklady jedné oběžné lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je ***100 310,49 Kč***.

Rozváděcí lopata:

Dosazením do vzorce 6.11 ze vzorců 6.03, 6.06 a 6.10 získáme výsledek celkových jednicových nákladů, který je uveden ve vzorci 6.13

$$Celkové\ jednicové\ náklady\ = 5782 + 19446{,}72\ + 17800{,}3 = \mathbf{43029{,}02}\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.13)$$

Výsledek vzorce 6.13 říká, že celkové jednicové náklady jedné oběžné lopaty KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je ***43 029,02 Kč***.

Cena X lopat

Pomocí vzorce 6.14 jsou vypočítány náklady X lopat oběžných nebo rozváděcích lopat KT.

$$Náklady\ x\ lopat\ = Celkové\ jednicové\ náklady * počet\ lopat = \cdots\ \left[\frac{Kč}{Ks}\right] \quad (6.14)$$

Legenda:
Náklady x lopat – *Náklady na výrobu určitého počtu lopat,*
Celkové jednicové náklady – *Souhrn všech jednicových nákladů,*
Počet lopat – *Počet lopat dané konfigurace.*

Oběžné lopaty:

Dle konfigurace mají být vyrobeny celkem 4 oběžné lopaty. Dosazením do vzorce 6.14 je získána cena čtyř oběžných lopat KT pro průměr 1050 mm, který je zobrazen ve vzorci 6.15.

$$Náklady\ x\ lopat\ = 100310{,}49 * 4 = \mathbf{401242{,}96}\ [Kč] \quad (6.15)$$

Náklady na výrobu čtyř oběžných lopat KT je ***401 242,96 Kč***.

Rozváděcí lopaty:

Dle konfigurace má být vyrobeno celkem 12 rozváděcích lopaty. Dosazením do vzorce 6.14 je získána cena dvanácti rozváděcích lopat KT pro průměr 1050 mm, který je zobrazen ve vzorci 6.16.

$$Náklady\ x\ lopat\ = 43029{,}02 * 12 = \mathbf{516348{,}24}\ [Kč] \quad (6.16)$$

Náklady na výrobu dvanácti oběžných lopat KT je ***516 348,24 Kč***.

Hodnota dané konfigurace CZK

Celková hodnota kalkulace dané konfigurace se získá součtem vzorců 6.15 a 6.16. Součet vzorců je uveden ve vzorci 6.17.

$$Cena\ konfigurace = Náklady\ x\ lopat_{\ oběžné\ lopaty} + \ Náklady\ x\ lopat_{rozváděcí\ lopaty} = \cdots [Kč] \quad (6.17)$$

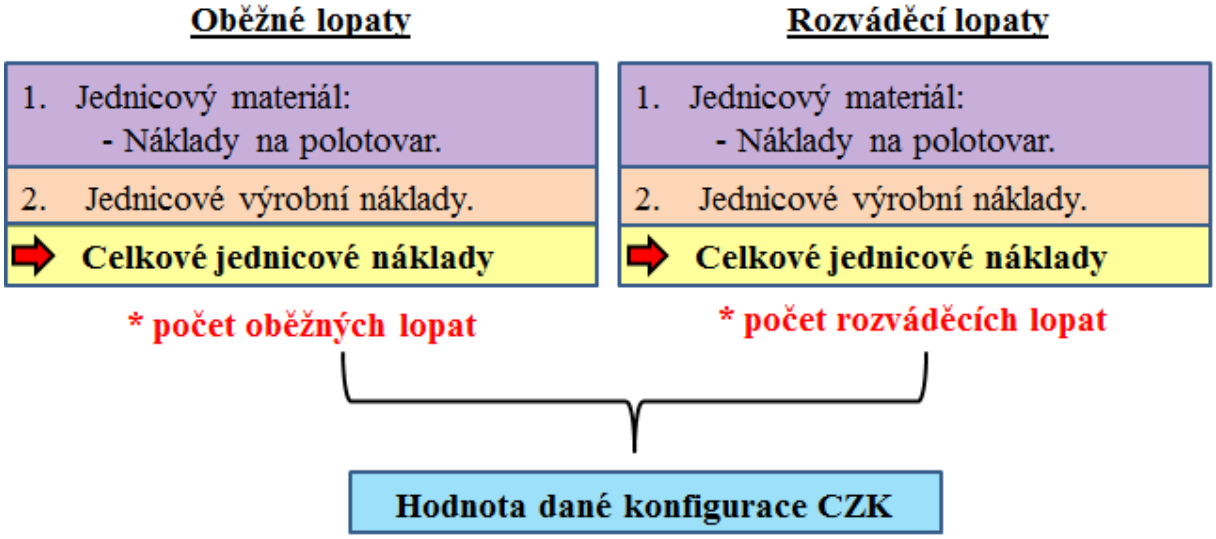
Legenda:
Cena konfigurace – *Celková cena výroby všech lopat KT,*
Náklady x lopat $_{\text{oběžné lopaty}}$ – *Náklady výroby X oběžných lopat KT,*
Náklady x lopat $_{\text{rozváděcí lopaty}}$ – *Náklady výroby X rozváděcích lopat KT.*

Dosazením hodnot ze vzorců 6.15 a 6.16 do vzorce 6.17 získáme vzorec 6.18.

$$Cena\ konfigurace = 401242{,}96 + \ 516348{,}24 = \mathbf{917591{,}2}[Kč] \quad (6.18)$$

Výroba čtyř oběžných lopat a dvanácti rozváděcích lopat KT pro průměr oběžného kola 1050 mm je dle vzorce 6.18 ***917 591,2 Kč***.

V případě konfigurace oběžných a rozváděcích lopat Francisových turbín není v ekonomickém vzorci uvažována povrchová úprava oběžných a rozváděcích lopat. Postup v případě FT je totožný. Na obrázku 6-3 je zobrazeno schéma ekonomického vzorce pro FT.



Obrázek 6-3: Ekonomický vzorec pro Francisovu turbínu

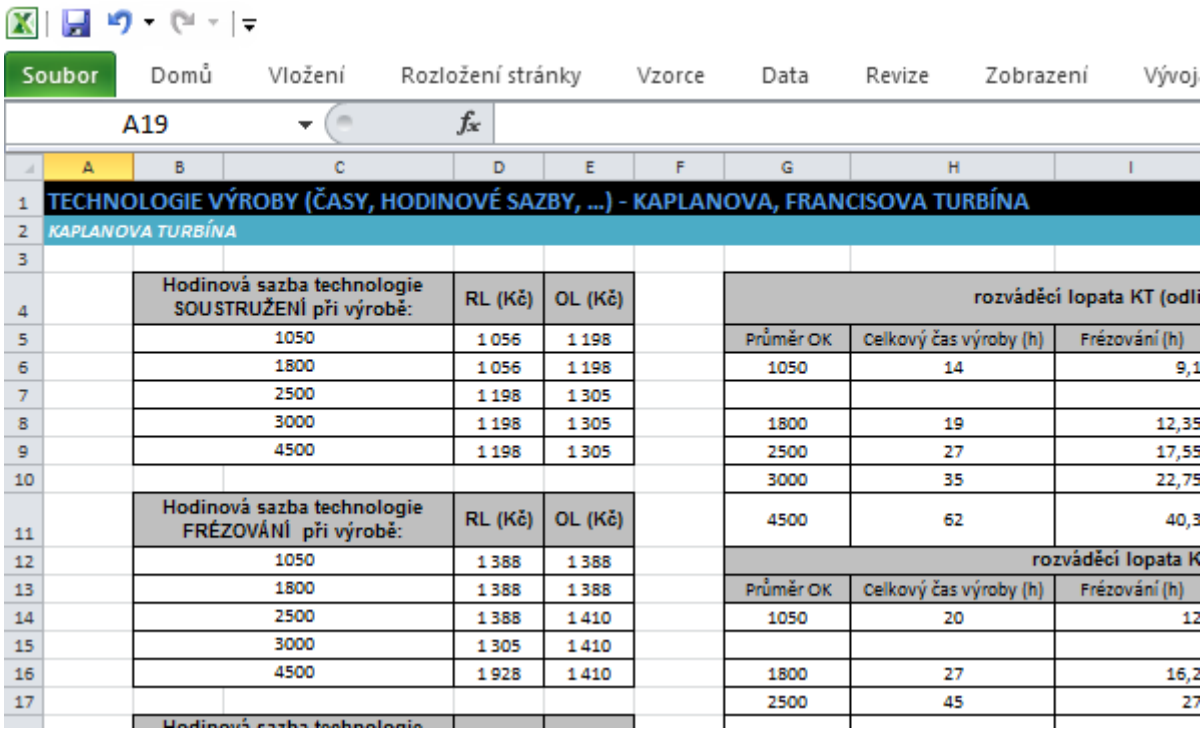
6.2 Struktura podpůrného software v MS Excel

Při návrhu struktury podpůrného software bylo přihlédnuto k vytvoření přehledného prostředí jak pro autora diplomové práce, tak i pro budoucí uživatele.
Podpůrný software v systému MS Excel je rozčleněn do několika listů:

- Algoritmus,
- Technologie – KT, FT,
- Volba materiálu – Vzorec,
- Volba materiálu – KT,
- Volba materiálu – FT,
- Povrchová úprava KT,
- Výpočty KT,
- Výpočty FT,
- Seznamy.

Algoritmus:
Na listu označeném jako „*Algoritmus*“ je naprogramováno uživatelské prostředí podpůrného software.

Technologie – KT, FT:
List „*Technologie – KT,FT*“ obsahuje data potřebná pro výpočet výrobních nákladů jednotlivých technologií. Jsou zde uvedeny hodinové sazby technologií, průběžné doby výroby aj.



TECHNOLOGIE VÝROBY (ČASY, HODINOVÉ SAZBY, ...) - KAPLANOVA, FRANCISOVA TURBÍNA

KAPLANOVA TURBÍNA

Hodinová sazba technologie SOUSTRUŽENÍ při výrobě:	RL (Kč)	OL (Kč)
1050	1 056	1 198
1800	1 056	1 198
2500	1 198	1 305
3000	1 198	1 305
4500	1 198	1 305

Hodinová sazba technologie FRÉZOVÁNÍ při výrobě:	RL (Kč)	OL (Kč)
1050	1 388	1 388
1800	1 388	1 388
2500	1 388	1 410
3000	1 305	1 410
4500	1 928	1 410

rozváděcí lopata KT (odli

Průměr OK	Celkový čas výroby (h)	Frézování (h)
1050	14	9,1
1800	19	12,35
2500	27	17,55
3000	35	22,75
4500	62	40,3

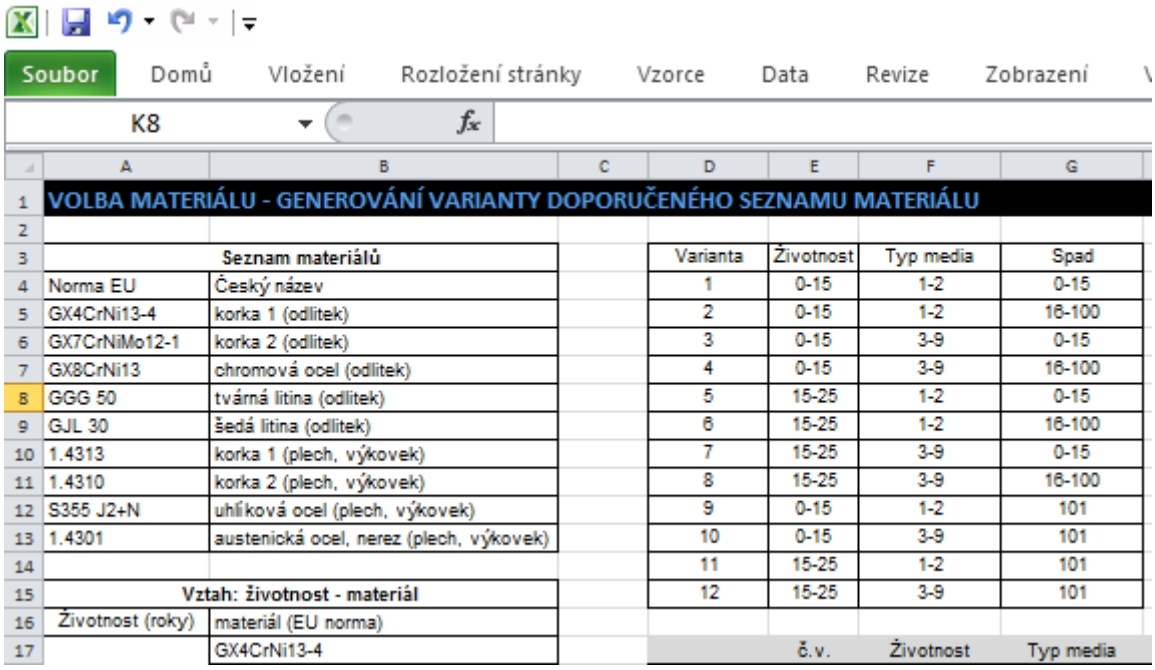
rozváděcí lopata K

Průměr OK	Celkový čas výroby (h)	Frézování (h)
1050	20	12
1800	27	16,2
2500	45	27

Obrázek 6-4: List Technologie KT, FT

Volba materiálu – Vzorec:

Výše uvedený list obsahuje důležitý algoritmus pro stanovení seznamu doporučených materiálů pro výrobu oběžných a rozváděcích lopat KT a FT na základě tří zvolených parametrů – Životnost lopat, Velikost spádu a Kvalita provozního média.



VOLBA MATERIÁLU - GENEROVÁNÍ VARIANTY DOPORUČENÉHO SEZNAMU MATERIÁLU

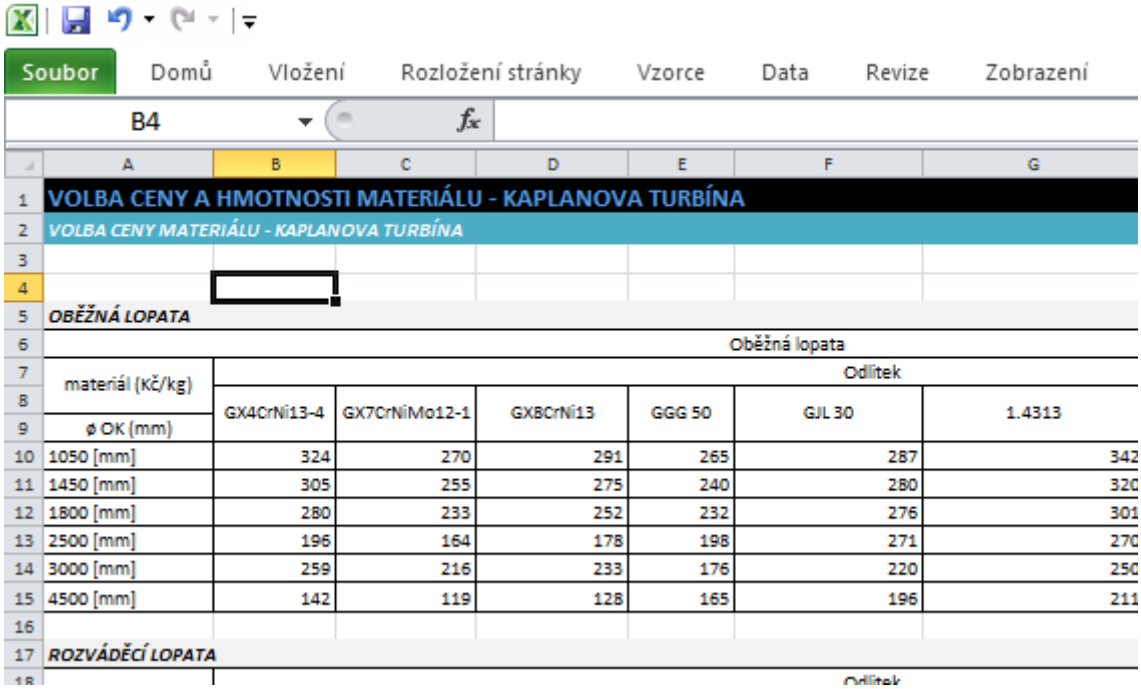
Seznam materiálů	
Norma EU	Český název
GX4CrNi13-4	korka 1 (odlitek)
GX7CrNiMo12-1	korka 2 (odlitek)
GX8CrNi13	chromová ocel (odlitek)
GGG 50	tvárná litina (odlitek)
GJL 30	šedá litina (odlitek)
1.4313	korka 1 (plech, výkovek)
1.4310	korka 2 (plech, výkovek)
S355 J2+N	uhlíková ocel (plech, výkovek)
1.4301	austenická ocel, nerez (plech, výkovek)

Vztah: životnost - materiál	
Životnost (roky)	materiál (EU norma)
	GX4CrNi13-4

Varianta	Životnost	Typ media	Spad
1	0-15	1-2	0-15
2	0-15	1-2	16-100
3	0-15	3-9	0-15
4	0-15	3-9	16-100
5	15-25	1-2	0-15
6	15-25	1-2	16-100
7	15-25	3-9	0-15
8	15-25	3-9	16-100
9	0-15	1-2	101
10	0-15	3-9	101
11	15-25	1-2	101
12	15-25	3-9	101
	č.v.	Životnost	Typ media

Obrázek 6-5: List Volba materiálu - Vzorec

Volba materiálu – KT:
Tento list obsahuje důležité algoritmy pro výběr ceny a hmotnosti zvolených materiálů. List obsahuje seznamy všech materiálů všech technologických postupů (Výroby z výkovku, Výroba z odlitku, …) jejich kilogramové ceny a hmotnosti pro Kaplanovu turbínu.

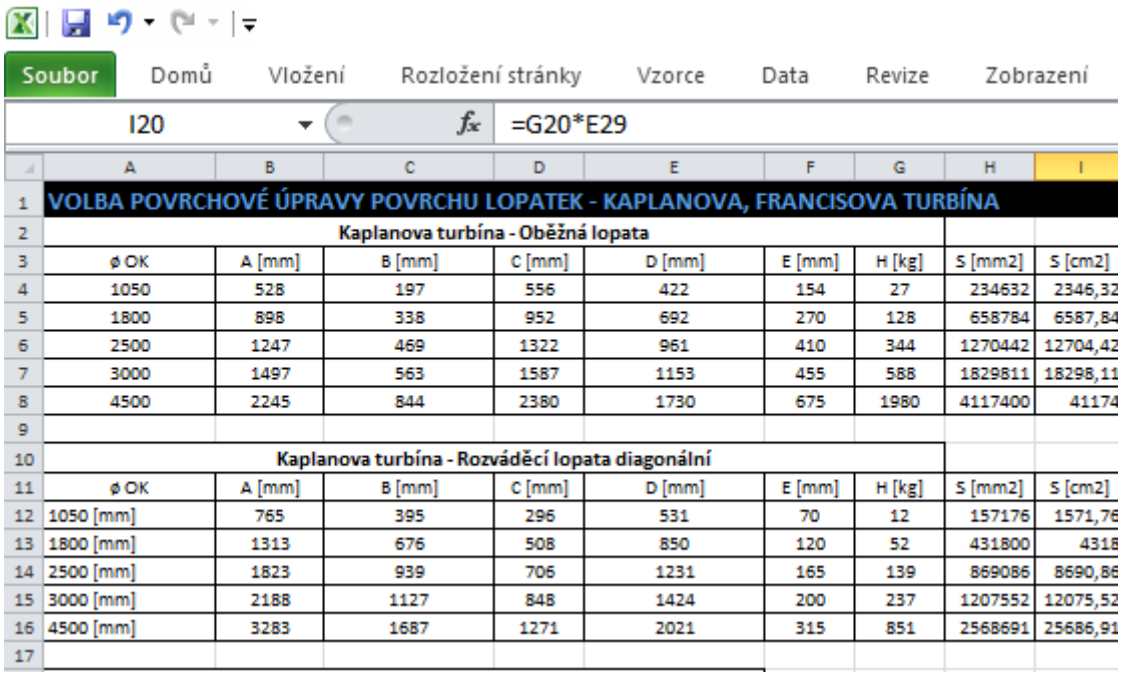


	A	B	C	D	E	F	G
1	VOLBA CENY A HMOTNOSTI MATERIÁLU - KAPLANOVA TURBÍNA						
2	*VOLBA CENY MATERIÁLU - KAPLANOVA TURBÍNA*						
3							
4							
5	***OBĚŽNÁ LOPATA***						
6					Oběžná lopata		
7	materiál (Kč/kg)				Odlitek		
8		GX4CrNi13-4	GX7CrNiMo12-1	GX8CrNi13	GGG 50	GJL 30	1.4313
9	ø OK (mm)						
10	1050 [mm]	324	270	291	265	287	342
11	1450 [mm]	305	255	275	240	280	320
12	1800 [mm]	280	233	252	232	276	301
13	2500 [mm]	196	164	178	198	271	270
14	3000 [mm]	259	216	233	176	220	250
15	4500 [mm]	142	119	128	165	196	211
16							
17	***ROZVÁDĚCÍ LOPATA***						

Obrázek 6-6: List Volba materiálu – KT

Volba materiálu – FT:
Algoritmicky téměř totožný list, pouze s jinými daty pro lopaty Francisových turbín.

Povrchová úprava KT:
List „*Povrchová úprava KT*“ obsahuje všechna data ohledně povrchové úpravy oběžných a rozváděcích lopat Kaplanových turbín. Jsou zde uvedeny rozměrové informace oběžných a rozváděcích lopat a sazby jednotlivých povrchových úprav.



Soubor | Domů | Vložení | Rozložení stránky | Vzorce | Data | Revize | Zobrazení

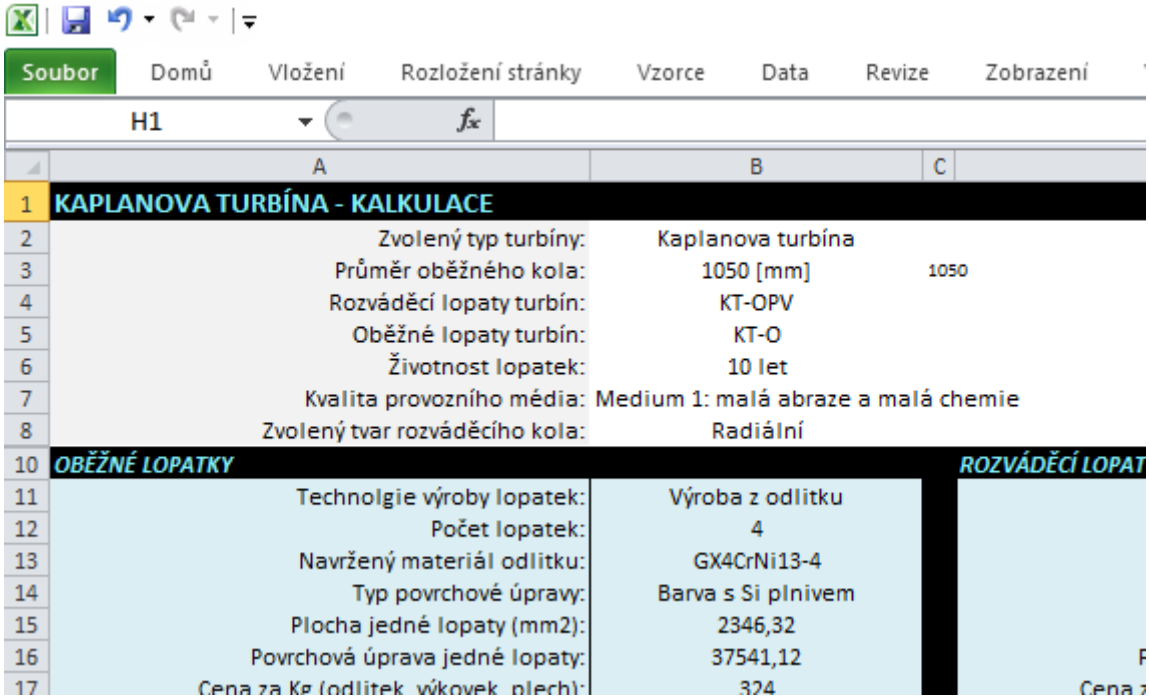
I20 | =G20*E29

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	VOLBA POVRCHOVÉ ÚPRAVY POVRCHU LOPATEK - KAPLANOVA, FRANCISOVA TURBÍNA								
2	Kaplanova turbína - Oběžná lopata								
3	ø OK	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	H [kg]	S [mm2]	S [cm2]
4	1050	528	197	556	422	154	27	234632	2346,32
5	1800	898	338	952	692	270	128	658784	6587,84
6	2500	1247	469	1322	961	410	344	1270442	12704,42
7	3000	1497	563	1587	1153	455	588	1829811	18298,11
8	4500	2245	844	2380	1730	675	1980	4117400	41174
9									
10	Kaplanova turbína - Rozváděcí lopata diagonální								
11	ø OK	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	H [kg]	S [mm2]	S [cm2]
12	1050 [mm]	765	395	296	531	70	12	157176	1571,76
13	1800 [mm]	1313	676	508	850	120	52	431800	4318
14	2500 [mm]	1823	939	706	1231	165	139	869086	8690,86
15	3000 [mm]	2188	1127	848	1424	200	237	1207552	12075,52
16	4500 [mm]	3283	1687	1271	2021	315	851	2568691	25686,91
17									

Obrázek 6-7: List Povrchová úprava KT

Výpočty KT:

List „*Výpočty KT*“ obsahuje ekonomický vzorec, jehož pomocí jsou generovány předběžné ceny kalkulací daných konfigurací pro lopaty Kaplanových turbín.



Soubor | Domů | Vložení | Rozložení stránky | Vzorce | Data | Revize | Zobrazení

H1

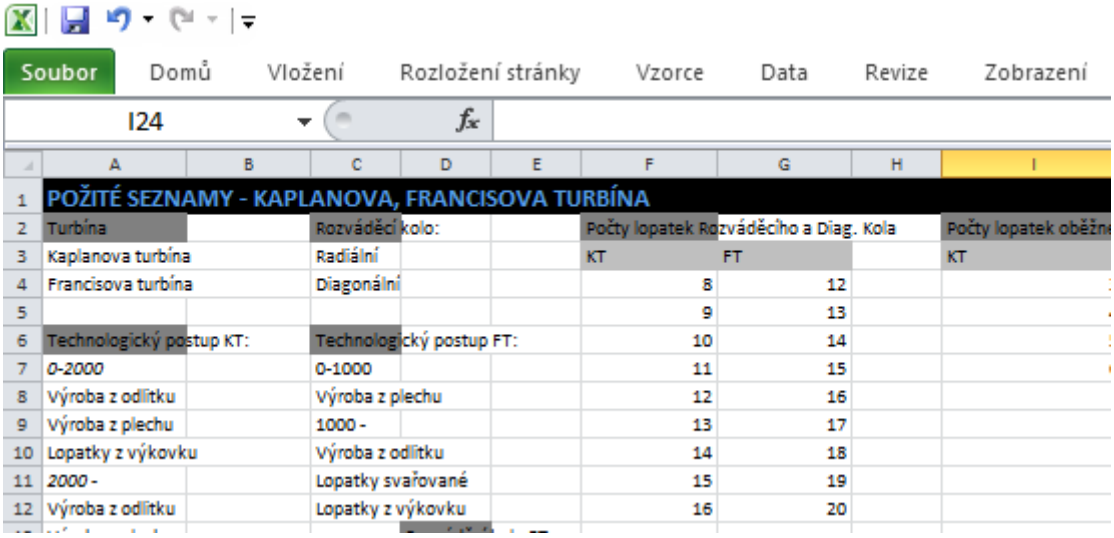
	A	B	C
1	KAPLANOVA TURBÍNA - KALKULACE		
2	Zvolený typ turbíny:	Kaplanova turbína	
3	Průměr oběžného kola:	1050 [mm]	1050
4	Rozváděcí lopaty turbín:	KT-OPV	
5	Oběžné lopaty turbín:	KT-O	
6	Životnost lopatek:	10 let	
7	Kvalita provozního média:	Medium 1: malá abraze a malá chemie	
8	Zvolený tvar rozváděcího kola:	Radiální	
10	OBĚŽNÉ LOPATKY		ROZVÁDĚCÍ LOPAT
11	Technolgie výroby lopatek:	Výroba z odlitku	
12	Počet lopatek:	4	
13	Navržený materiál odlitku:	GX4CrNi13-4	
14	Typ povrchové úpravy:	Barva s Si plnivem	
15	Plocha jedné lopaty (mm2):	2346,32	
16	Povrchová úprava jedné lopaty:	37541,12	
17	Cena za Kg (odlitek, výkovek, plech):	324	

Obrázek 6-8: List Výpočty KT

Výpočty FT:

Tento list je algoritmicky podobný listu „*Výpočty KT*“. Výsledky generované tímto listem jsou pro předběžné kalkulace nákladů výroby lopat FT.

Seznamy:
Jedná se o pomocný list, obsahující data, které jsou zobrazována pomocí funkce „*Seznamy*“ na jiných listech.

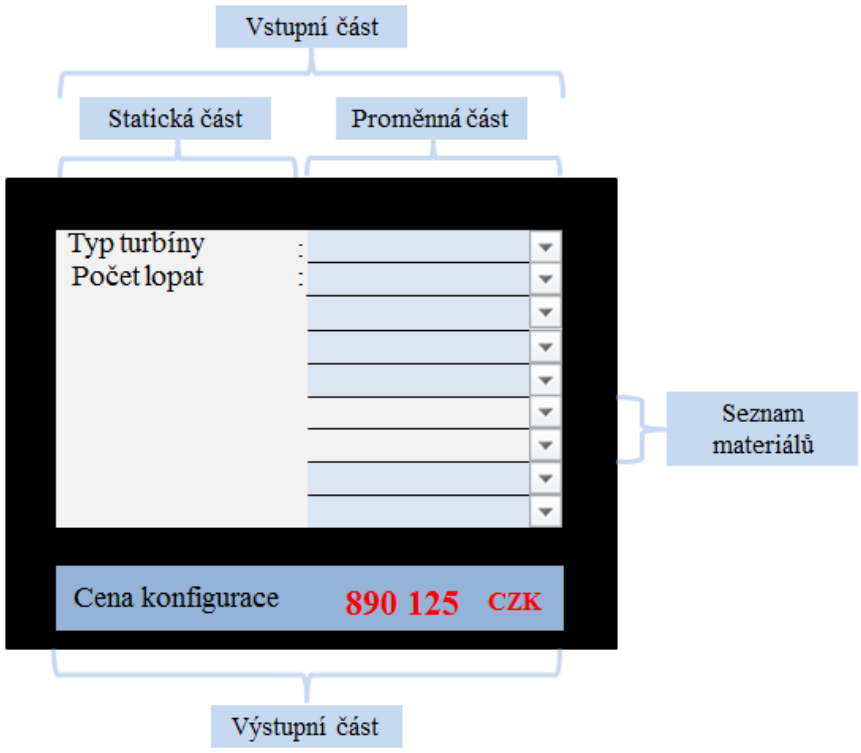


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	POŽITÉ SEZNAMY - KAPLANOVA, FRANCISOVA TURBÍNA								
2	Turbína		Rozváděcí kolo:			Počty lopatek Rozváděcího a Diag. Kola			Počty lopatek oběžn
3	Kaplanova turbína		Radiální			KT	FT		KT
4	Francisova turbína		Diagonální			8	12		
5						9	13		
6	Technologický postup KT:		Technologický postup FT:			10	14		
7	0-2000		0-1000			11	15		
8	Výroba z odlitku		Výroba z plechu			12	16		
9	Výroba z plechu		1000 -			13	17		
10	Lopatky z výkovku		Výroba z odlitku			14	18		
11	2000 -		Lopatky svařované			15	19		
12	Výroba z odlitku		Lopatky z výkovku			16	20		

Obrázek 6-9: List Seznamy

6.3 Návrh uživatelského prostředí software

Jedním z požadavků zadavatele projektu byl požadavek na uživatelskou přívětivost ovládacího prostředí, tedy interface software. Ke splnění tohoto požadavku bylo potřebné navrhnout jednoduché a přehledné uživatelské prostředí, kde bude na první pohled jasné, jak se má při vyplňování formuláře postupovat.
Návrh struktury uživatelského prostředí podpůrného software je uveden na obrázku 6-10.



Obrázek 6-10: Návrh struktury uživatelského prostředí

Návrh struktury uživatelského prostředí zobrazený na obrázku 6-10 je rozdělen do dvou základní částí a to:

- Vstupní část,
- Výstupní část.

Vstupní část uživatelského prostředí

Vstupní část uživatelského prostředí tabulkového formuláře slouží pro vstup dat do tabulkového formuláře. Vstupní část tabulkového formuláře je dále rozdělena na další dvě pod-části:

- Statická část,
- Proměnná část.

Statická část (neměnná část) vstupní části formuláře představuje postup při vyplnění tabulkového formuláře.

Jednotlivé body postupu uvedené v levé části vstupní části tabulkového formuláře byly vygenerovány z výstupu analýzy technických a ekonomických parametrů uvedené v kapitole 3.

Obsah statické části vstupní části tabulkového formuláře:

1) Volba typu turbíny***: Zvolte typ turbíny***,
2) Průměr oběžného kola: ***Zvolte průměr oběžného kola***,
3) Technologický postup výroby oběžných lopat: ***Zvolte technologický postup výroby oběžných lopat***,
4) Technologický postup výroby rozváděcích lopat: ***Zvolte technologický postup výroby rozváděcích lopat***,
5) Životnost lopat: ***Stanovte požadovanou životnost lopat***,
6) Kvalita provozního média: ***Stanovte kvalitu provozního média***,
7) Velikost spádu: ***Stanovte velikost spádu***,
8) Tvar rozváděcího kola: ***Zvolte tvar rozváděcího kola***,
9) Počet lopat oběžného kola: ***Stanovte počet lopat oběžného kola***,
10) Počet lopat rozváděcího kola: ***Stanovte počet lopat rozváděcího kola***,
11) Povrchová úprava lopat oběžného kola: ***Zvolte typ povrchové úpravy lopat oběžného kola***,
12) Povrchová úprava lopat rozváděcího kola: ***Zvolte typ povrchové úpravy lopat rozváděcího kola.***

Pomocí ***proměnné části*** vstupní části formuláře je možné „odpovědět“ na „otázky“ položené ve statické části.

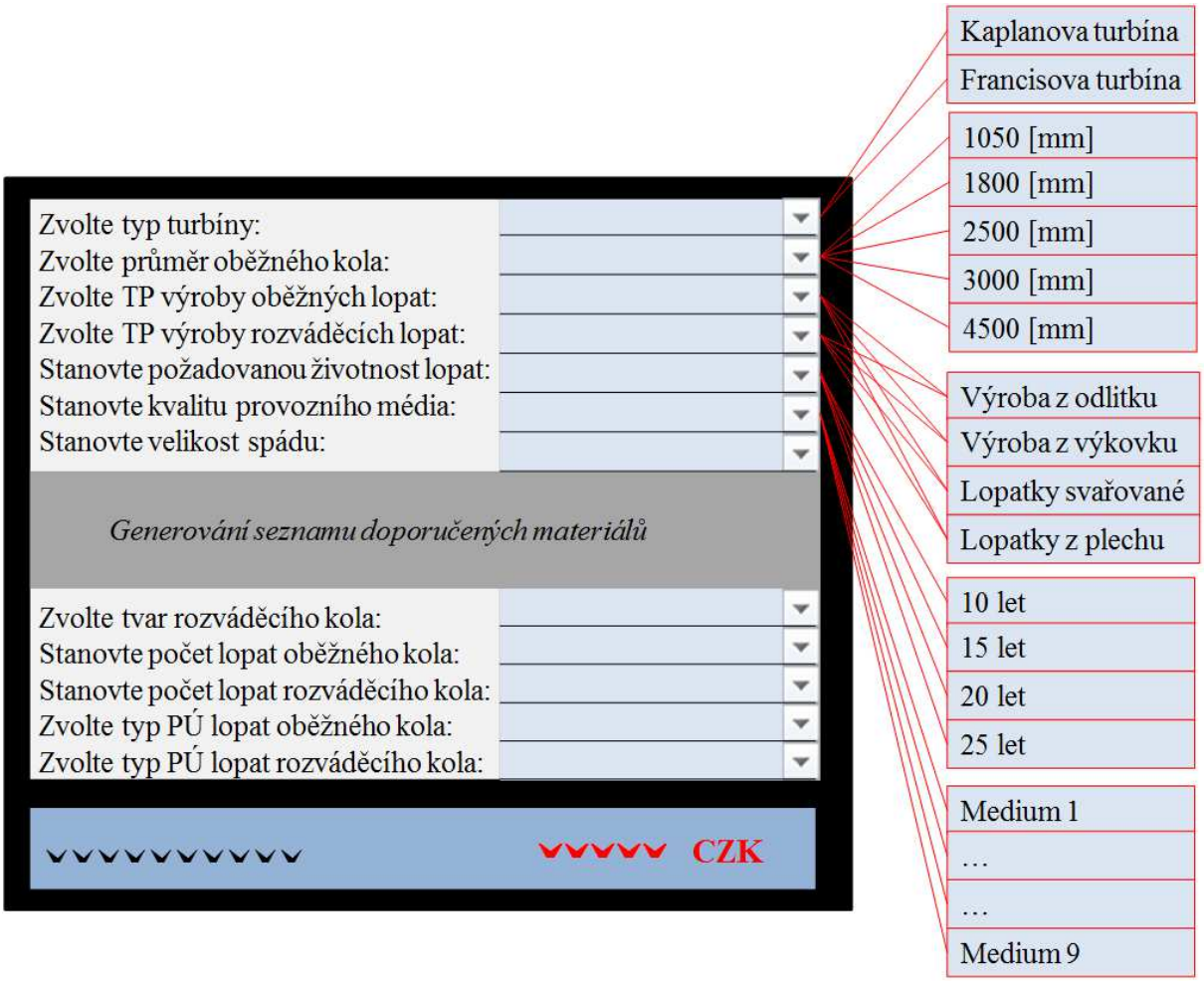
Pravá část (proměnná část) vstupního formuláře obsahuje seznamy předdefinovaných možností jednotlivých parametrů.

Důležitou částí proměnné části vstupní části uživatelského prostředí jsou automaticky generované seznamy doporučených materiálů (viz. obrázek 6-10 – „Seznam materiálů“). Tyto seznamy jsou generovány na základě specifikace tří technických parametrů (Životnost lopat, Kvalita provozního média, Velikost spádu), obrazně řečeno, po navolení parametrů u bodů 5), 6) a 7), tedy:

- Stanovení životnosti lopat,
- Zvolení kvality provozního média,
- Stanovení velikosti spádu,

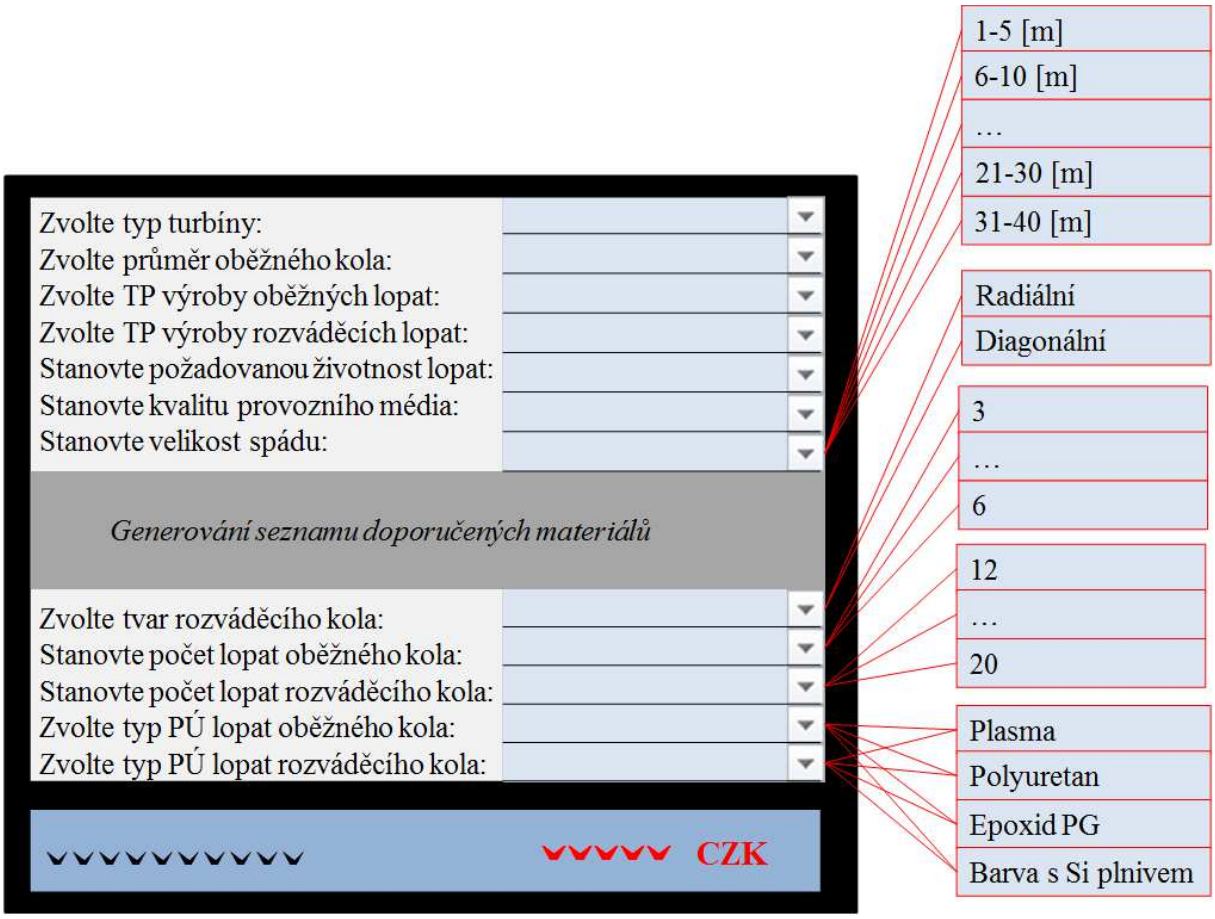
je algoritmem volby materiálu doporučen seznam vhodných materiálů, které odpovídají výše uvedeným parametrům.

Vstupní část interface je zobrazena na obrázcích 6-11A a 6-11B.



Obrázek 6-11A: Vstupní část interface tabulkového formuláře

Poznámka:
Body „Zvolte TP výroby oběžných lopat“ a „Zvolte TP výroby rozváděcích lopat“ obsahují stejné předdefinované možnosti.
Bod „Stanovte kvalitu provozního média“ obsahuje následující předdefinované možnosti: Medium 1, Medium 2, Medium 3, Medium 4, Medium 5, Medium 6, Medium 7, Medium 8, Medium 9.

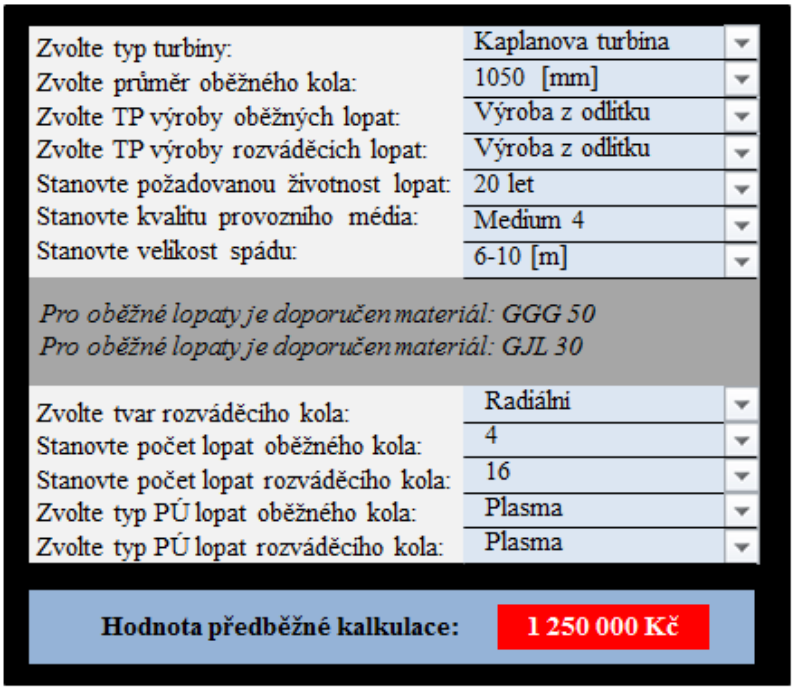


Obrázek 6-11B: Vstupní část interface tabulkového formuláře

Poznámka:
Body „Zvolte typ PÚ lopat oběžného kola“ a „Zvolte typ PÚ lopat rozváděcího kola“ obsahují stejné předdefinované možnosti.
Bod „Stanovte počet lopat oběžného kola“ obsahuje následující předdefinované možnosti: 3, 4, 5, 6.
Bod „Stanovte počet lopat rozváděcích kola“ obsahuje následující předdefinované možnosti: 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Jak již bylo uvedeno v rámci kapitoly 5 a analýzy technických a ekonomických parametrů rozváděcích a oběžných lopat KT a FT, existují určitá technická omezení, která ovlivňují možnosti výroby určitých specifikací výrobků.
Tato technická omezení bylo potřebné zanést do proměnné částí vstupní části interface. Tato omezení byla vytvořena pomocí základních funkcí software MS Excel.

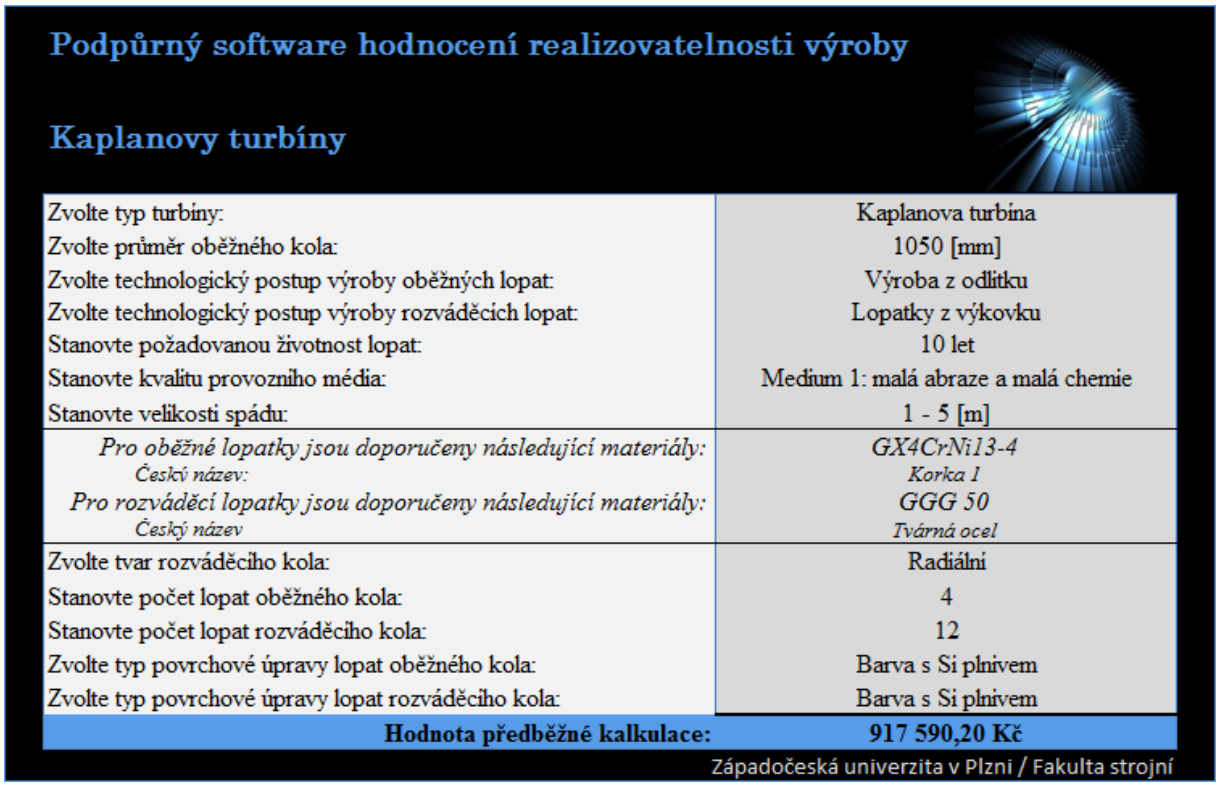
Výstupní část interface
Po zvolení vstupních dat formuláře, jsou tato data formulářem zpracována (resp. algoritmem ekonomického hodnocení) a ve výstupní části formuláře je zobrazena hodnota ceny předběžné kalkulace dané specifikace.
Na obrázku 6-12 je zobrazena určitá výrobní specifikace oběžných a rozváděcích lopat spolu s vygenerovanou hodnotou předběžné kalkulace.



Obrázek 6-12: Příklad vyplněného formuláře

Poznámka:
Jedná se o autorem smyšlenou specifikaci výrobku, proto výsledná cena předběžné kalkulace neodpovídá realitě.

Výsledná podoba uživatelského prostředí podpůrného software pro hodnocení realizace výroby rozváděcích a oběžných lopat Kaplanových a Francisových turbín je uvedena na obrázku 6-13.



Obrázek 6-13: Výsledná podoba interface software

Na obrázku 6-13 je zobrazena výsledná podoba uživatelského prostředí podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby oběžných a rozváděcích lopat KT a FT.
V pravé části (proměnné části vstupní části interface) je uvedena konfigurace oběžných a rozváděcích lopat KT, která byla počítána v rámci kapitoly 6.1 při definování ekonomického vzorce. Dle hodnoty předběžné kalkulace konfigurace uvedené na obrázku 6-13 shoduje s hodnotou vzorce 6.18

Administrační prostředí formuláře
Administrační prostředí formuláře slouží ke správě dat, které nejsou v průběhu času konstantní a mají vliv na přesnost výpočtu ceny předběžné kalkulace dané specifikace. V zásadě se jedná o data popisující ceny vstupních materiálů polotovarů, hodinové sazby technologií nebo také povrchových úprav.
Přístup k administračnímu prostředí tabulkového formuláře by měl mít pouze správce či administrátor databází tabulkového formuláře. Běžnému uživateli tabulkového formuláře je vstup do administračního prostředí tabulkového formuláře zamezen. Toto opatření je z důvodu zachování správné funkčnosti podpůrného software, protože běžný uživatel může ať už nechtěně svou neodbornou manipulací s daty nebo náhodnou změnou v některých ze vzorců algoritmu výpočtu způsobit, že budou generovány nesprávné výstupy.
Toto opatření je možné zavést buďto používáním víceuživatelského prostředí nebo jednoduchým uzamykáním dat tabulkového formuláře.
V případě řešeného podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti bylo po domluvě se zástupci společnosti přistoupeno k metodě uzamykání listů tabulkového software, pomocí kterých jsou vkládána data do software.
Jedná se o listy:

- Technologie – KT, FT,
- Volba Materiálu – Vzorec,
- Volba Materiálu – KT,
- Volba materiálu – FT,
- Povrchová úprava KT.

Zhodnocení a závěr

V současné době platí, že již není problém cokoliv vyrobit, ale problémem nastává při prodeji produktu. Při prodeji jakéhokoliv produktu hrají velkou roli cena a vlastnosti produktu. Je velmi důležité přihlédnout k tomuto faktu již v konstrukční fázi životního cyklu produktu a vybrat takové technologie, které zachovají všechny vrcholy tzv. magického trojúhelníku – Kvalita, Náklady, Čas v rozumné rovnováze.

Tématem této diplomová práce je „Návrh podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby turbín“.

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a vytvořit podpůrný software hodnotící realizovatelnost výroby oběžných a rozváděcích lopat Kaplanových nebo Francisových turbín, který po zadání vstupních dat vygeneruje výstup, který bude představovat cenu určité konfigurace oběžných a rozváděcích lopat Kaplanových nebo Francisových turbín. Tento podpůrný software bude sloužit jako jeden z rozhodovacích nástrojů pracovníků obchodního oddělení společnosti, který bude vyplňován se zákazníky společnosti.

Tohoto cíle bylo dosaženo pomocí základních funkcí tabulkového systému MS Excel, ve kterém byl podpůrný software pro hodnocení realizovatelnosti výroby lopat Kaplanových nebo Francisových turbín vytvořen.

Návrh tohoto software zasahoval do několika oblastí činností – výrobních (výrobní technologie a postupy), ekonomických (členění nákladů, druhy kalkulací) a postupu činností při návrhu software.

Tyto oblasti činností jsou popsány v rámci prvních dvou kapitol, které se zabývají strukturou produktů (jeho popisu a struktury), výrobními technologiemi, členění nákladů a druhy kalkulací.

V rámci kapitoly 4 byla provedena Analýza technických a ekonomických parametrů, která byla podkladem pro vytvoření podpůrného software pro hodnocení realizovatelnosti výroby lopat KT a FT. Po konzultaci se zástupci společnosti byla stanovena určitá technická a materiální omezení, tedy konfigurace, které není možné vyrobit z důvodu ať už technologických nebo ekonomických. Tato technicko-ekonomická omezení jsou jedním z výstupu Analýzy technických a ekonomických parametrů a jsou uvedena v kapitole 5.

Návrh a zpracování podpůrného software pro rozhodnutí o realizovatelnosti výroby oběžných a rozváděcích lopat Kaplanových a Francisových turbín je uvedeno v kapitole 6. Tato kapitola je rozčleněna do tří podkapitol, zabývající se jednotlivými fázemi zpracování podpůrného software (vytvoření ekonomického vzorce, struktura podpůrného software v MS Excel, návrh uživatelského prostředí software).

V podkapitole „Vytvoření ekonomického vzorce“ kapitoly 6, je popsán postup vytvoření algoritmu ekonomického hodnocení (ekonomického vzorce), je zde také uvedeno, že bylo nutné typový kalkulační vzorec upravit z důvodu kvality poskytnutých dat. Podkapitola „Struktura podpůrného software v MS Excel“ se zabývá popisem struktury podpůrného software (struktura listů, jejich popis a funkce). Třetí podkapitola se zabývá návrhem a realizací uživatelského prostředí podpůrného software.

Cíle praktické části diplomové práce bylo dosaženo spolu se zástupci společnosti a odborným vedením vedoucího této diplomové práce, kterým bych chtěl tímto způsobem za spolupráci při vytvoření této diplomové práce poděkovat.

Myslím si, že možnost realizace tohoto reálného projektu v praxi bylo pro autora diplomové práce velice přínosné.

ZDROJE

[1] EDL, M., *Metody půrmyslového inženýrství - Výroba,* [pdf] Plzeň : ZČU Plzeň.
[2] ŠIMON M., TRNKOVÁ L., *Logistika - teoretická část,* [E-learning] Plzeň : ZČU Plzeň, 2012.
[3] G, TOMEK a V, VÁVROVÁ, *Integrované řízení výroby,* Praha : Grada Publishing,a.s., 2014. 978-80-247-4486-5.
[4] KOPEČEK, P., *Modul 15 - Plánování a řízení výroby v digitálním podniku,* [eBook] Plzeň : ZČU Plzeň, 2012.
[5] „www.jungheinrich.cz," *Oficiální web společnosti Jungheinrich ČR s.r.o.* 3. 4 2013,
[6] ČEP, R., Osobní stránky doc. Roberta Čepa, Ph.D. (Technologie II), *VŠB - Technická Univerzita Ostrava,* retrieved 25. 11 2015 http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf.
[7] „SPŠ Kladno," *Výpočty strojních částí,* retrieved 10. 12 2015, http://sps.kvalitne.cz/index_soubory/Page431.htm.
[8] BEROUN, S., *Kapitola 4 - Úvod do strojírenství (učební texty),* [Dokument pdf] Liberec : Technická univerzita v Liberci, Katedra vozidel a motorů, 2001. 80-7083-538-9.
[9] HUNČOVÁ, M., *Manažerské účetnictví (základy),* místo neznámé : Mirago, 2007. 80-86617-34-3.
[10] KOTĚŠOVCOVÁ, J., JANOUŠKOVÁ, M., *Manažerské účetnictví v teorii a praxi,* Praha : Vysoká škola finanční a správní, 2007. 978-80-86754-92-5.
[11] POPESKO, B., *Moderní metody řízení nákladů,* Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2974-9.
[12] SYNEK, M., *Podniková ekonomika, 5. přepracované a doplněné vydání,* místo neznámé : C H Beck, 2010. 8074003361.
[13] HRADECKÝ, M., LANČA, J., ŠIŠKA, L., *Manažerské účetnictví,* Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 8024724715.
[14] VOCHOZKA, M., MULAČ, P., *Podniková ekonomika,* Praha : Grada Publishing a.s., 2012. 8024743728.
[15] SYNEK, M., *Manažerská ekonomika - 5., aktualizované a doplněné vydání,* Praha : Grada Publishing a.s., 2011. 9788024734941.
[16] BRYŠKA, T., *Kalkulace variabilních nákladů (aplikace teorie krycích příspěvků),* Brno : Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2006.
[17] BRUCKNER, T., VOŘÍŠEK, J., BUCHALCEVOVÁ, A., *Tvorba informačních systémů: Principy, metodiky, architektury,* Praha : Grada Publishing a.s., 2012. 9788024779027.
[18] „Wikipedia," *Otevřená enciklopedie,* 12. 10 2015, retrieved 12. 11 2015, https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodní_turbína.
[19] JOSEF, V, „Vodní turbíny," 01. 10 2015, retrieved 14. 11 2015, http://www.vodniturbiny.cz/index.php?linkid=00.
[20] „Malá voda - Abeceda malých vodních pohonů," *Francisova vertikální turbína ,* 14. 10 2015, retrieved 20. 11 2015, http://mve.energetika.cz/pretlakoveturbiny/francis-vertik.htm.

EVIDENČNÍ LIST

Souhlasím s tím, aby moje diplomová (bakalářská) práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum: Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou (bakalářskou) práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis