



Vyšší odborná škola a Střední průmyslová
škola elektrotechnická Františka Křižíka

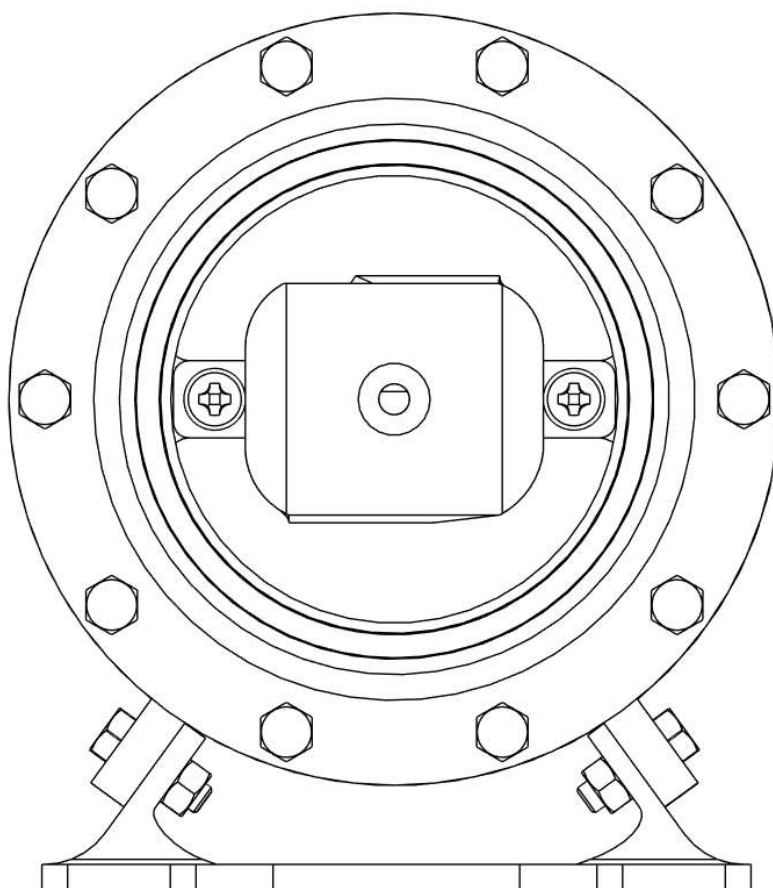
Návrh vlastní vrtule dle logických postupů a vlastního měření ve větrném tunelu

část 1.

Autor: Jakub Mališka 3B 2023/24

Obsah:

1. Úvod	
1.1 - Nápad a myšlenka.....	str. 3
1.2 - Provedení projektu.....	str. 3
2. Technická konstrukce pro měření	
2.1 - Materiál.....	str. 4
2.2 - Pevná konstrukce tunelu.....	str. 4
2.3 - Pohyblivá část tunelu.....	str. 6
2.4 - Motor.....	str. 7
2.5 - Regulace.....	str. 8
2.6 - Měřič (Anemometr).....	str. 9
3. Návrh vrtulí	
3.1 - Dané normalizované hodnoty.....	str. 9
3.2 - Princip návrhu vrtulí.....	str. 9



1. Úvod

- Tato práce je rozdělena na 2. části kdy první (tato) se zaměřuje na teoretické provedení návrhu a technické zpracování zatímco druhá část je zaměřena na výsledky měření a celkový návrh vlastní vrtule.

1.1 - Nápad a myšlenka

- Celkový nápad na tento projekt vznikl po tom co jsem dostal do rukou jeden motor. Jednalo se o univerzální motor na 230 V. Jelikož jsem chtěl vědět jak je tento motor silný a co dokáže, navrhnul jsem a vytisknul jednoduchý úchyt pro tento motor, a také čistě od oka náhodně vrtuli. Vrtuli jsem na těsně připevnil na hřídel motoru. Poté jsem do motoru pustil proud a po zrychlení na nominální otáčky vrtule vyletěla a rozletěla se mi po celém pokoji. Nakonec jsem zjistil, že se motor otáčel na druhou stranu než měl přepólováním vstupní fáze.
- Tento "test" mě přivedl na myšlenku, že bych chtěl tento nápad návrhu vrtule rozvést více. Avšak jelikož mám rád výzvy a radši praxi než studovat teorii, rozhodnul jsem se, že navrhnu vlastní bez žádné teoretické studie návrhu těchto vrtulí. Přeci jen jsem zatím jen elektrikář a ne letecký inženýr.

1.2 - Provedení projektu

- Pro návrh technických částí je použit softwaru Autodesk Fusion 360 zejména pro svou dobrou kooperaci s cloudem a sdílením projektu mezi více zařízeními.
- Projekt je proveden v rámci zájmového "kroužku" ve škole. K dispozici máme dvě 3D tiskárny Prusa MK4, které byly použity pro tisk navržených komponentů větrného tunelu a vlastních vrtulí.
- Vlastní měřicí tunel bude proveden s průhlednou trubkou uvnitř které bude umístěna na hřídeli daná vrtule pro přehledné pozorování funkčnosti. Trubka bude pohyblivá pro jednoduchou výměnu turbín. Na konci tunelu je umístěna měřicí část anemometru pro měření průtoku vzduchu tunelem.
- Naměřená data jsou zaneseny do statických grafů a následně informace z nich použity k dalšímu návrhu "novějších" generací vlastních vrtulí.

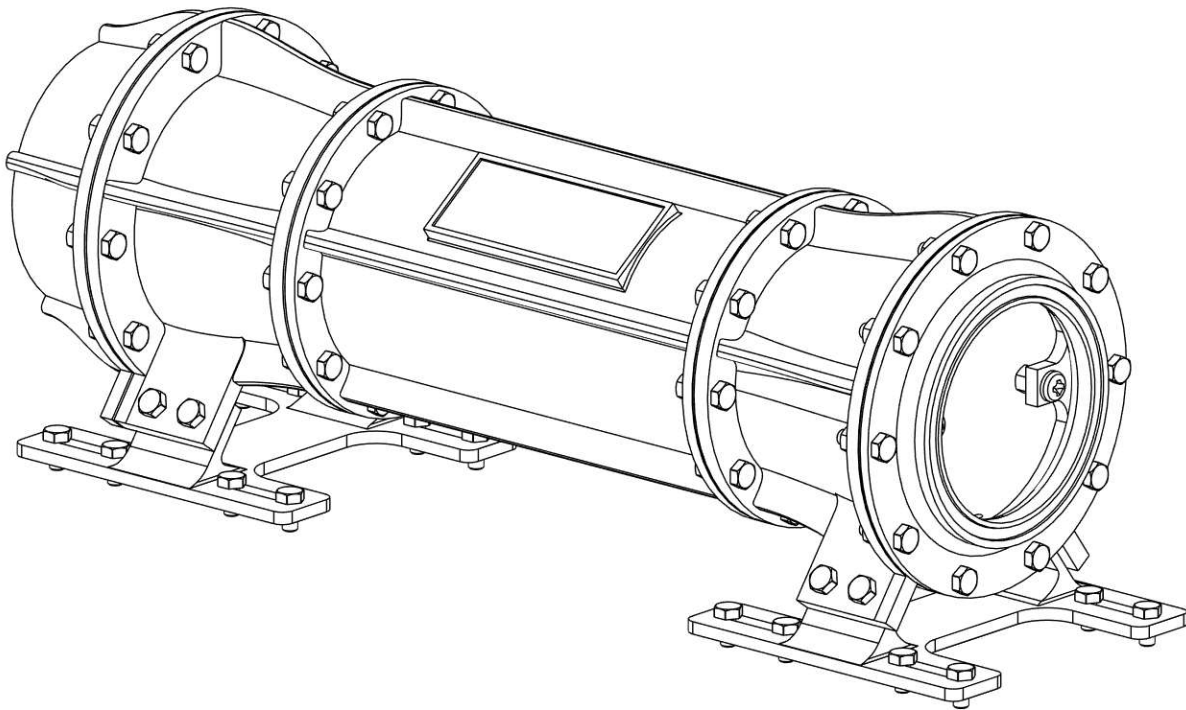


2. Technická konstrukce pro měření

2.1 - Materiál

- Celá konstrukce je převážně z plastových částí vytištěných na 3D tiskárně a kovového spojovacího materiálu
- Šedý materiál, z kterého jsou všechny viditelné části je čistě PETG od společnosti Nebula. Na tento projekt byly spotřebovány necelé 3 špulky tohoto filamentu, tedy necelá 3 kila.
- Těsnění, která jsou použita mezi spoji komponentů tunelu jsou vytištěna z materiálu TPU, přesněji Flex 506 od společnosti 3D Fox.

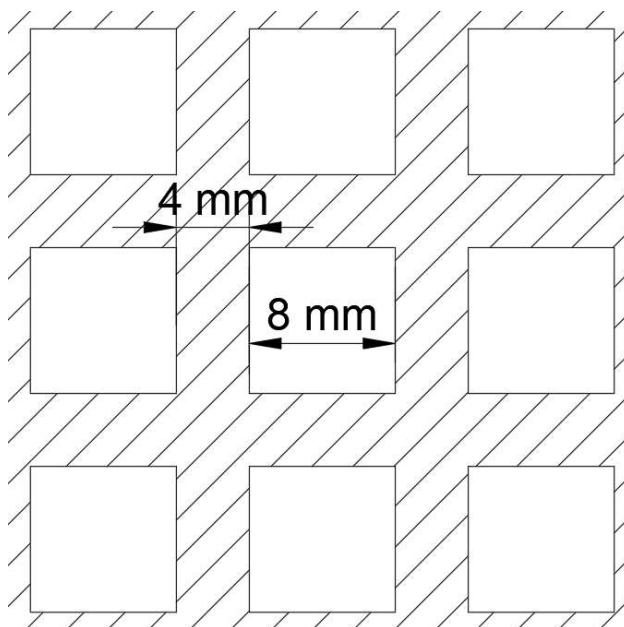
2.2 - Pevná konstrukce tunelu



Obr. č. 1 - Hlavní část pevné konstrukce tunelu

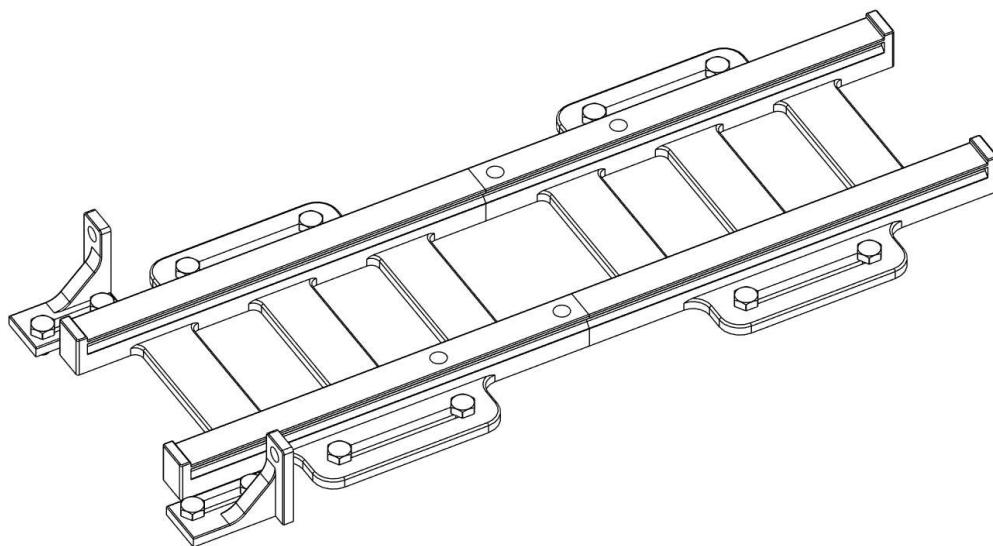
- Pevnou konstrukcí tunelu se myslí celá hlavní část kde je připevněn motor s turbínou, tak i koleje jenž drží pohyblivou část tunelu. Nezapočítávám zde ovládací panel.

- Hlavní konstrukce se skládá primárně z 7 pevných částí, 5 těsnění a spojovacím materiálem. Je přichycena k pevné podložce dvěma podstavci, které jsou navrženy tak, aby se daly přidělat na kovovou mříž, přidělenou k tomuto projektu. Rozměry mříže jsou zobrazeny na obrázku č. 2. Rozteč středů drážek pro uchycení je tedy 108 mm. Drážka je o šířce 7 mm určena pro šrouby M6 s určitou vůlí pro dorovnání nerovností. Každá podstava je tedy k mříži připevněna čtyřmi M6 šrouby stejnětak samotná konstrukce k podstavě.



Obr. č. 2 - Rozměry mříže.

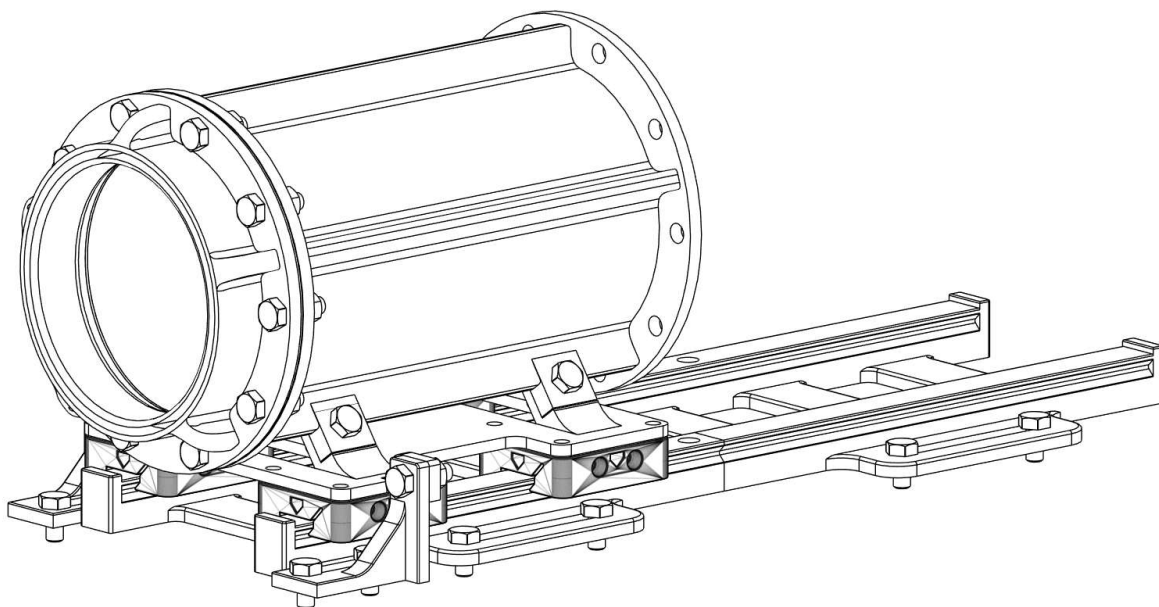
- V místech, kde je tunel přidělán k podstavám, jsou použity “redukce průměru”. To je tam z toho důvodu, že středová část tunelu je provedena průhlednou trubicí s určitým vnitřním průměrem. Tento průměr 93 mm máme jako standardní hodnotu pro šířku tunelu. Avšak v místě, kde je umístěn motor, je vnitřní průměr rozšířen, jelikož je motor sám o sobě dost velký, a tak by blokoval průchodu vzduchu v tunelu. Na druhé straně je zase redukce umístěna čistě z důvodu, aby tunel mohl nabírat více vzduchu než se dostane k motoru a vrtuli.
- Části jsou k sobě připevněny vždy desíti M6 šrouby rozmístěnými symetricky kolem dokola tunelu. Mezi všemi částmi jsou umístěna 1 mm široká těsnění, také vlastnoručně vytištěná na míru.
- Na středové části je ještě umístěn štítek se základními informacemi.



Obr. č. 3 - Koleje a upevňovací systém

- Kolejová část konstrukce slouží pro upevnění pohyblivých částí a jejich možnost manipulace. Jedná se o 2 na sebe navazující konstrukce připevněných k mříži každá čtyřmi šrouby, viz obr. č. 3. Tyto koleje jsou udělány pro vlastnoručně vytištěná lineární ložiska.
- Ještě se zde nachází 2 jednoduché komponenty které připevňují pohyblivou konstrukci na jedno dané místo, aby se při měření nemohla nikam hnout.

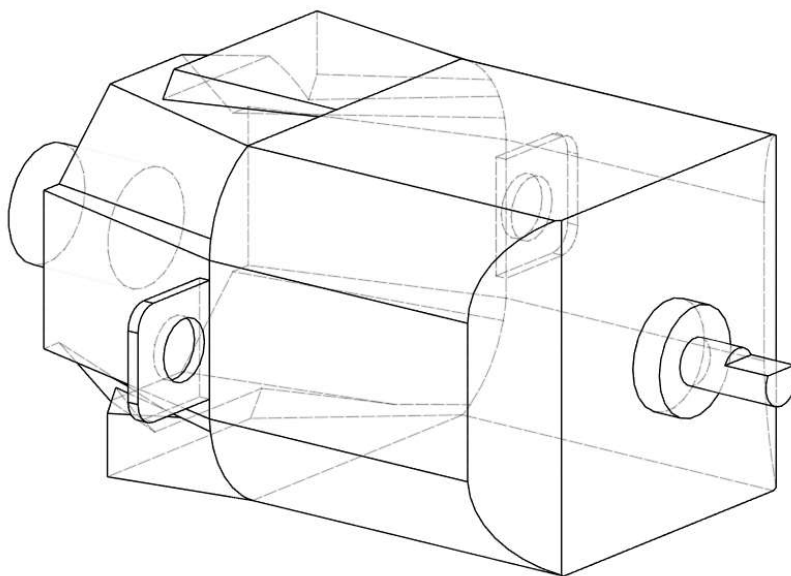
2.3 - Pohyblivá část konstrukce



Obr. č. 4 - Pohyblivá část konstrukce umístěna na kolejích

- Celá pohyblivá část se skládá primárně z ložisek, spojovací konstrukce ložisek, hlavní tunelové části pohyblivé konstrukce, upevňovací příruba pro transparentní trubku a upevnění měřící části anemometru.
- Ložiska jsou 4 a jedná se o ložiska ze stránky thingiverse.com s názvem "Square Rail Linear Ball Bearing" od 3DPRINTINGWORLD. Tyto ložiska používají 4,5 mm kovové broky pro vlastní pohyb. Každé ložisko jich potřebuje 40. Se spojovací konstrukcí jsou ložiska spojeny přes M4 šrouby a to tak, že v ložiscích jsou zataveny závitové vložky M4.
- Vrchní část tunelu je k této konstrukci přidělena opět čtyřmi M6 šrouby. Stejně jako u pevné konstrukce i zde jsou vrchní části tunelu k sobě připevněny přes těsnění deseti M6 šrouby. Průhledná trubka je přidělena k této konstrukci čistě přesným vytištěním a vtlačení do upevňovací konstrukce. A na konci se nachází tedy anemometr. Toto upevnění je adaptováno tak, aby veškerý vzduch procházel měřícím přístrojem. Je možné že se tento uchytavací mechanismus změní. Více informací v kapitole 2.6 - Měřič (Anemometr).

2.4 - Motor

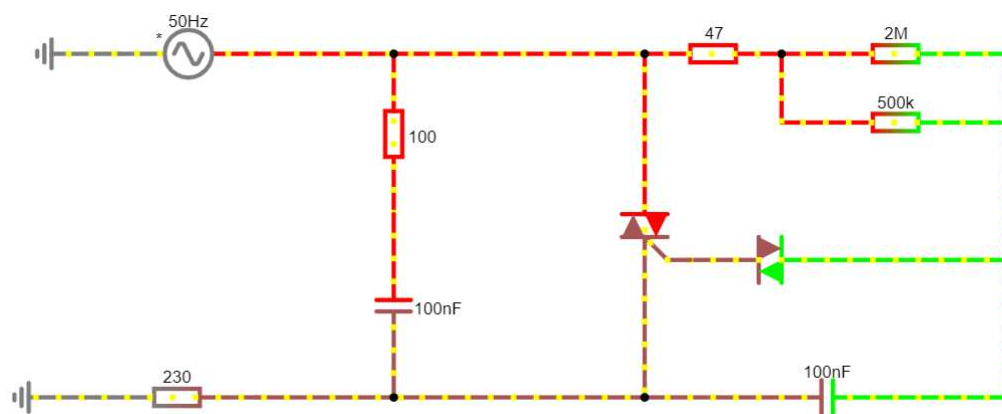


Obr. č. 5 - Hrubý náčrt motoru

- Motor, který je použit v tomto projektu, je typ univerzálního motoru. Tento motor je především určen na střídavé napětí 230 V a 50 Hz. Při připojení do sítě motor odebírá 0,5 A. To znamená že odebírá zdánlivý výkon 115 VA a když počítáme $\cos \phi = 0,7$, odebírá činný výkon 80,5 W. Všechny hodnoty při běhu na maximální výkon

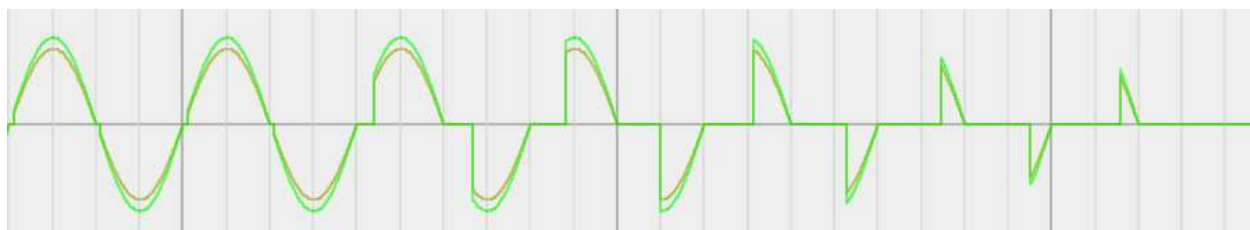
2.5 - Regulace

- Regulace otáček motoru je provedena jednoduše změnou efektivní hodnoty napětí. Toto si můžeme dovolit, protože se jedná o univerzální motor a ne třeba asynchronní. Je zde použit jednoduchý obvod, tzv. dimmer. Viz schéma na obr. č. 6.



Obr. č. 6 - Obvod pro regulaci otáček

- Tento obvod funguje tak, že "osekává" sinusový průběh napětí a proudu a tím se zmenšuje právě efektivní hodnota. Tento jev zařizuje součástka jménem triak. Výstupní napětí pak tedy vypadá jako na obr. č. 7. Na začátku vlevo je vidět výstup při nulovém odporu na potenciometru, tedy průběh sinusového napětí se nijak nemění. Na druhé straně je potenciometr na svém maximu 500 k Ω a obvod nepropouští žádný proud. Mezi tím je vidět jak se výstup chová při odporu potenciometru mezi těmito dvěma hodnotami.



Obr. č. 7 - Průběh výstupního napětí vystupujícího z regulačního obvodu

2.6 - Měřič (Anemometr)

- Přístroj, kterým měřím průtok vzduchu v tunelu, je Thermo-Anemometer. Model TL-A2 od společnosti FIXKIT. Jedna z důležitých informací je, že maximální rychlost měřitelná tímto anemometrem je 30 m/s. Až samotné měření odhalí zda navržené vrtule dosáhnou této rychlosti a budu muset změnit způsob měření
- Touto změnou myslím to, že momentálně všechen vzduch je proháněn měřicí částí, ale pokud dosáhneme tohoto limitu, změním konstrukci tak, aby vzduch nevycházel jen přes anemometr. Přeci Jen tento přístroj není navržen tak, aby byl součástí nějakého měřeného potrubí ale byl do něj vložen když už tak částečně.

3. Návrh vrtulí

3.1 - Dané normalizované hodnoty

- Nejprve je nutné si určit parametry, které nepřekročíme a pro které se budeme snažit navrhnout tu nejefektivnější možnou verzi vrtule.
- První hodnota, která bude statická je tloušťka vrtule. Ta bude dána na 36 mm.
- Další hodnotou je průměr. Průměr jsem určil jako 84 mm. To z toho důvodu že tento průměr měla moje první navržená vrtule od ruky a ta seděla do tunelu perfektně. Dále jde o to, že v konstrukci jsou určité nějaké nepřesnosti a jelikož se vrtule bude točit dost velkou rychlostí uprostřed průhledné trubky, to poslední co bych chtěl by bylo, aby vrtule tuto trubku poškrábala a poškodila zevnitř.
- Poslední normalizovanou hodnotou bude průměr středové osy vrtule. Ta bude 5,5 mm. Zde bude vrtule připevněna k hřídeli motoru.
- Všechny tyto hodnoty budou na vrtulích stejné a vše ostatní se budu snažit měnit pro co nejlepší výsledek.

3.2 - Princip návrhu vrtulí

- Můj vlastní postup pro návrhu vrtulí bude principem vypadat asi takhle. Nejprve konstatuji nějakou myšlenku, kterou si myslím, že se zvětší účinnost výkonu vrtule. Například nejprve se bude jednat o naklopení lopatek vrtule. Následně vytvořím 5 návrhů, každý trochu jiný v tomto principu. Pak měřením zjistím, zda je mezi těmito vrtulemi někde ideální model pro danou myšlenku, nebo mohu myšlenku posunout ještě dále a udělám další návrhy. A takto budu postupovat dokud nedostanu nejlepších výsledků.
- Těmito stupňům s "myšlenkami" říkám Generace, tedy první generace se bude zaměřovat na daný náklon lopatek. Všechny generace a myšlenkové postupy budou uvedeny v 2. části této práce.