

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Bc. Jan Němec

Analýza chlazení zážehových motorů

Diplomová práce

2017

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Němec**  
Osobní číslo: **D14507**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Analýza chlazení zážehových motorů.**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

Práci zaměřte na MKP výpočty (termo + flow) chlazení jedno válcových a dvou válcových zážehových motorů. Porovnejte chlazení kapalinou a vzduchem. Práci zaměřte nejen na účinnost chlazení (odvedené teplo), ale hlavně na optimální rozložení teplotního pole hlavy a víka válců.

Vypracovat:

1. Úvod
2. Popis stávající řešení chlazení u jedno válcových a dvou válcový zážehových motorů.
3. Stanovení vstupních parametrů teplotního zatížení.
4. Zvolení a popis konstrukčního řešení analyzované hlavy válců.
5. Na základě analýz původního řešení hlavy a víka válců navrhnout možnou optimalizaci.
6. Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran textu a přílohy

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- [1] ČSN EN 1993-1-9 (dříve ČSN 731401). Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-9: Únava. Česká technická norma. Český normalizační institut, 1998.  
[2] Shigley, J., E., Mischke, Ch., R., Budynas, R., G. Konstruování strojních součástí. Nakladatelství VUTIUM, VUT Brno, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Petr Tomek, Ph.D.


Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

Datum zadání diplomové práce: 15. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 26. května 2017

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2017

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Tato diplomová práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 24. 5. 2017

Bc. Jan Němec

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat své rodině za podporu po dobu celého studia. A samozřejmě děkuji i doc. Ing. Petrovi Tomkovi, PhD., který mou diplomovou práci vedl a pomohl mi mnoha cennými radami při řešení úskalí, které při práci vznikaly. Dále děkuji VVCD v Doubravících za možnost využití výpočetní techniky.

## ANOTACE

*Tato práce se zabývá chlazením jednoválcových, vzduchem chlazených, spalovacích motorů. V práci je řešena změna chladicího účinku a rozložení teplotního pole válce a víka motoru. V závěru je porovnání změny chlazení při několika konstrukčních změnách chladících žebër. Mění se šířka žebër, jejich rozestup i délka, a také je v jednom případě použit usměrňovač vzduchu.*

## KLÍČOVÁ SLOVA

*Motor, chladicí soustava, válec motoru, víko válce, teplo, teplotní pole, přestup tepla*

## TITLE

*Anylysis of cooling of petrol engine*

## ANNOTATION

*This work deals with the cooling of single-cylinder, air-cooled, combustion engines. The work deals with the change in the cooling and the distribution of the heat in the cylinder and the cylinder cover. There is comparison of the changes of cooling made by several structural changes of cooling fins. The width of the ribs, their spacing and their length are changed, and an air rectifier is used in one case.*

## KEYWORDS

*Engine, cooling system, cylinder, cylinder cover, heat, temperature field, heat transfer*

## Obsah

ÚVOD .....	- 11 -
1 CHLADÍCÍ SOUSTAVY .....	- 12 -
2 CHLAZENÍ KAPALINOU .....	- 13 -
2.1 Chlazení s nuceným oběhem kapaliny .....	- 13 -
2.1.1 Základní popis funkce chlazení .....	- 13 -
2.1.2 Jednotlivé komponenty chlazení .....	- 14 -
2.1.3 Výhody zmiňovaného chlazení .....	- 15 -
2.1.4 Nevýhody zmiňovaného chlazení .....	- 15 -
2.2 Samočinné kapalinové chlazení .....	- 15 -
2.2.1 Základní popis funkce chlazení .....	- 16 -
2.2.2 Výhody zmiňovaného chlazení .....	- 16 -
2.2.3 Nevýhody zmiňovaného chlazení .....	- 16 -
3 CHLAZENÍ VZDUCHEM .....	- 17 -
3.1 Náporové chlazení vzduchem .....	- 17 -
3.1.1 Základní popis funkce chlazení .....	- 17 -
3.1.2 Výhody zmiňovaného chlazení .....	- 18 -
3.1.3 Nevýhody zmiňovaného chlazení .....	- 18 -
3.2 Nucené chlazení vzduchem .....	- 19 -
3.2.1 Základní popis funkce chlazení .....	- 19 -
3.2.2 Výhody zmiňovaného chlazení .....	- 20 -
3.2.3 Nevýhody zmiňovaného chlazení .....	- 20 -
4 Úvod do problematiky praktické části .....	- 21 -
4.1 Základní vlastnosti motoru Jawa 175/356 .....	- 21 -
5 Výpočetní model .....	- 22 -
5.1 Skutečný model pro výpočet .....	- 22 -
5.2 Zjednodušený model pro výpočet .....	- 23 -
6 Vstupní hodnoty pro výpočet .....	- 24 -
6.1 Množství tepla ve spalovacím prostoru .....	- 24 -
6.2 Teplo od bloku motoru .....	- 25 -
6.3 Proudění vzduchu .....	- 25 -

7	Základní výpočtový model.....	- 26 -
7.1	Popis základního výpočtového modelu.....	- 26 -
7.2	Základní vstupní hodnoty.....	- 26 -
7.3	Popis výsledku – vnitřní strana válce.....	- 27 -
7.4	Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování .....	- 28 -
7.5	Proudění vzduchu.....	- 29 -
7.5.1	Proudění vzduchu – pohled z vnější strany.....	- 29 -
7.5.2	Proudění vzduchu – pohled z vnitřní strany.....	- 30 -
7.6	Zhodnocení výpočtu základního modelu motoru.....	- 30 -
8	Úprava modelu – prodloužení délky žeber .....	- 31 -
8.1	Popis úpravy modelu.....	- 31 -
8.2	Základní vstupní hodnoty.....	- 31 -
8.3	Popis výsledku – vnitřní strana válce.....	- 31 -
8.4	Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování .....	- 32 -
8.5	Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – delší žebra.....	- 32 -
9	Úprava modelu – větší mezery mezi žebry .....	- 33 -
9.1	Popis úpravy modelu.....	- 33 -
9.2	Základní vstupní hodnoty.....	- 33 -
9.3	Popis výsledku – vnitřní strana válce.....	- 33 -
9.4	Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování .....	- 34 -
9.5	Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – větší mezery mezi žebry .....	- 34 -
10	Úprava motoru – více žeber .....	- 35 -
10.1	Popis úpravy modelu.....	- 35 -
10.2	Základní vstupní hodnoty.....	- 35 -
10.3	Popis výsledku – vnitřní strana válce.....	- 35 -
10.4	Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování .....	- 36 -
10.5	Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – více žeber .....	- 36 -
11	Úprava motoru – usměrňovač vzduchu.....	- 37 -
11.1	Popis úpravy modelu.....	- 37 -
11.2	Základní vstupní hodnoty.....	- 37 -
11.3	Popis výsledku – vnitřní strana válce.....	- 37 -
11.4	Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování .....	- 38 -
11.5	Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – usměrňovač vzduchu .....	- 39 -
11.6	Zhodnocení všech úprav .....	- 39 -



12	Výpočet skutečného modelu .....	- 40 -
12.1	Popis modelu.....	- 40 -
12.2	Vstupní hodnoty .....	- 40 -
12.3	Popis výsledku – vnitřní strana válce.....	- 41 -
12.4	Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování .....	- 42 -
12.5	Zhodnocení výpočtu skutečného modelu.....	- 42 -
13	Závěr .....	- 43 -
14	Seznam zdrojů.....	- 44 -
15	Přílohy.....	- 45 -

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1. Schéma kapalinového chlazení s nuceným oběhem [1].....	14 -
Obrázek 2. Schéma samočinného kapalinového chlazení [1].....	15 -
Obrázek 3 Náporové chlazení vzduchem [1].....	18 -
Obrázek 4. Schéma nuceného chlazení vzduchem Tatra 930 NA T 815 [2].....	19 -
Obrázek 5. Technické parametry motoru Jawa 175/356 .....	21 -
Obrázek 6. Model motoru dle skutečných rozměrů a zaoblení .....	22 -
Obrázek 7. Zjednodušený výpočetní model bez zaoblení .....	23 -
Obrázek 8. Vstupní hodnoty zjednodušeného modelu zadané pro výpočet .....	26 -
Obrázek 9. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnitřní část .....	27 -
Obrázek 10. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnější část .....	28 -
Obrázek 11. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnější část – proudění .....	29 -
Obrázek 12. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnitřní část – proudění .....	30 -
Obrázek 13. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – delší žebra – vnitřní část ..	31 -
Obrázek 14. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – delší žebra – vnitřní část ..	32 -
Obrázek 15. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – větší mezery – vnitřní část-	33 -
Obrázek 16. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – větší mezery – vnitřní část-	34 -
Obrázek 17. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – více žeber – vnitřní část...	35 -
Obrázek 18. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – více žeber – vnější část ....	36 -
Obrázek 19. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – více žeber – vnitřní část...	37 -
Obrázek 20. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – deflektor – vnější část .....	38 -
Obrázek 21. Vstupní hodnoty skutečného modelu zadané pro výpočet .....	40 -
Obrázek 22. Teplotní pole skutečného výpočtového modelu – vnitřní část.....	41 -
Obrázek 23. Teplotní pole skutečného výpočtového modelu – vnější část .....	42 -

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – delší žebra.....	- 45 -
Příloha B. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – delší žebra .....	- 45 -
Příloha C. Tepl. Pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – větší mezery.....	- 46 -
Příloha D. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – větší mezery.....	- 46 -
Příloha E. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – více žeber .....	- 47 -
Příloha F. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – více žeber .....	- 47 -
Příloha G. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – deflektor.....	- 48 -
Příloha H. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – deflektor.....	- 48 -
Příloha I. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – skrytý deflektor .....	- 49 -
Příloha J. Tepl. pole skutečného výp. modelu – vnitřní část – proudění .....	- 50 -
Příloha K. Tepl. pole skutečného výp. modelu – vnější část – proudění.....	- 51 -
Příloha L. Výkresová dokumentace skutečného modelu motoru .....	- 52 -
Příloha M. Výkresová dokumentace zjednodušeného modelu motoru .....	- 53 -
Příloha N. Výkresová dokumentace zjed. modelu motoru v řezu .....	- 54 -
Příloha O. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – delší žebra .....	- 55 -
Příloha P. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – větší mezery žeber .....	- 56 -
Příloha Q. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – užší žebra.....	- 57 -
Příloha R. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – deflektor .....	- 58 -
Příloha S. Výkresová dokumentace skut. modelu motoru v řezu.....	- 59 -

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

H	Výhřevnost paliva	MJ/kg
l	Délka	mm
m	Hmotnost	g
$M_p$	Spotřeba paliva	kg/h
P	Tepelný výkon	W
t	Čas	s
T	Teplota	°C
V	Objem	l
v	Rychlost	m/s
$\rho$	Hustota	kg/m <sup>3</sup>

Základní vztahy: 1 m/s = 3,6 km/h; 1 dm<sup>3</sup> = 1 litr

# ÚVOD

V dnešní době téměř dokonalé techniky, velmi přesných snímačů, aktivní diagnostiky a mnoha elektronických prvků v motorových vozidlech se dá jen těžko hledat nedostatky v dávno probádaných odvětvích, kterým se lidé věnují od počátku vzniku vozidel. Jedním z těchto odvětví je bezpochyby chlazení.

Spalovací motor při své činnosti mění palivo chemickou reakcí na mechanickou práci. Spalováním směsi paliva a vzduchu v takzvaném stechiometrickém poměru by mělo palivo ideálně shořet bez škodlivých spalin. Vlivem uvolnění tepelné energie se zvýší tlak, který ve válci tlačí na píst a vzniká tak posuvný pohyb.

Při průběhu spalování se však přebytečné teplo musí bezpochyby odvádět, aby se válec, píst a ostatní části motoru udržely v provozní teplotě. Při překročení této teploty by mohlo dojít vlivem teplotní roztažnosti materiálu k vymezení vůlí a poškození motoru. Různé motory s rozdílným typem chlazení vyžadují jinou provozní teplotu. Rozdíly mohou být i v desítkách stupňů celsia.

Od dob, kdy byl vyroben první spalovací motor, jehož chlazení bylo řešeno triviálně, pouze prouděním okolního vzduchu, uběhlo už několik desítek let. Během této doby se vyvinulo několik možností, jak spalovací motory účinně chladit a také teplo ku prospěchu provozu využít. Tento výzkum probíhal v každé zemi samozřejmě jinak. Poznatky se šířily mezi jednotlivými technikami napříč světem. Různé země mají různé klimatické podmínky a tím pádem i jiné nároky na chlazení, v severních zemích může být spíše problém udržet motor v provozních teplotách, na poušti v extrémních podmínkách zase motor zchladit.

V této práci jsou porovnávány různé varianty chladících žebrování vzduchem chlazeného jednoválcového zážehového motoru. Porovnávají se různé typy žebrování, velikost a vzdálenost jednotlivých žebrování. Práce se zaměřuje nejen na účinnost chlazení (odvedené teplo), ale hlavně na optimální rozložení teplotního pole hlavy a víka válců. Vyobrazeny budou také rozdíly teplotního pole při výměně materiálu jednotlivých komponent motoru. S teplotním polem motoru je také vidět směr a teplota proudícího vzduchu, který skrz žebrování chladí válec motoru a spalovací prostor.

# 1 CHLADÍCÍ SOUSTAVY

Chlazení spalovacích motorů je nezbytně nutné k jejich správné funkci a vysoké životnosti. Můžeme ho rozdělit do dvou velkých skupin. Chlazení vzduchem a chlazení kapalinou. V případě vzduchem chlazeného motoru se chladí jeho součásti pouze obtékajícím vzduchem a teplo se tedy předá do okolního prostředí. V případě chlazení kapalinou se teplo od součástí motoru odvede kapalinou do chladiče. Z chladiče se teplo odvede do okolního prostředí. Hlavním rozdílem je, že kapalinové chlazení může být daleko lépe regulovatelné a tím pádem umí stabilizovat teplotu při velmi rozdílných tepelných podmínkách.

## **2 CHLAZENÍ KAPALINOU**

Jak už je z názvu patrné, jedná se o chlazení, kde se teplo odvádí do okolního prostředí pomocí chladící kapaliny. Kapalinové chlazení můžeme rozdělit na chlazení s nuceným oběhem kapaliny – s čerpadlem, a se samočinným oběhem kapaliny – bez čerpadla, takzvané termosifonové.

### **2.1 Chlazení s nuceným oběhem kapaliny**

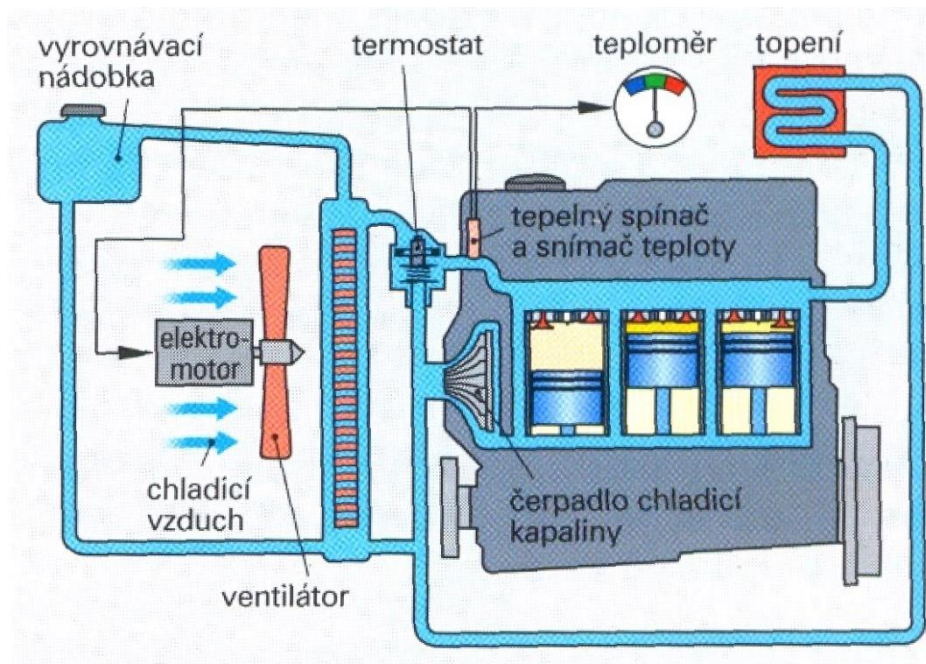
Je díky své konstrukční propracovanosti nejpoužívanějším typem chlazení u motorových vozidel vyráběných v dnešní době. Jeho obrovskou výhodou je možnost téměř plynulé regulace teploty.

#### **2.1.1 Základní popis funkce chlazení**

Chlazení probíhá cirkulací chladící kapaliny chladícími kanály motoru, kde se kapalina ohřívá, poté putuje hadicemi do horní části chladiče, kde se snižuje její teplota, ze spodní části chladiče je opět hadicemi přiváděna do chladících kanálů motoru. Kapalina je poháněna kapalinovým čerpadlem. Nutno také podotknout, že chlazení je složeno ze dvou okruhů, které dělí termostat. Prvním menším okruhem koluje kapalina při nezahřátém motoru, není přiváděna k chladiči. Postupným ohříváním kapaliny se termostat otvírá a kapalina se dostává k chladiči. Když je kapalina dostatečně ohřátá a nestihne se samovolně chladit, spouští se u chladiče ventilátor. Souhrou termostatu a ventilátoru můžeme zabezpečit nejrychlejší zahřátí motoru na provozní teplotu a také udržení jej při této teplotě.

### 2.1.2 Jednotlivé komponenty chlazení

Mezi jednotlivé komponenty patří vodní čerpadlo, které pohání kapalinu oběhem. Většinou je umístěno v bloku nebo na bloku motoru a je poháněno převážně plochým, drážkovaným nebo klínovým řemenem. Kapalinu pohání skrze kanály v hlavě a bloku motoru, kapalina tedy nesmí být agresivní k materiálům, se kterými je v kontaktu. Tím je i pryžové potrubí. Další důležitou součástí je termostat, který rozděluje dle teploty rozvod kapaliny buď malým, nebo velkým okruhem. V dnešní době se používají i vícestupňové termostaty, a tím pádem i více chladících okruhů. Termostat obsahuje tepelně roztažnou látku, často parafín, který se při ohřevu postupně roztahuje a tím posouvá uzavírací ventil. Při zahřátém motoru kapalina proudí do chladiče, který je v dnešní době vyroben z hliníkových slitin. Z nich jsou vytvořeny trubky v kruhovém nebo oválném průřezu a mezi nimi je navlečen vlnovec. Vždy je snahou co největší plocha pro odvod tepla. V blízkosti chladiče jsou pak jeden nebo dva ventilátory, které dříve byly poháněny mechanicky. Dnes jsou spínané elektronicky či přes viskózní spojku, která je závislá na teplotě oleje. V neposlední řadě nesmíme zapomenout na expanzní nádobku, která slouží jako ukazatel množství chladicí kapaliny a také jako její zásobník. Uzávěr nádobky je opatřen přetlakovým a podtlakovým ventilem, kdyby se v chladicí soustavě rapidně snížil nebo zvýšil tlak. A nakonec je soustava vybavena tepelným snímačem, který nám ukazuje teplotu v okruhu v kabinovém prostoru a případně i tepelným spínačem, pokud je ventilátor vybaven elektromotorem.



Obrázek 1. Schéma kapalinového chlazení s nuceným oběhem [1]



### 2.1.3 Výhody zmiňovaného chlazení

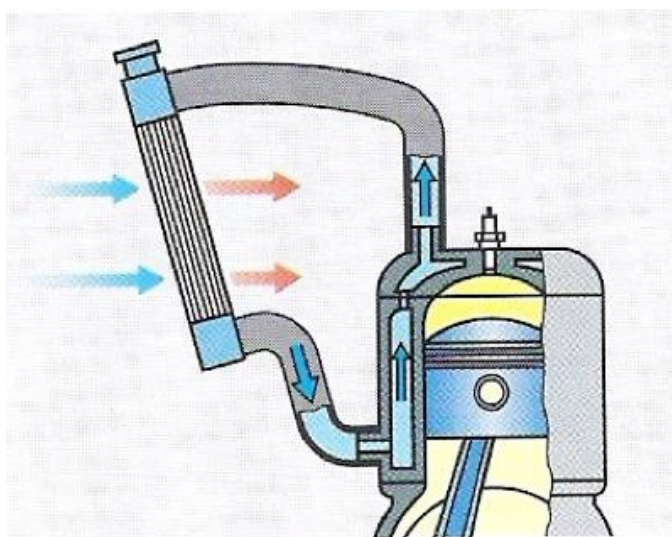
Mezi obrovské výhody patří už dříve zmiňovaná možnost poměrně přesné regulace při velkých teplotních rozdílech okolního prostředí. Tím pádem minimální odchylka teplot jednotlivých dílů a možná přesnější výroba jednotlivých součástí motoru, pístu, válce a jiných. Vzhledem k tomu, že kapalina proudí téměř okolo celého pláště válce, tak i značně tlumí hluk motoru. Na pohon vodního čerpadla a ventilátoru potřebujeme minimum energie. Teplá chladicí kapalina se dá využít do radiátoru pro ohřev kabinového prostoru a dá se také snadno elektrickým topným tělesem přehřívat.

### 2.1.4 Nevýhody zmiňovaného chlazení

K nespočtu výhod samozřejmě patří i nevýhody. K těmto nevýhodám patří vyšší nároky na prostor zástavby, tím i větší hmotnost nejen motoru. V zimním období se nesmí jako chladicí kapalina použít voda, která by mohla zamrznout a tím by mohla svou rozpínavostí poškodit jednotlivé součásti soustavy. Kapalinu je třeba dle daných intervalů při správné koncentraci měnit. Důvodem výměny je, že se kapalina časem okyseluje a rozkládají se látky zabraňující korozi. Nesmíme zaměnit typ chladicí kapaliny. Chladicí soustava také vyžaduje údržbu. Jejím zanedbáním může dojít například k úniku kapaliny, a tím k rozsáhlému poškození motoru.

## 2.2 Samočinné kapalinové chlazení

Samočinné kapalinové chlazení je v dnešní době téměř nepoužívané, je zastaralé a proti chlazení s nuceným oběhem má řadu nedostatků.



Obrázek 2. Schéma samočinného kapalinového chlazení [1]

### **2.2.1 Základní popis funkce chlazení**

Chladicí kapalina cirkuluje okruhem bez žádného urychlení čerpadlem. Využívá se tu fyzického jevu, že teplá chladicí kapalina má nižší hustotu, a tudíž vstoupá vzhůru. Od motoru je přivedena do horní části chladiče, kde se postupně ochlazuje a klesá níž. Ze spodní části chladiče je pak chladicí kapalina přiváděna do spodní části motoru. Všechny komponenty chlazení jsou obdobné jako u chlazení s nuceným oběhem chladicí kapaliny.

### **2.2.2 Výhody zmiňovaného chlazení**

Tento typ chlazení má výhodu v tom, že u něho odpadá čerpadlo, tudíž je konstrukčně jednodušší, ale bohužel má spoustu nevýhod.

### **2.2.3 Nevýhody zmiňovaného chlazení**

Nevýhod oproti téměř dokonalému chlazení s nuceným oběhem chladicí kapaliny je spousta. Aby byl chladicí účinek dostačující, musí mít soustava větší objem chladicí kapaliny. Chladič musí být od motoru umístěn nahoře, abychom docílili oběhu chladicí kapaliny, a musí mít větší rozměry, aby se kapalina stíhala chladit. Teplota motoru je nerovnoměrná, protože se v horní části se stoupající teplou kapalinou zvyšuje teplota. Z těchto důvodů se chlazení v dnešní době používá maximálně u malých motocyklů nebo téměř vůbec.

### **3 CHLAZENÍ VZDUCHEM**

U tohoto druhu chlazení se teplo odvádí do okolního prostředí přímo proudícím vzduchem okolo součástí motoru. Vzduch můžeme nechat proudit samovolně, v závislosti na rychlosti pohybu, případně ho nasměrovat. U stacionárních motorů nebo u motorů v pomalu se pohybujících vozidlech vytváříme proud vzduchu ventilátorem. U starších motocyklů, kde toto chlazení bylo často využíváno, se víření vzduchu neuplatňovalo, protože se motocykly méně ohřívaly a pohybovaly svižně. Kdežto třeba nákladní vozy vzduchem chlazené musely mít cirkulaci vzduchu zařízenou ventilátorem. Mnohdy se stalo, že automobily jen přejížděly po staveništi a do vysoké rychlosti, kde by se proudění zlepšilo, se nedostali. Tento druh chlazení tedy rozdělujeme na náporové chlazení a nucené chlazení.

#### **3.1 Náporové chlazení vzduchem**

Náporové chlazení vzduchem je nejspíše jedno z prvních druhů chlazení, není k jeho funkci třeba mnoho komponent. Aby však chlazení fungovalo, musí se vozidlo pohybovat, aby v okolí motoru proudil vzduch.

##### **3.1.1 Základní popis funkce chlazení**

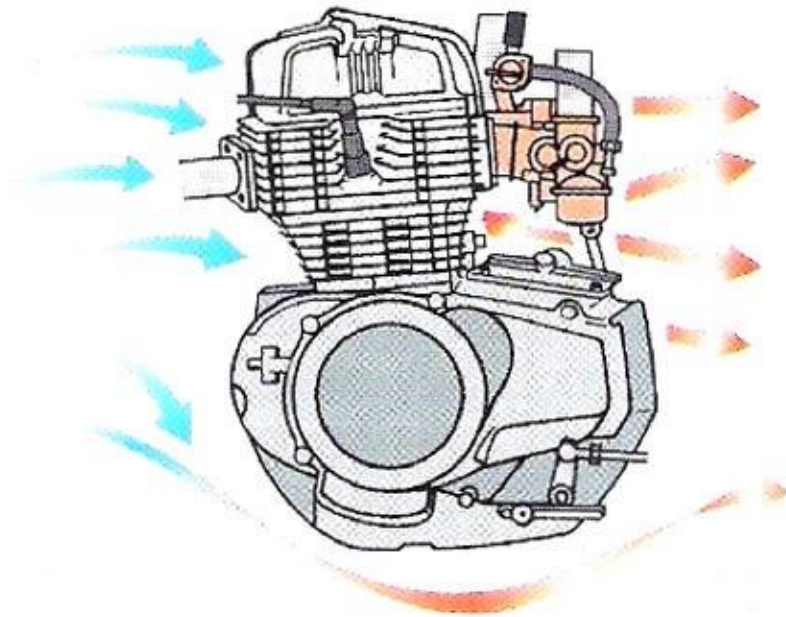
Převod tepla do ovzduší je proveden přes chladicí žebra, která jsou z pravidla vytvořena na hlavách válců a na válcích. Z ostatních částí je pak teplo odvedeno přímo z povrchu. Při jedoucím vozidle pak proudící vzduch odebírá ze žeber přebytečné teplo. Samozřejmě s minimálním zatížením může motor fungovat i bez pohybu.

### 3.1.2 Výhody zmiňovaného chlazení

Výhodou tohoto chlazení je jednoduchá konstrukce chlazení, bez přidání dalších komponent, které zvyšují cenu i hmotnost.

### 3.1.3 Nevýhody zmiňovaného chlazení

Obrovskou nevýhodou tohoto typu chlazení je nemožnost regulace. Proto mají v náročnějších podmínkách a ve vyšších zatíženích takto chlazené motory malou životnost. Žebra je potřeba udržovat čistá, tak aby co nejlépe odváděla teplo, ale přesto má motor jako celek velmi rozdílné teploty.



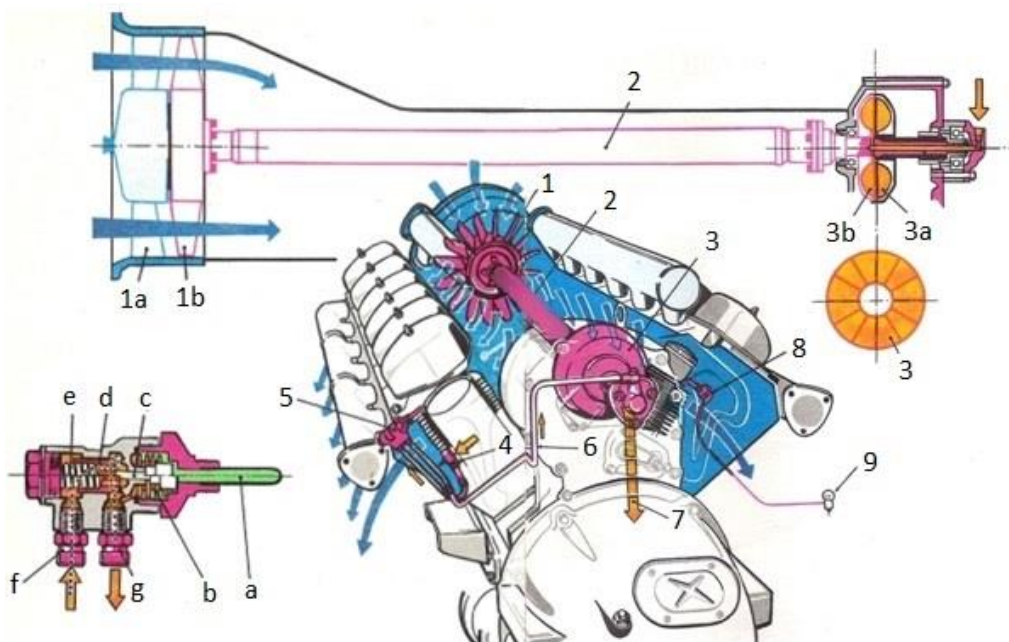
Obrázek 3 Náporové chlazení vzduchem [1]

## 3.2 Nucené chlazení vzduchem

Nucené chlazení vzduchem je v současné době používanější než chlazení náporové. Používá se například u malých motorů v pracovních strojích (sekačky, křovinořezy, pily). A doposud je u velkých nákladních automobilů používá firma Tatra, která vyvíjí motory i se splněním přísných emisních norem Euro 6.

### 3.2.1 Základní popis funkce chlazení

Nucené chlazení vzduchem potřebuje ke své funkci ventilátor, kterým se buď neregulovaně, nebo regulovaně mění vzduch v motorovém prostoru. Možností, jak pohánět ventilátor, je mnoho. Buď jak bylo zmíněno, neregulovatelně, to je při stálém připojení například klínovým řemenem. Nebo regulovatelně, přes kapalinové spojky a hřídele, kde můžeme dle teploty regulovat spuštění ventilátoru. U malých motorů v pracovních strojích bývá ventilátor součástí například zapalování. Důležité je také vhodnou kapotáží zařídit možnost rovnoměrného rozvodu chladicího vzduchu.



Obrázek 4. Schéma nuceného chlazení vzduchem Tatra 930 NA T 815 [2]

1a - rozváděcí kolo; 1b - axiální ventilátor; 2 - hnací hřídel; 3b – hydromechanická spojka; 3a - hnací část kapalinové spojky; 5 - termostatický ventil kapalinové spojky; a – čidlo; b - vlnovec termostatického ventilu; c,d - otvírací ventily; e - vratná pružina;

### **3.2.2 Výhody zmiňovaného chlazení**

Mezi výhody se řadí absence chladicí kapaliny, o kterou se není třeba starat, protože teplo je přenášeno přímo do okolního prostředí. Tato soustava se považuje za konstrukčně jednoduchou, s tím se pojí i její snadná údržba. Motor dosahuje rychleji pracovních teplot a chlazení je spolehlivější v náročnějších podmínkách.

### **3.2.3 Nevýhody zmiňovaného chlazení**

Toto chlazení zajisté ale provází několik nevýhod. Motor jako celek má na jednotlivých místech rozdílné teploty, které bohužel mohou ještě velmi kolísat, tudíž se motor musí vyrábět s většími provozními vůlemi. Rychleji sice dosahuje pracovních teplot, ale pokud není zahříván pozvolna, vlivem teplotní roztažnosti se motor snadněji poškodí. Motor je i více zatížen právě pohonem ventilátoru. Z důvodu absence chladicí kapaliny je motor také hlučnější. Prostor vyplněný kapalinou v chlazení kapalinovém napomáhá tlumení hluku motoru. A právě proto, že je teplo odváděno přímo do okolního prostředí, špatně se využívá k vytápění kabinových prostor. K vytápění se případně používá dvouplášťový výfuk.

## 4 Úvod do problematiky praktické části

Praktická část této práce se zabývá změnou teplotního pole válce a víka motoru při různých konstrukčních změnách žebrování vzduchem chlazeného jednoválcového zážehového spalovacího motoru. Tento motor byl vyvinut v době, kdy dnešní moderní metody simulace byly teprve v počátcích. Vývoj byl založen na základě zkušeností a experimentů. Řada těchto motorů v dnešní době ještě bez problému funguje. Při modelování motoru se zjistilo, že model je velmi náročný pro výpočet, proto se vytvoří model druhý, přibližný, s obdobnými vlastnostmi a rozměry, na kterém se budou provádět možné konstrukční úpravy. Úpravy pak případně mohou být aplikované na podrobný model motoru. Výpočet zjednodušeného modelu se bude brát jako základ pro porovnání dalších výsledků při konstrukčních změnách motoru. Pro porovnání se vytvoří několik konstrukčních změn, které se pak skrze maximální teploty a teplotní pole porovnají. Konstrukční změny zjednodušeného modelu budou rozmanité, cílem je získat vyšší chladicí účinek a lepší rozložení teplotního pole, při zachování vstupních hodnot a velikosti spalovacího prostoru. Konstrukčními úpravami se radikálně nezmění žádný rozměr tak, aby motor nemohl být teoreticky zpětně použitý v rámu motocyklu.

### 4.1 Základní vlastnosti motoru Jawa 175/356

V této práci bude probíhat výpočet na vymodelovaném motoru dle rozměrů motoru Jawa 175/356, vyrobeném v roce 1957. Na obrázku 5 jsou základní tech. informace motoru.

Motor		Jízdni vlastnosti	
Druh motoru	benzinový, dvoudobý, vzduchem chlazený	Největší rychlost na rovině	90 km/h
Mazání	mastnou směsí, směsí benzínu a oleje v poměru 1:25	Spotřeba benzínu na 100 km při průměrné rychlosti 50-60 km/h	3,1 l
Zdvih pístu	65 mm		
Průměr válce	58 mm		
Počet válců	1		
Obsah válců	171,7 cm <sup>3</sup>		
Maximální výkon	8 k při 4800 ot/min		
Karburátor	2924 prům.24		
Hlavní tryska	95 - 100		

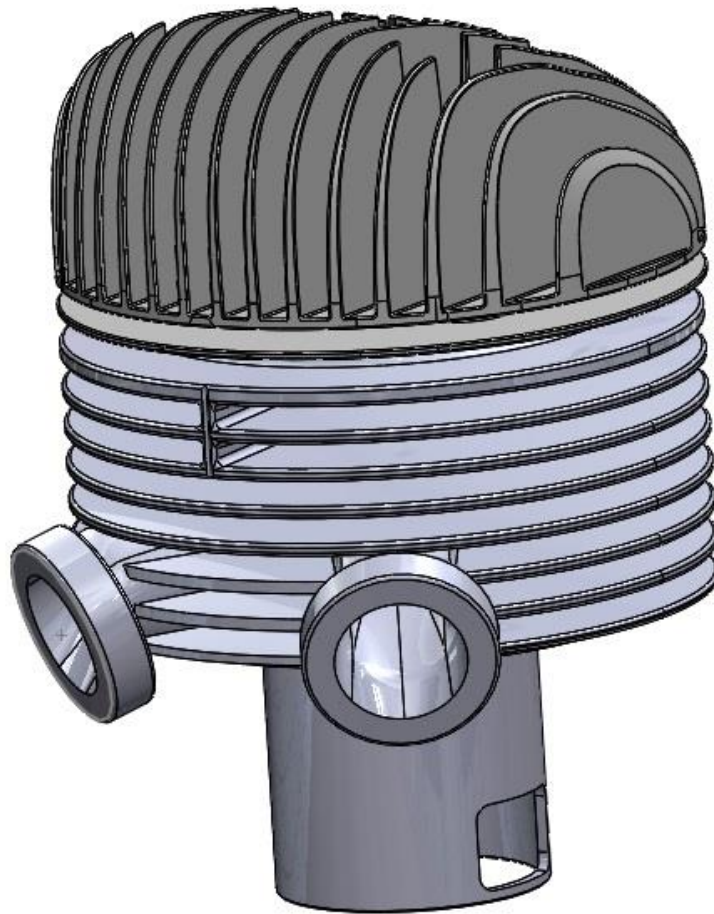
Obrázek 5. Technické parametry motoru Jawa 175/356 [3]

## 5 Výpočetní model

Výpočet a návrh změn bude probíhat na modelu motoru Jawa ČZ 175 z roku 1957. Model motoru pro výpočet se bude skládat z válce motoru, víka motoru a těsnění mezi těmito dvěma díly. Modely pro výpočet se budou používat dva. První dle skutečných hodnot, se zaoblením, složitější pro výpočet. Druhý bude zjednodušený model, který je základními hodnotami totožný s přesným modelem. Na zjednodušeném modelu se budou lépe provádět tvarové a rozměrové změny. Výpočet bude při menší tvarové náročnosti rychlejší.

### 5.1 Skutečný model pro výpočet

Dle skutečných dílů byly naměřeny posuvným měřítkem a jinými pomůckami skutečné rozměry, které byly pak pomocí programu Solid Works zpracovány a vznikl skutečný výpočetní model. Motor je symetrický, proto bude výpočet probíhat na modelu v řezu v rovině rovnoběžné se směrem proudění vzduchu. Proudění a přenos tepla se rovněž předpokládá symetrické. V příloze L je vyobrazena výkresová dokumentace skutečného modelu motoru.

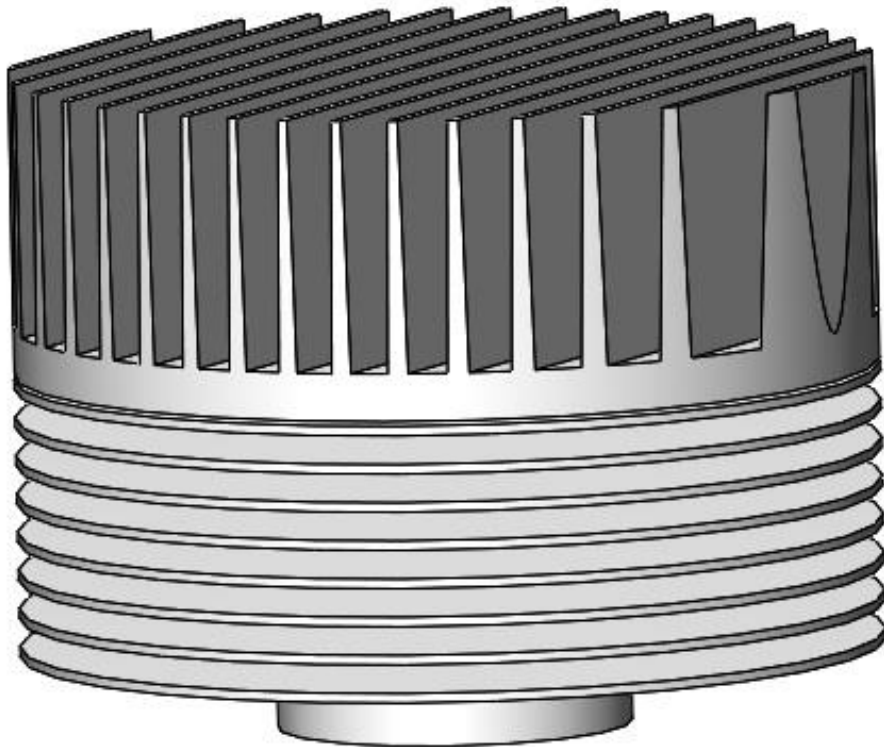


Obrázek 6. Model motoru dle skutečných rozměrů a zaoblení



## 5.2 Zjednodušený model pro výpočet

Podle skutečného modelu byl připraven i zjednodušený model, na kterém budou probíhat výpočty a základní úpravy. Porovnáním různých variant chladících žeber se vybere úprava s nejlepším chlazením, která se bude aplikovat na model motoru dle skutečných rozměrů. Výpočet bude probíhat také v řezu modelu motoru. V příloze M je zobrazena výkresová dokumentace zjednodušeného modelu motoru.



*Obrázek 7. Zjednodušený výpočetní model bez zaoblení*

## 6 Vstupní hodnoty pro výpočet

Základ pro spuštění a nastavení výpočtu jsou bezpochyby počáteční podmínky, které jsou třeba zadat do programu Solid Works do flow simulace. Díky této simulaci bude možné porovnat změnu účinnosti chlazení jednotlivých variant chladicích žeber.

### 6.1 Množství tepla ve spalovacím prostoru

Teplu odvedené chlazením se určuje velmi konzervativně, jedná se o neustálený děj, který by se obtížně zadával do výpočetního programu. Simulace má poukazovat hlavně na teplotní pole a jeho případnou změnu. Množství tepla ve spalovacím prostoru se zadává na všechny plochy, na které primárně teplo působí. Pro odhad množství tepla ve spalovacím prostoru je třeba několik hodnot. Průměrná spotřeba paliva tohoto motoru je dle technické dokumentace při rychlosti 50 - 60 km/h 3,1 l, pro výpočet se bude uvažovat při 70 km/h spotřeba 4 l.

$$\text{Hustota benzínu: } \rho = 700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Výhřevnost paliva: } H = 43,59 \text{ MJ/kg}$$

$$\text{Hmotnost paliva: } m = \rho * V = 700 * 0,004 = 2,8 \text{ kg}$$

$$\text{Spotřeba paliva: } M_p = 2,8 \text{ kg/h}$$

$$\text{Víme, že: } P = \frac{W}{t} = \frac{[J]}{[s]} = [W]$$

$$\frac{MJ}{kg} * \frac{kg}{h} = \frac{MJ}{h} \Rightarrow 43,59 * 2,8 = 122 \frac{MJ}{h} \cong 33\,900 \frac{J}{s} = 33,9 \text{ kW}$$

Teplu, které vytvoří 2,8 kg paliva je 33,9 kW.

Kapalinové chlazení by dle skript [4] mělo odvádět 20 - 30 % tepla, chlazení vzduchem má o 15 - 18 % nižší účinnost. Při výpočtu se postupovalo konzervativním způsobem a následně byla zvolena hodnota odváděného tepla 15 %, která byla značně zaokrouhlena směrem nahoru.

$$33,9 * 0,15 = 5,085 \text{ W}$$

Pro výpočet se na vnitřní plochy válce zadá teplo 6 kW. Při výpočtu v řezu 3kW.

## **6.2 Teplo od bloku motoru**

Teplo odvedené blokem motoru z válce motoru se rovněž předepisuje konzervativně pomocí okrajové podmínky. Zvolilo se na základě odhadu z praktických zkušeností.

Výpočet bude probíhat na dvou modelech. První bude zjednodušený model, z důvodu zkrácení doby výpočtu. Druhý bude model dle reálných rozměrů válce a víka motoru.

Ve zjednodušeném modelu bude namodelována menší část válce vstupujícího do bloku, tudíž pro výpočet se stanovuje teplota 50 °C, která působí na reálnou stěnu. Oddělení od bloku motoru umožňuje vymodelovaný píst.

U modelu dle výrobních rozměrů sahá válec hlouběji do motoru, zadává se tedy na reálnou stěnu vyšší teplota 70 °C, protože přijde do styku s větší částí motoru. K ohraničení plochy pro zadání teploty se nemodeluje píst, ale použije se jen rozdělovací křivka.

## **6.3 Proudění vzduchu**

Vzhledem k tomu, že se pro výpočet teploty ve spalovacím prostoru zadává spotřeba paliva úměrná průměrné rychlosti cca 70 km/h, pro výpočet vstupní rychlosti se využije přibližné hodnoty 20 m/s pro snadné zadávání. Pro část výstupu vzduchu z výpočtové části se zvolí také rychlost proudění 20 m/s.

## 7 Základní výpočtový model

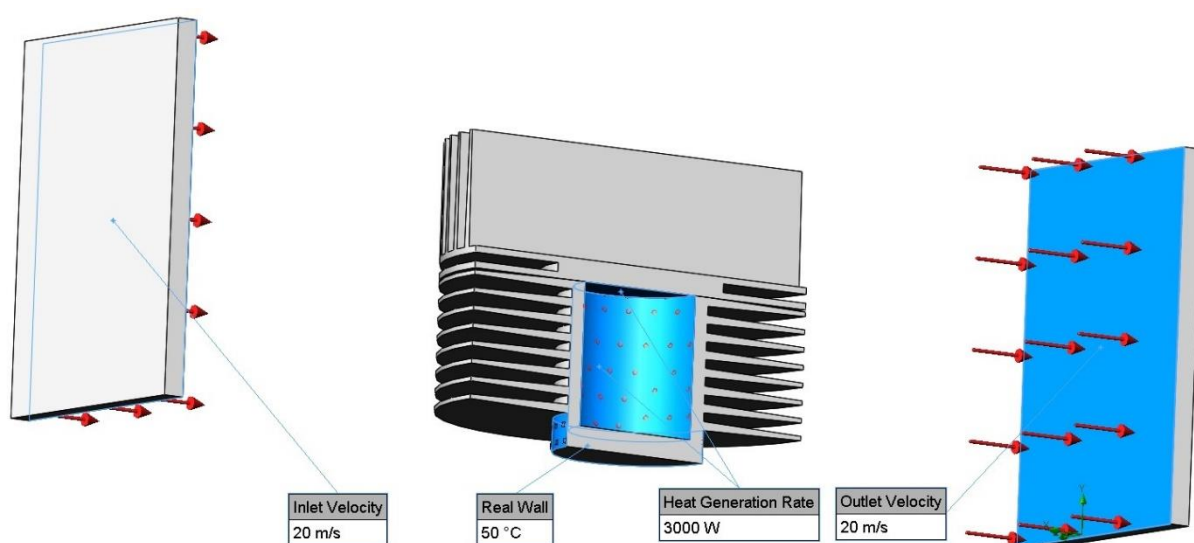
V základním výpočtovém modelu se bude vycházet z hlavních rozměrů skutečného válce a víka. Zanedbá se zaoblení jednotlivých dílů, výfukové výstupy, přepouštěcí kanály, přesný tvar víka motoru a část válce zasahujícího do bloku motoru.

### 7.1 Popis základního výpočtového modelu

Výpočet bude probíhat pro snížení náročnosti výpočtu na zjednodušeném modelu motoru v symetrickém řezu. Na plochu válce a spalovacího prostoru ve víku se bude zadávat teplo 3000 W, tedy polovina tepla, které by mělo chlazení odvést ze spalovacího prostoru do okolního prostředí, jak bylo zjištěno v kapitole 6.1. Bude se tedy pro zjednodušení uvažovat, že veškeré jevy proudění, přestupu teploty i změny teplotního pole probíhají symetricky okolo podélné roviny modelu motoru. Průřez žebrování byl zvolen lichoběžníkový, protože nejvíce připomíná reálný odlitek.

### 7.2 Základní vstupní hodnoty

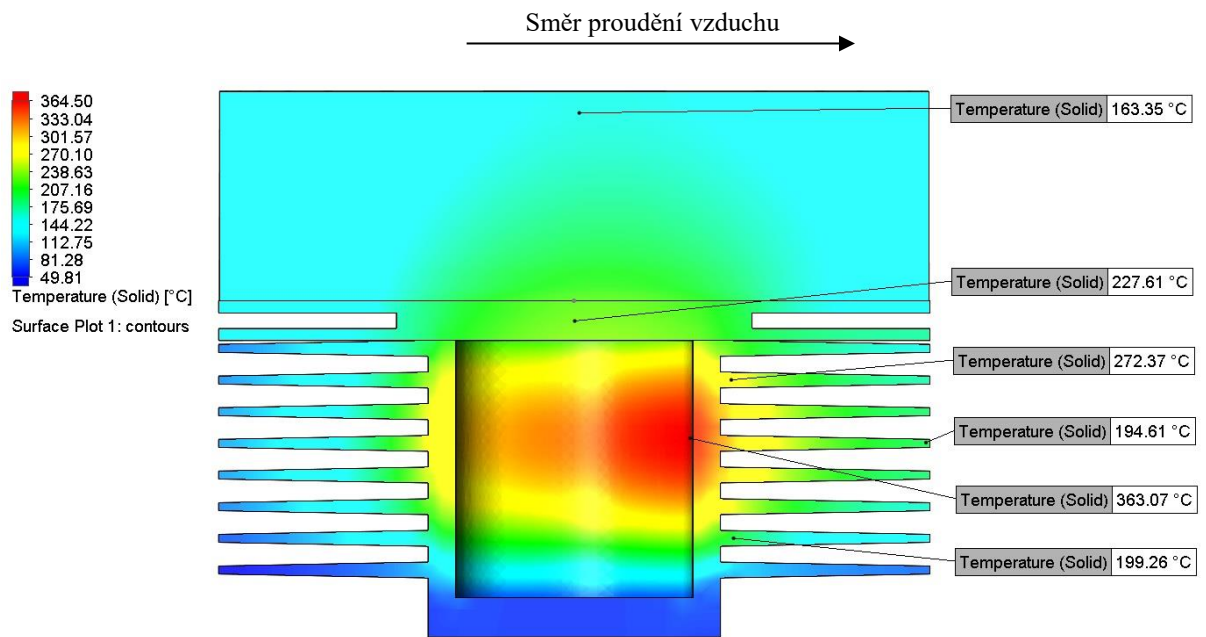
Vstupní hodnoty se budou u všech druhů úprav zadávat stejně, aby se výsledné změny daly nejjednodušší porovnat. Tedy vstup chladícího vzduchu 20 m/s, výstup vzduchu 20 m/s, teplota vzduchu 20 °C, teplota vnější stěny válce pod žebry 50 °C, teplo na vnitřní stěnu válce a víka 3 000 W, výpočet objemovou analýzou s nejjemnější automatickou sítí. Materiál víka je zvolen z hliníku, a válce z oceli, aby bylo dosaženo rozdílného přenosu tepla.



Obrázek 8. Vstupní hodnoty zjednodušeného modelu zadané pro výpočet

### 7.3 Popis výsledku – vnitřní strana válce

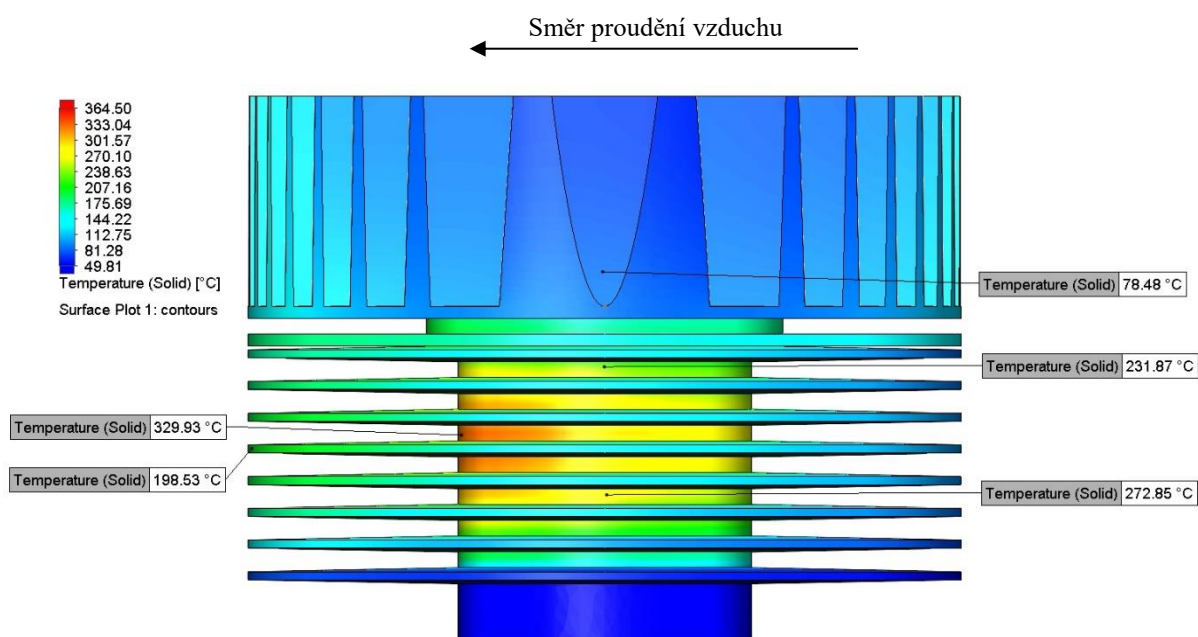
Na obrázku 9 je znázorněné teplotní pole vnitřní strany válce základního modelu, kdy chladicí médium probíhalo zleva doprava. Nejvyšší teplota vystoupala na 365 °C, zhruba uprostřed válce, na dalších sondách jsou pak vyobrazeny teploty dalších zajímavých míst. Vyšší teplota je pochopitelně na odlehle straně náporu chladicího média. Na víku je viditelné, že teplotu dobře absorbuje, ale také ji lépe předá do okolního prostředí. Na okraji žebér na odlehle straně je nejvyšší teplota okolo 190 °C.



Obrázek 9. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnitřní část

## 7.4 Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování

Na obrázku 10 je vyobrazeno teplotní pole základního neupraveného modelu motoru z vnější strany, kde je viditelná teplota žebrování a vnější strany válce. Nejvyšší teplota je ve stejném místě válce uvnitř. Jen je třeba vzít v potaz, že proudění vzduchu tady probíhá zprava doleva. Teplota krajního žebra víka je přibližně 80°C. Teplota středu válce se pohybuje okolo 250°C. Nejnižší teplotou je 50 °C, která je zadána pro výpočet na vnější stranu válce. 200 °C je teplota povrchu středního žebra na závětrné straně. V příloze N je k nahlédnutí výkresová dokumentace zjednodušeného modelu v řezu.



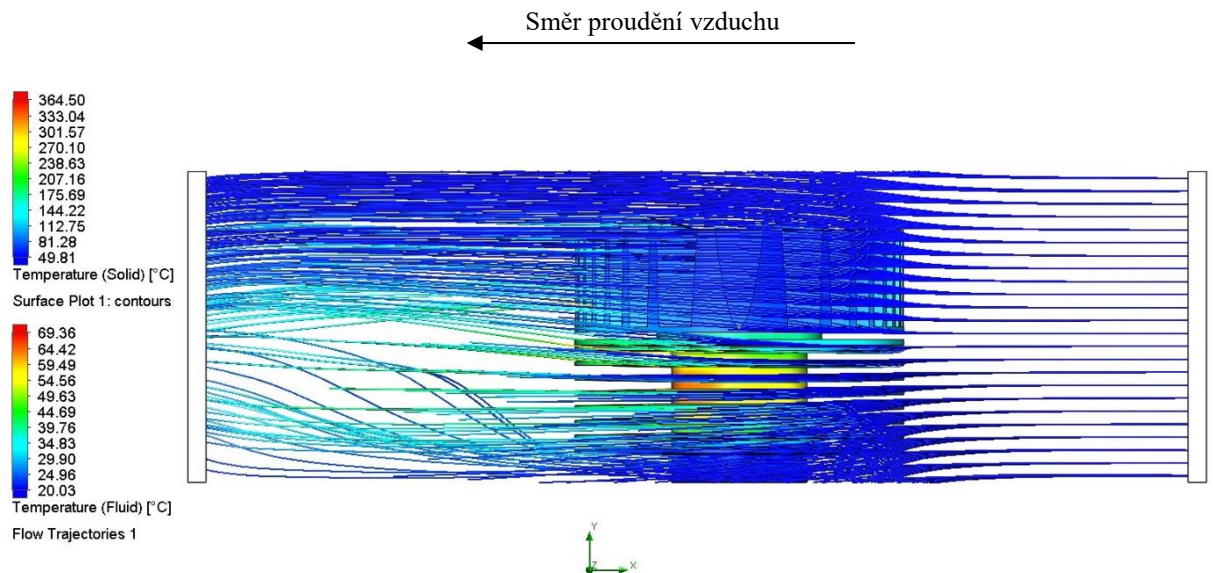
Obrázek 10. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnější část

## 7.5 Proudění vzduchu

V následujících podkapitolách je vidět, jak se mění teplota a trajektorie vzduchu. Vyobrazení jednotlivými křivkami ukazuje směr proudění vzduchu, počátek je rovnoměrný, ustálený pohyb. Ve chvíli, kdy se vzduch dostává do styku s žebry a dalšími částmi motoru, se proudění mění. Směr toku proudu vzduchu je určován žebry. Teplota, kterou vzduch přejímá od motoru, je pak také barevně vyobrazena.

### 7.5.1 Proudění vzduchu – pohled z vnější strany

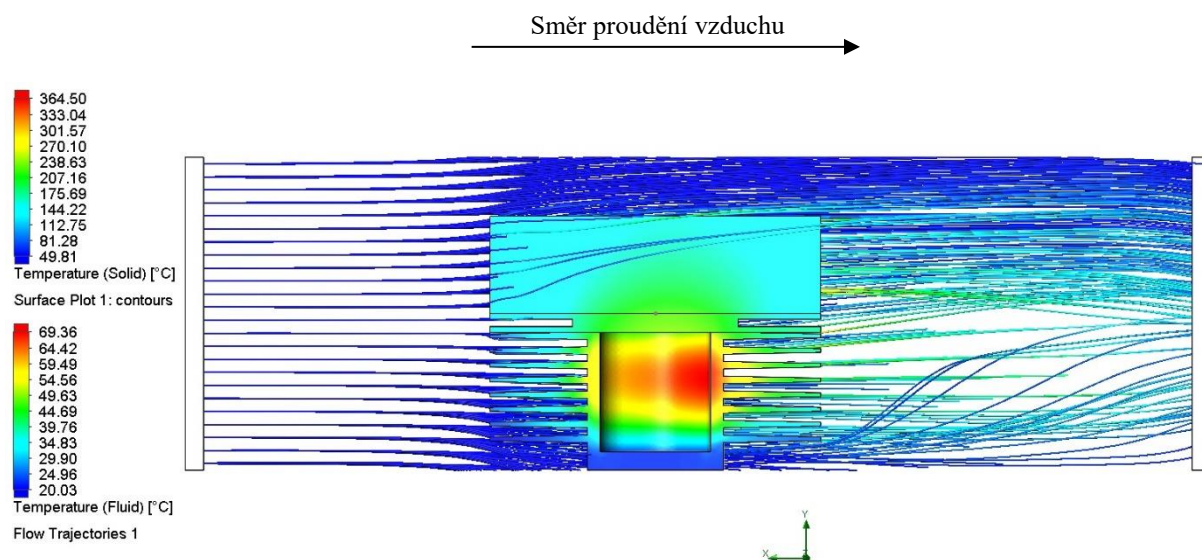
Na obrázku 11 je vyobrazena vnější část válce a víka základního modelu motoru, je na ni podrobněji vidět směr proudění chladícího vzduchu okolo jednotlivých součástí. Barevná změna křivek opět značí změnu teploty, teplota se ze základních 20 °C vyšplhala až na 70 °C. Dle tepelné stupnice je pak možné odhadnout teplotu i v dalších místech proudění.



Obrázek 11. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnější část – proudění

## 7.5.2 Proudění vzduchu – pohled z vnitřní strany

Při pohledu na obrázek 12 z vnitřní strany válce jsou vyobrazeny křivky ještě z druhého pohledu, který ale není nijak zásadně rozlišný od pohledu z vně motoru. Teplota je stále stejná, protože se jedná o vnější medium, v našem případě vzduch. Nejteplejší část obtékajícího vzduchu je přibližně v místě propojení hlavy a víka motoru.



Obrázek 12. Teplotní pole základního výpočtového modelu – vnitřní část – proudění

## 7.6 Zhodnocení výpočtu základního modelu motoru

Základní model motoru se bere jako výchozí bod pro další výpočty. Vzhledem k tomu, že se jedná o teoretický návrh, nejsou naměřené teploty ve spalovacím prostoru a na povrchu motoru skutečné. Může se pouze odhadem usoudit správnost výsledku.

Jednotlivé teploty se pak mohou mezi modely porovnávat díky vyobrazení teplotní stupnice v levé části každého obrázku. Maximální a minimální teplota stupnice je i minimální a maximální teplotou měřené části.

Výsledkem této práce nemá být zjištění přesné teploty ve spalovacím prostoru a mimo něj, ale porovnání změny teplotního pole a jednotlivých teplot pro různé varianty provedení chladičích žebor. Proto se tyto hodnoty berou jako základní výpočet pro porovnání s nadcházejícími úpravami.



## 8 Úprava modelu – prodloužení délky žebër

### 8.1 Popis úpravy modelu

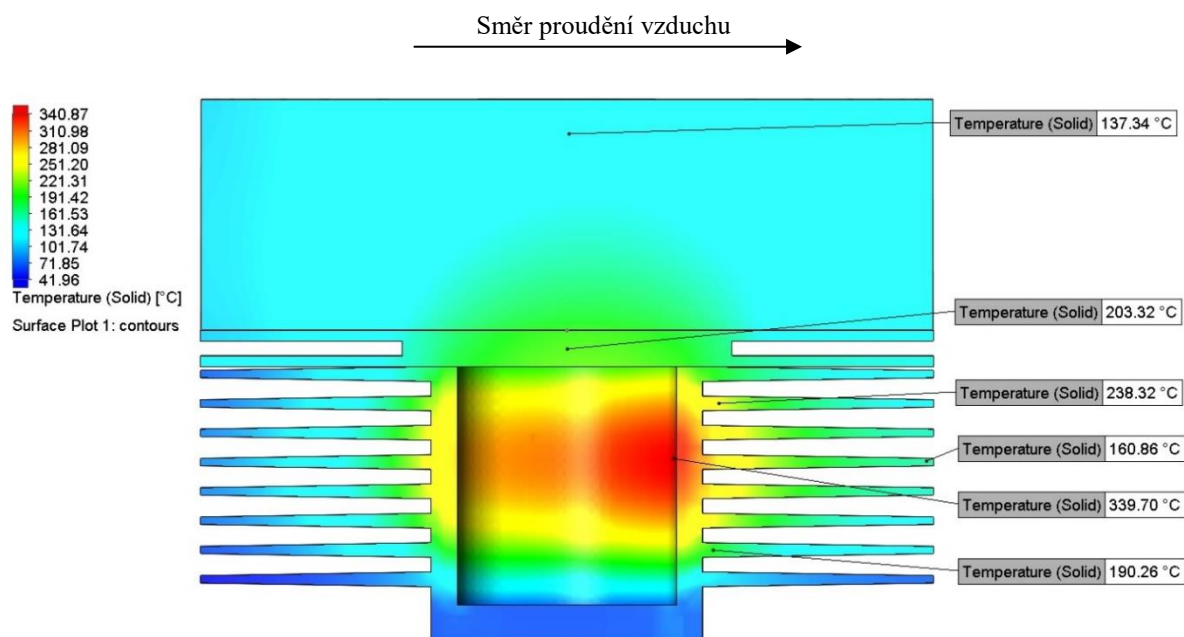
První úpravou modelu se zvolilo prodloužení délky žebër. Nezměnil se jejich počet ani rozstup. Na okraji i v patě žebra zůstal stejný rozměr, a to 2 mm a 4 mm. Délka žebër na víku se zvětšila o 10 mm, průměr válce byl zvětšen o 20 mm, to znamená 10 mm na délku žebra v řezu. V příloze O je k nahlédnutí výkresová dokumentace.

### 8.2 Základní vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty jsou zvoleny totožné jako u modelu motoru bez úprav. Tedy, vstup chladicího vzduchu 20 m/s, výstup vzduchu 20 m/s, teplota vzduchu 20 °C, teplota vnější stěny válce pod žebry 50 °C, teplo na vnitřní stěnu válce a víka 3 000 W, výpočet objemovou analýzou s nejjemnější automatickou sítí. Materiál víka je zvolen z hliníku a válce z oceli, aby bylo dosaženo rozdílného přenosu tepla.

### 8.3 Popis výsledku – vnitřní strana válce

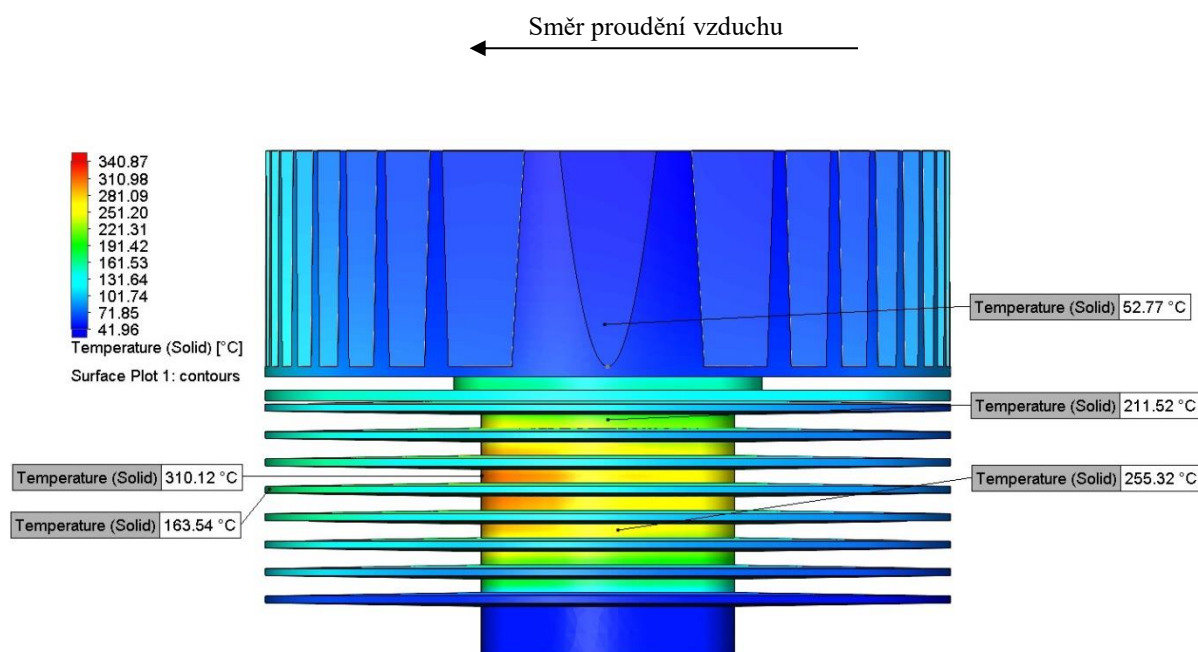
Pro názornost výsledků je zvolen obrázek 13 ze stejného pohledu na teplotní pole jako u základního modelu motoru, viz obrázek 9. Nejvyšší teplota se ve válci vyšplhala na 340 °C a na okraji žebra na 160 °C. Opět je nejvyšší teplota na protilehlé straně proudění vzduchu. Nejnižší teplotou je 40 °C, na kterou se ochladí nejnižší žebro u náporové strany. Na horní straně víka se dostáváme jen k 140 °C, právě díky tomu, že je víko vyšší.



Obrázek 13. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – delší žebra – vnitřní část

## 8.4 Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování

Na obrázku 14 je zobrazeno teplotní pole vnější části modelu motoru s upravenou délkou žeber. Proudění vzduchu zde probíhá zprava doleva. Nejteplejší částí je vnější plášť válce s teplotou přibližně 310 °C. Na povrchu nejteplejšího žebra je těsně přes 160 °C. Nejokrajnější žebro víka má teplotu 52 °C. Teplota v dalších místech se dá přibližně odhadnout podle barvy stupnice, která je součástí každého obrázku.



Obrázek 14. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – delší žebra – vnitřní část

## 8.5 Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – delší žebra

Porovnáním hodnot základního neupraveného modelu a modelu s delšími žebry lze porovnat změnu účinnosti chlazení. Zaměřením se na teplotní pole motoru se může dle rozložení teploty konstatovat, že prodloužením žeber se teplotní pole téměř nijak nezmění. Rozdílné jsou teploty v některých místech, ale s ohledem na výši teploty a její změnu se chladič účinek téměř nezvýší. Číselně se může porovnat maximální teplota, která je u neupraveného modelu 365 °C a u modelu s prodlouženými žebry 341 °C, což v tomto případě téměř nemá vliv. Na okraji žeber je sice teplota až o 35 °C nižší, ale to na úkor složitější výroby a častější možnosti praskání prodloužených žeber. V příloze A je k nahlédnutí směr a teplota proudění vzduchu z vnitřní strany válce, v příloze B pak proudění od strany žeber.

## 9 Úprava modelu – větší mezery mezi žebry

### 9.1 Popis úpravy modelu

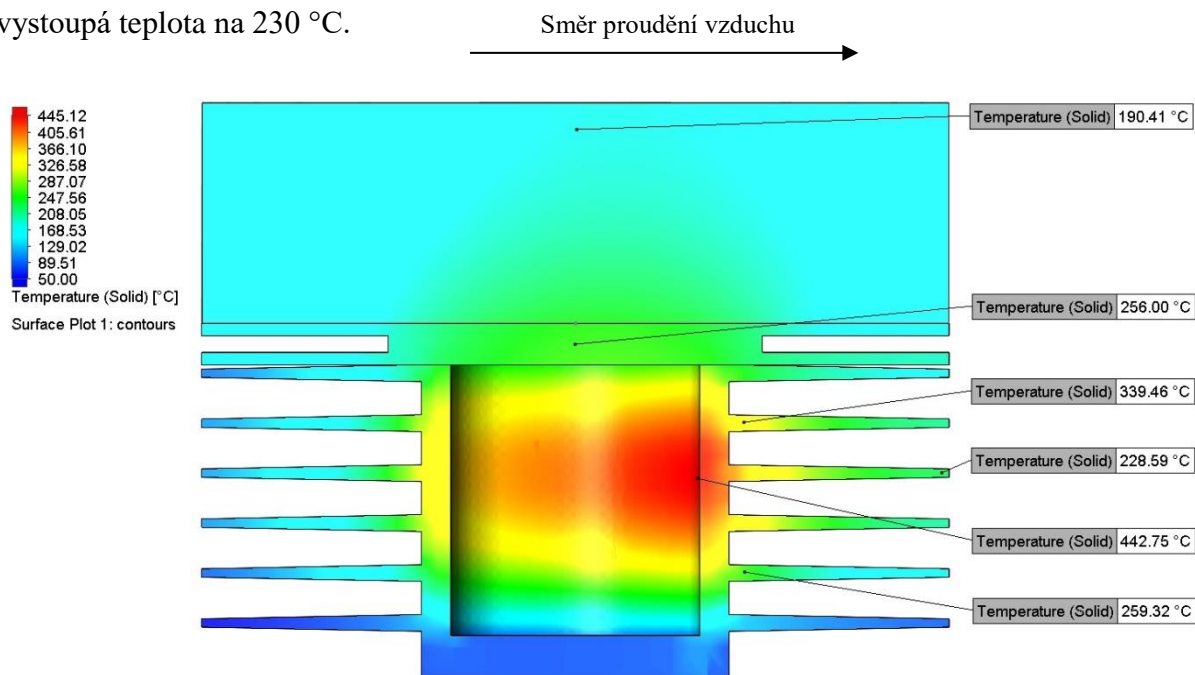
Následnou úpravou zjednodušeného modelu motoru je snížení počtu žebër a zvětšení mezer mezi nimi. Tak vznikne menší aerodynamický odpor, ale sníží se účinná chladicí plocha žebër. Počet žebër se z 8 sníží na 6 a mezera mezi žebry zvětší ze 4 mm na 8 mm. Průměr válce zůstane totožný jako u základního modelu, stejně tak jako výška víka, kde se mezery také zvětší. V příloze P je k nahlédnutí výkresová dokumentace úpravy modelu.

### 9.2 Základní vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty jsou zvoleny opět totožné. Tedy, vstup chladícího vzduchu 20 m/s, výstup vzduchu 20 m/s, teplota vzduchu 20 °C, teplota vnější stěny válce pod žebry 50 °C, teplo na vnitřní stěnu válce a víka 3 000 W, výpočet objemovou analýzou s nejjemnější automatickou sítí. Materiál víka je zvolen z hliníku a válce z oceli, aby bylo dosaženo rozdílného přenosu tepla.

### 9.3 Popis výsledku – vnitřní strana válce

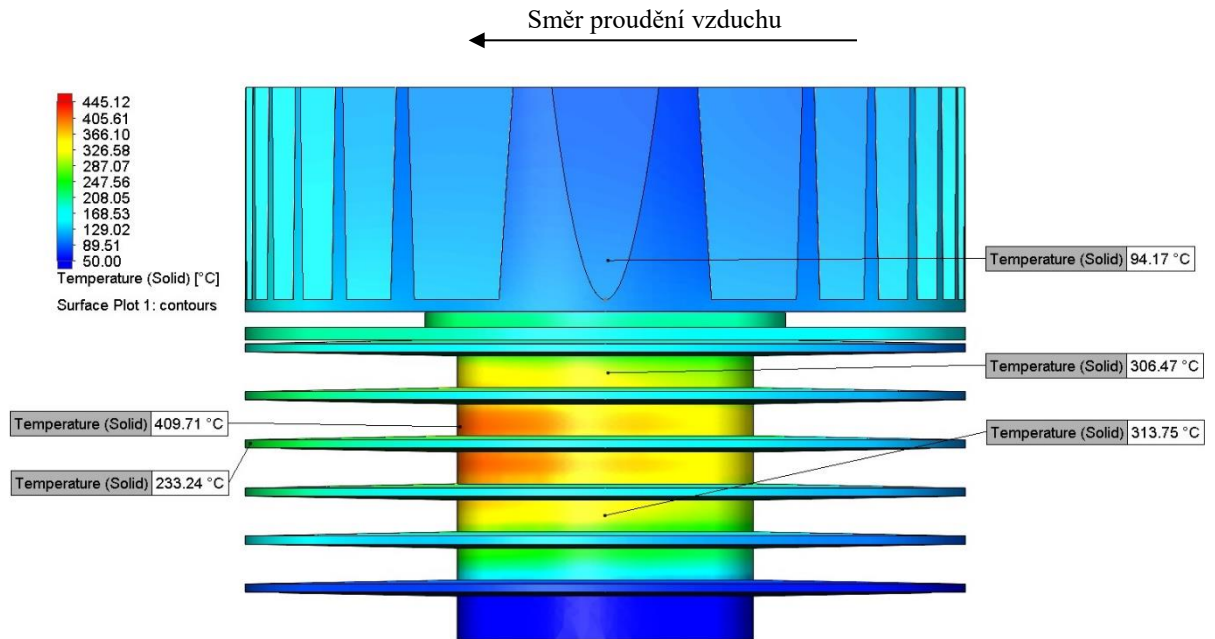
Na obrázku 15 je vyobrazeno teplotní pole modelu motoru s většími rozestupy žebër. Maximální teplota ve válci se blíží 450 °C ve stejném místě jako u předchozích modelů. Nejnižší teplota je 50 °C, která je opět zadána na vnější stranu válce pod žebry. V horní části víka se dostává teplota k 200 °C. Na kraji žebra, na protilehlé straně od náporu vzduchu, vystoupá teplota na 230 °C.



Obrázek 15. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – větší mezery – vnitřní část

## 9.4 Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování

Na obrázku 16 je vyobrazen model motoru s většími rozestupy žebor z vnější strany válce tak, že je viditelné žebrování. Maximální teplota je opět na závětrné straně válce, a to 410 °C, průměrná teplota na střední straně válce se pohybuje mírně nad 300 °C. Teplota na povrchu žebra, na odlehle straně působení chladicího vzduchu, je 233 °C.



Obrázek 16. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – větší mezery – vnitřní část

## 9.5 Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – větší mezery mezi žebry

Porovnáním teplot a rozložení teplotního pole se může mezi modelem základním a upraveným určit rozdíl v účinku chlazení. Při pohledu na teplotní pole se na první pohled nejeví žádná změna. Rozložení teplotního pole je po úpravě téměř totožné jako před úpravou. Změna nastává u maximální teploty, která je po úpravě o několik desítek °C vyšší. Maximální teplota vzrostla z 364 °C na 445 °C, což je velmi nepříznivý jev. Na ostatních místech teplota vzrostla v průměru o více než 30 °C. Dle těchto hodnot lze usoudit, že původní koncepci tato úprava nevylepšíla, naopak tato změna nepomůže ke zvýšení chladicího účinku motoru. V příloze C je k nahlédnutí směr a teplota proudění vzduchu z vnitřní strany válce, v příloze D pak proudění z pohledu od žebor.

## 10 Úprava motoru – více žeber

### 10.1 Popis úpravy modelu

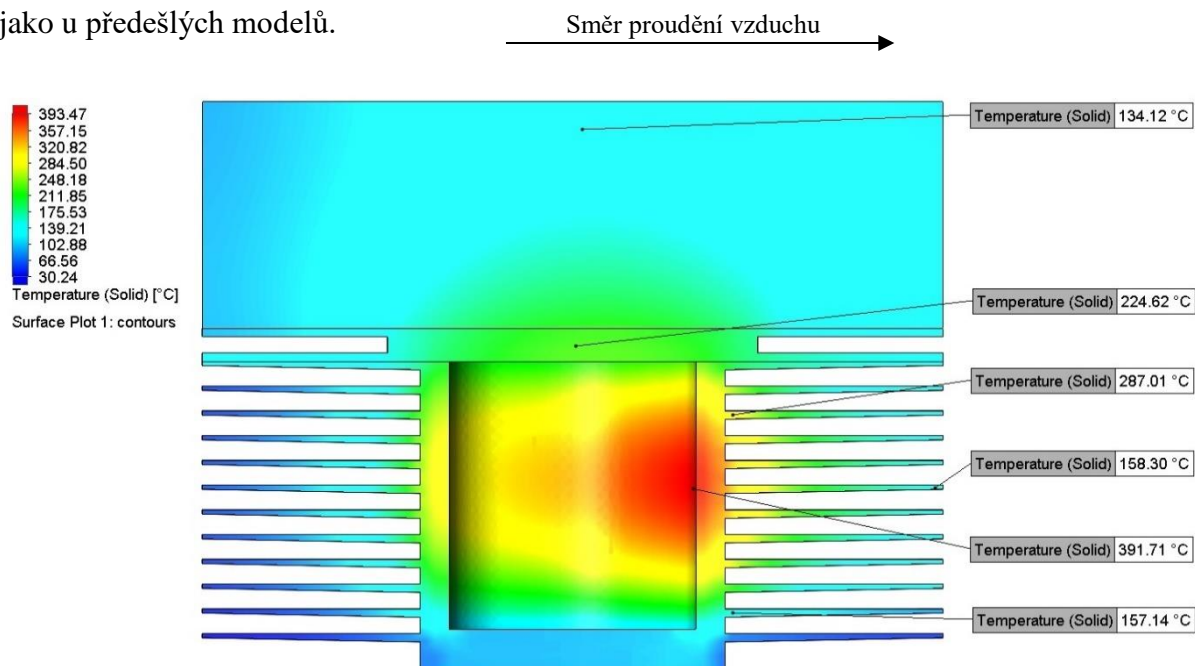
Jednou z dalších úprav modelu motoru je zvýšení počtu žeber. Úprava je provedena tak, že velikost mezery mezi žebry zůstane totožná, ale žebro se zúží. Přesněji jeho kořen se ze 4 mm zmenší na 2 mm a okraj žebra se zmenší ze 2 mm na 1 mm. Docílíme tím přidání 4 žeber. Počet žeber se zvýší z 8 na 12. V příloze Q je k nahlédnutí výkresová dokumentace úpravy zjednodušeného modelu.

### 10.2 Základní vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty: vstup chladícího vzduchu 20 m/s, výstup vzduchu 20 m/s, teplota vzduchu 20 °C, teplota vnější stěny válce pod žebry 50 °C, teplo na vnitřní stěnu válce a víka 3 000 W, výpočet objemovou analýzou s nejjemnější automatickou sítí. Materiál víka je zvolen z hliníku a válce z oceli, aby bylo dosaženo rozdílného přenosu tepla.

### 10.3 Popis výsledku – vnitřní strana válce

Obrázek 17 zobrazuje teplotní pole a teploty na upraveném modelu motoru s větším počtem chladících žeber. Přidáním žeber se zvětšila účinná chladicí plocha žeber, ale zmenšil se jejich průřez. Maximální teplota se jako vždy ve stejném místě, na závětrné straně uvnitř válce, vyšplhala na 390 °C. Na vrchu víka válce je teplota 135 °C. Nad spalovacím prostorem 225 °C. A na okraji žeber, pod povrchem, cca 160 °C. Teplotní pole je obdobné jako u předešlých modelů.

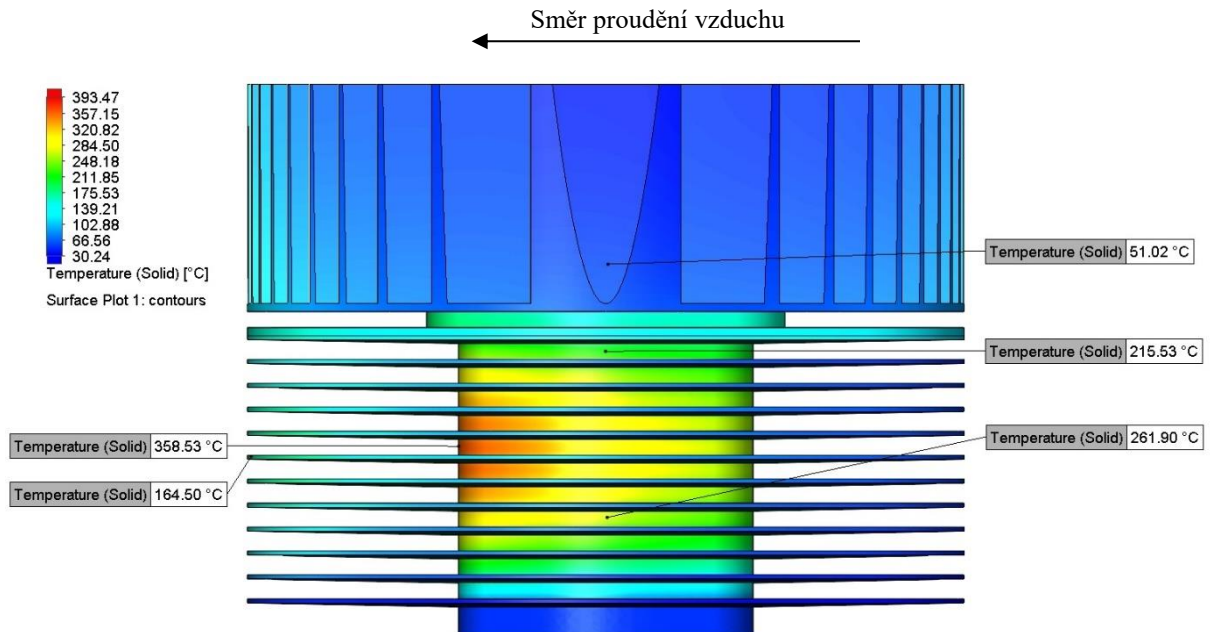


Obrázek 17. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – více žeber – vnitřní část



## 10.4 Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování

Obrázek 18 zobrazuje teplotní pole a teploty v jednotlivých místech na upraveném modelu s větším počtem žeber. Maximální teplota vnějšího povrchu 360 °C je na závětrné straně. Teplota krajního žebra víka je 50 °C, povrchu žebra na závětrné straně 165 °C. Průměrná teplota středu pláště válce je okolo 235 °C. Teplotní pole je rozložené obdobně jako u předchozích modelů.



Obrázek 18. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – více žeber – vnější část

## 10.5 Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – více žeber

Tím, že se zvětšil počet žeber, na úkor jejich tloušťky, se tepelné pole nijak výrazně nezmění, stále se dle předpokladu ochladí více náporová strana, prostup tepla je pak podobný. U této změny se bohužel také nedosáhlo žádného zvýšení chladicího účinku. Maximální teplota naopak opět stoupla, a to z 365 °C na 395 °C. Nárůst nebyl extrémně veliký. Při srovnání teplotních polí je zjevné, že ze stěny válce teplota špatně prostupuje do úzkých žeber. Proto se ve spalovacím prostoru teplota zvýší a na okraji žeber se naopak sníží ze 195 °C na 160 °C. Toto snížení teploty nepomůže snížit teplotu ve spalovacím prostoru, a proto je tento návrh změny válce a víka nevyhovující. Navíc by bylo obtížné takto slabá žebra vyrobit a často by docházelo k jejich lámání. V příloze E je k nahlédnutí směr a teplota proudění vzduchu z vnitřní strany válce, v příloze F pak proudění od strany žeber.

## 11 Úprava motoru – usměrňovač vzduchu

### 11.1 Popis úpravy modelu

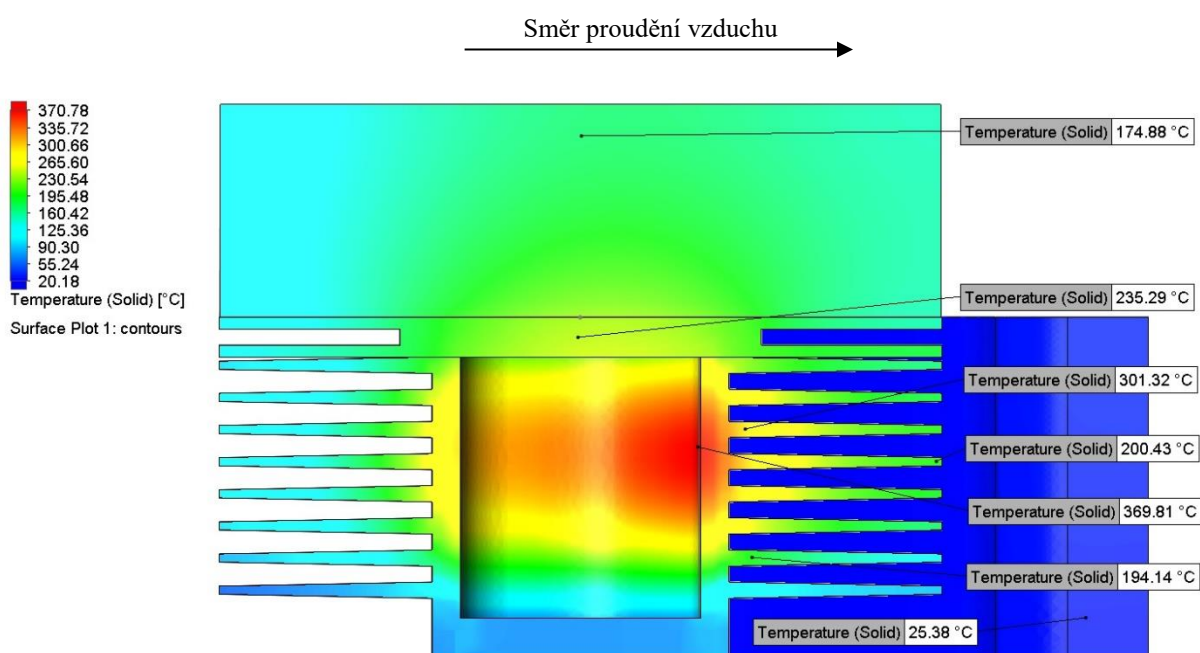
Poslední úpravou není změna žádného rozměru základního modelu motoru. Jedná se o přidání dalšího dílu, který se v praxi nazývá usměrňovač vzduchu neboli deflektor. Cílem je lepší proudění vzduchu na zadní, závětrné straně válce. V příloze R je k nahlédnutí výkresová dokumentace zjednodušeného modelu s deflektorem.

### 11.2 Základní vstupní hodnoty

Vstupní hodnoty: vstup chladicího vzduchu 20 m/s, výstup vzduchu 20 m/s, teplota vzduchu 20 °C, teplota vnější stěny válce pod žebry 50 °C, teplo na vnitřní stěnu válce a víka 3 000 W, výpočet objemovou analýzou s nejjemnější automatickou sítí. Materiál víka je zvolen z hliníku a válce s usměrňovačem vzduchu z oceli, aby bylo dosaženo rozdílného přenosu tepla.

### 11.3 Popis výsledku – vnitřní strana válce

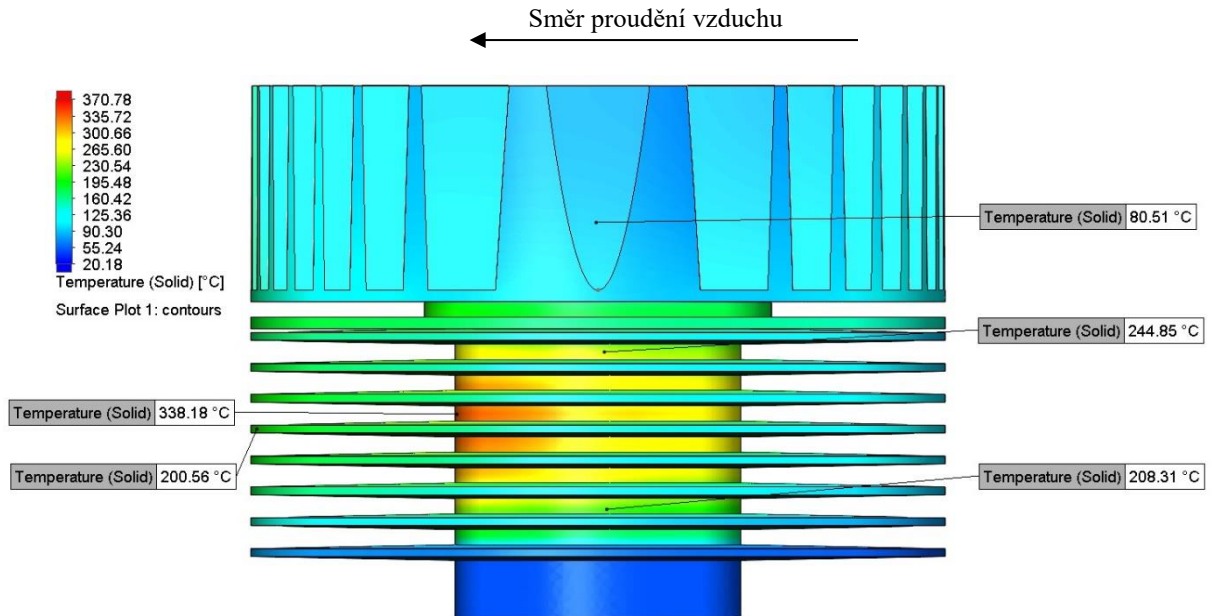
Při poslední variantě pokusu o zlepšení chlazení válce a víka neproběhla žádná rozměrová změna, ale přidal se deflektor, jak je vidět na obrázku 19. Maximální teplota se o několik málo stupňů zvýšila, a to z 365 °C na 370 °C, teploty v ostatních místech se mění pouze o jednotky stupňů. Na teplotním poli je vidět, že se víko válce více ohřívá. Opět se jedná o změnu v řádu několika stupňů.



Obrázek 19. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – více žeber – vnitřní část

## 11.4 Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování

Pokud se porovnájí teploty z obrázku 20 s teplotami neupraveného modelu motoru z obrázku 10, zjistí se, že se liší pouze o jednotky stupňů, což je nepodstatné. Pouze nejteplejší místo se u modelu s deflektorem ohřeje nepatrně více, z 330 °C na 340 °C. Na modelu je deflektor programově skryt pro lepší ilustraci.



Obrázek 20. Teplotní pole upraveného výpočtového modelu – deflektor – vnější část



### **11.5 Zhodnocení výpočtu upraveného modelu – usměrňovač vzduchu**

Ani poslední navrženou úpravou se nepodařilo na zjednodušených modelech získat příznivější účinky chlazení, případně rovnoměrnější rozprostření teplotního pole. Předpokladem bylo u deflektoru téměř jisté snížení teploty, to ale bohužel nenastalo. Jak je vidět na průběhu vzduchových linií v příloze I, deflektor vzduch sice usměrní a udrží déle v žebrech, ale ten je natolik ohřátý, že už nedokáže válec více ochladit. Místy dosahuje teplota okolního vzduchu přes 100 °C. Bez deflektoru sice vzduchové linie probíhají příměji, ale teplo z válce se na ochlazovaná místa stihne rozprostřít. V příloze G je k nahlédnutí směr a teplota proudění vzduchu z vnitřní strany válce. V příloze H je náhled na zobrazený deflektor, v příloze I pak na skrytý deflektor a na proudění a teplotu od strany žeber.

### **11.6 Zhodnocení všech úprav**

Po čtyřech různých návrzích se ani při jednom nepodařilo získat lepší rozložení teplotního pole. Například tak, že by nevzniklo jedno více zahřáté místo, ale třeba pásmo. Nepodařilo se ani snížit teplotu ve spalovacím prostoru. Celkově se tedy při úpravách nedospělo k žádné radikální změně teploty při jednotlivých výpočtech.

## 12 Výpočet skutečného modelu

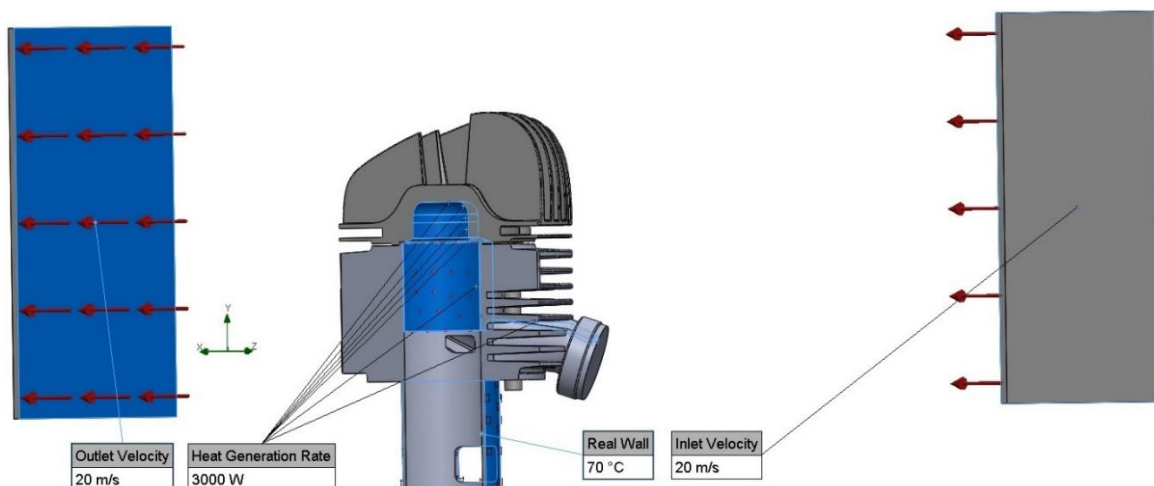
Předešlé kapitoly se věnovaly výpočtu zjednodušených modelů motoru, tato se bude věnovat blíže teplotnímu poli skutečného modelu motoru. Pro srovnání se zjednodušeným modelem se využijí teploty v obdobných místech jako na zjednodušeném motoru.

### 12.1 Popis modelu

Model válce a víka motoru je vymodelován dle naměřených rozměrů podle skutečně vyrobených dílů. V základních hodnotách odpovídá zjednodušenému motoru, nicméně víko je rozměrově složitá zaoblená součást, což bylo ve zjednodušeném modelu zanedbáno. Válec má ve skutečnosti v přední části dva výstupy pro výfuky, výfukové kanály a přepouštěcí kanály. Některá žebra jsou propojená. Ve víku jsou otvory pro šrouby a pro zapalovací svíčku. Vymodelována je zde i část válce, která zasahuje hlouběji do bloku motoru a tvoří tak kompletní dráhu pro píst. V příloze S je k nahlédnutí výkresová dokumentace skutečného modelu v řezu.

### 12.2 Vstupní hodnoty

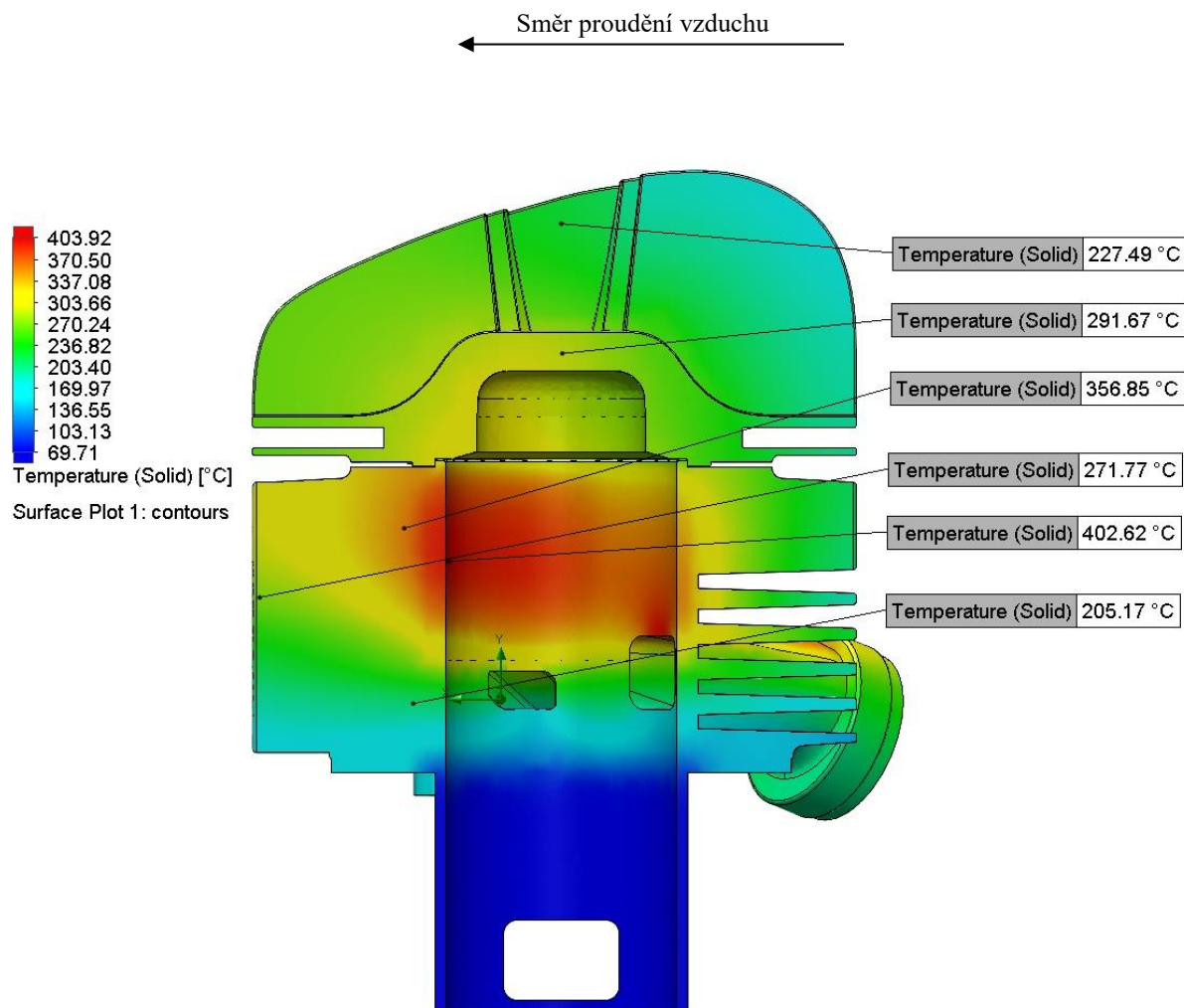
Vstupní hodnoty při výpočtu přesného modelu budou nepatrně odlišné. Vstup chladícího vzduchu 20 m/s, výstup vzduchu 20 m/s, teplota vzduchu 20 °C, teplota vnější stěny válce zasahujícího do bloku je vyšší než v minulých výpočtech, a to 70 °C. Důvodem je, že je větší část vložena v teplejším bloku motoru. Teplo zadávané do spalovacího prostoru je opět 3 000 W, a zadané je na všechny plochy spalovacího prostoru až po rozdělovací křivku ve válci. Ta pro výpočet pomyslně vyznačuje hranu pístu. Je pod hranou výfukového kanálu a nad hranou přepouštěcího. Výpočet je objemovou analýzou s nejjemnější automatickou sítí. Materiál víka je zvolen z hliníku a válce z oceli, aby bylo dosaženo rozdílného přenosu tepla.



Obrázek 21. Vstupní hodnoty skutečného modelu zadané pro výpočet

### 12.3 Popis výsledku – vnitřní strana válce

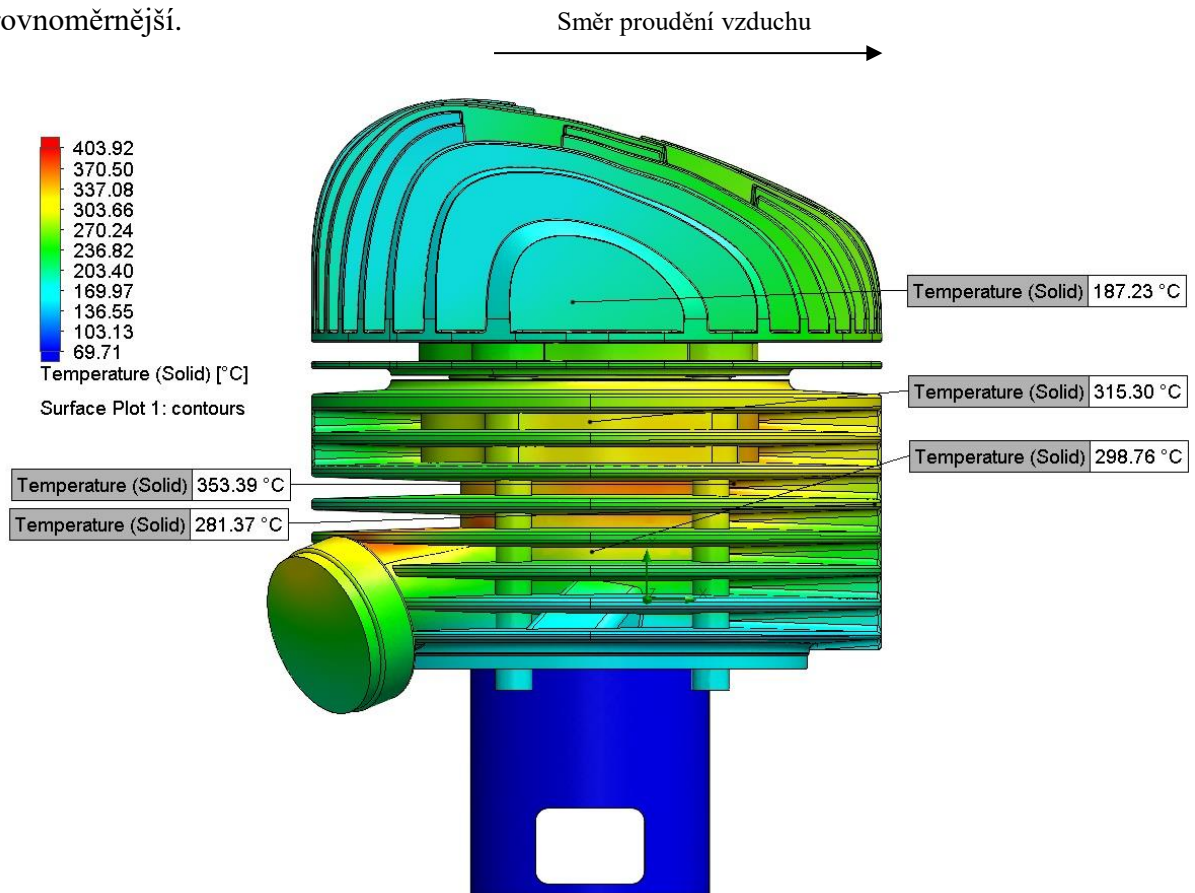
Obrázek 22 umožňuje shlédnout teplotní pole modelu motoru dle skutečných rozměrů. Na první pohled je vidět jeho tvarová složitost oproti zjednodušenému modelu motoru. Maximální teplota vystoupala na 400 °C. U zjednodušeného motoru byla teplota 365 °C, takže nenastal žádný podstatný rozdíl. Teplota víka je oproti zjednodušenému návrhu ale vyšší, protože velká část spalovacího prostoru je umístěna právě ve víku válce. Nad spalovacím prostorem je změna z 230 °C na 290 °C a v horní části víka ze 165 °C na 225 °C. U skutečného motoru velkou část tepla odvádí právě víko válce. U samotného válce je rozdělení teploty rovnoměrnější než u zjednodušeného modelu, docíleno je toho určitě i tím, že zde není zanedbán výfukový kanál a částečně se teplo přenáší i tam. Teplota těsně pod povrchem žebra v závětrné straně se změnila ze 195 °C až na 270 °C. Takové zvýšení teploty nepředstavuje závažný problém.



Obrázek 22. Teplotní pole skutečného výpočtového modelu – vnitřní část

## 12.4 Popis výsledku – vnější strana válce – žebrování

Na obrázku 23 je náhled na vnější stranu válce a víka modelu podle skutečných rozměrů. Také je na první pohled jasně vidět rozdíly oproti zjednodušenému návrhu. Tvar víka je složitější, ve válci jsou výfukové výstupy. Maximální teplota povrchu vnější části válce je 355 °C v závětrné straně, vysoká teplota je také u výfukových výstupů. Teplota krajního žebra více než dvojnásobně vzrostla z 80 °C na 190 °C, to je ale zapříčiněno spalovacím prostorem ve víku. Průměrná teplota pláště válce je slabě nad 300 °C, u zjednodušeného modelu to bylo přibližně 250 °C. Teplotní pole je však hned na první pohled rovnoměrnější.



Obrázek 23. Teplotní pole skutečného výpočtového modelu – vnější část

## 12.5 Zhodnocení výpočtu skutečného modelu

Při srovnání hodnot skutečného modelu motoru s modelem zjednodušeným je vidět, že pro přibližný výpočet je dostačující zjednodušený model. Pro podrobnější výpočet je však třeba využít model dle skutečných hodnot. Při porovnání výsledků je zřejmé, že se teploty velmi podobají. U skutečného modelu je teplotní pole rovnoměrněji rozdělené po celé ploše. Chlazení tedy u toho typu motoru zřejmě probíhá nejlépe, jak by dle možností mělo. Na směr proudění a teplotu okolního vzduchu je možné nahlédnout v příloze J a příloze K.

## 13 Závěr

Tato práce byla věnována chlazení a rozložení teplotního pole jednoválcového zážehového spalovacího motoru Jawa 175, kde předmětem zkoumání byla změna teploty a teplotního pole válce a víka motoru při jednotlivých konstrukčních úpravách.

Konstrukční úpravy byly porovnávány pomocí zjednodušeného návrhu motoru, který vznikl na základě modelu motoru dle přesných vyrobených rozměrů. Zjednodušený model byl tedy přibližnou variantou skutečného modelu motoru. Snížení náročnosti výpočtu a zjednodušení úprav jsou důvody pro tvorbu zjednodušeného modelu. Jedná se o běžný postup, který se v praxi aplikuje.

Konstrukční úpravy byly zvoleny 4, každá byla odlišná a přinesla nepatrně rozdílné výsledky. Tři úpravy zasahovaly přímo do rozměrů válce a víka motoru. První změnou bylo prodloužení činné plochy žeber. Druhou úpravou bylo zmenšení počtu žeber, a tím zvětšení mezer mezi nimi. Třetí konstrukční změnou bylo zúžení žeber při zachování stejných mezer mezi nimi. Zúžení žeber mělo za důsledek i jejich větší počet na povrchu válce. Čtvrtá změna nezasahovala do rozměrů válce ani víka, ale spočívala v přidání deflektoru neboli usměrňovače vzduchu okolo žebrování válce.

Po mnoha změnách rozměrů, aplikaci různých nápadů a několika výpočtech, se ani jednou konstrukční změnou nedosáhlo snížení teplot, ani rovnoměrnějšího rozložení teplotního pole. Bohužel žádný z možných návrhů neměl vyšší chladicí účinek. U deflektoru, u kterého se předpokládal největší úspěch, se spalovací prostor naopak chladil méně. Usměrněný vzduch byl natolik teplý, že teplo z povrchu válce nedokázal lépe odvést do okolního prostředí.

Při výpočtu samotného modelu motoru se dosáhlo dobrých výsledků. Maximální teplota sice o několik stupňů stoupla, ale teplotní pole je lépe rozděleno podél celého válce. Víko odvádí většinu tepla ze spalovacího prostoru.

Po předchozích výpočtech úprav zjednodušených modelů nelze pro zlepšení chlazení doporučit ani jednu z navržených konstrukčních úprav, protože ani jedna nevedla k příznivějšímu výsledku. Naopak se může konstatovat, že ve své době byl motor navržen správně. Efektivně zvládne odvádět vzniklé teplo do okolního prostředí. Také možná proto mnoho z těchto motorů bez problému jezdí i dnes po více než padesáti letech.

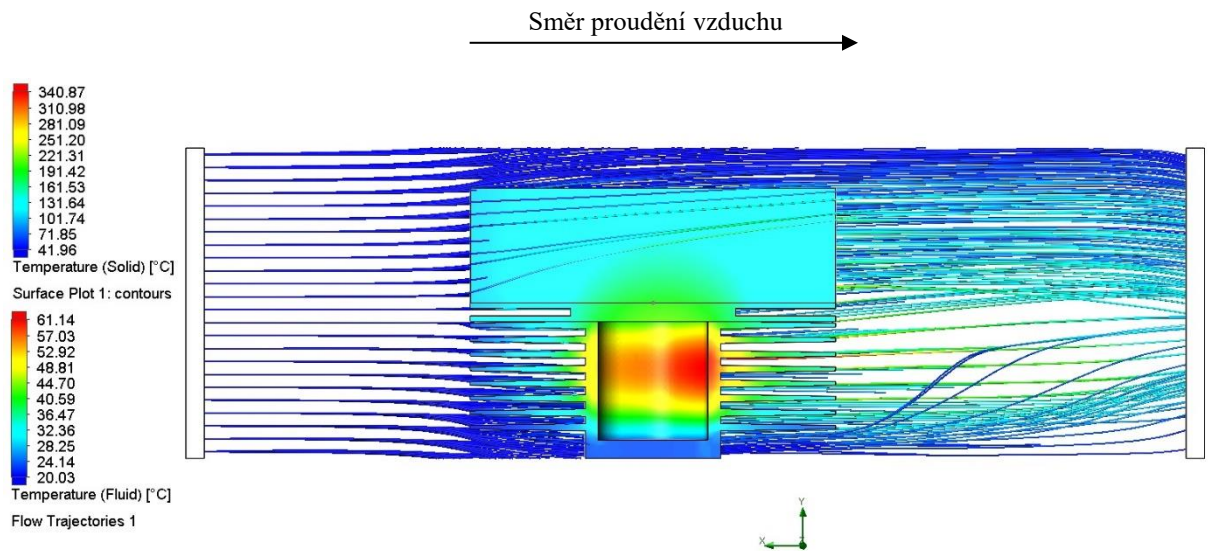
## 14 Seznam zdrojů

- [1] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. ISBN 80-85920-76-x.
- [2] BAMBULA, Oldřich. *Učebnice pro autoškoly*. Praha: Naše vojsko, 1978.
- [3] Technické parametry Jawa 125, 175, 250, 350 - kývačka. In: *Http://motorkari-plana.webnode.cz* [online]. Planá: AMK Planá, 2012 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://motorkari-plana.webnode.cz/products/technicke-parametry-jawa-125-175-250-350-kyvycka/>
- [4] TESAŘ, Miroslav a Ivo ŠEFČÍK. *Konstrukce vozidlových spalovacích motorů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-550-1.
- [5] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4.
- [5] PEKÁREK, Stanislav. *Technologie oprav I. 1*. Nový Jičín: Střední škola technická a zemědělská, 2015. ISBN 978-80-88058-23.6.

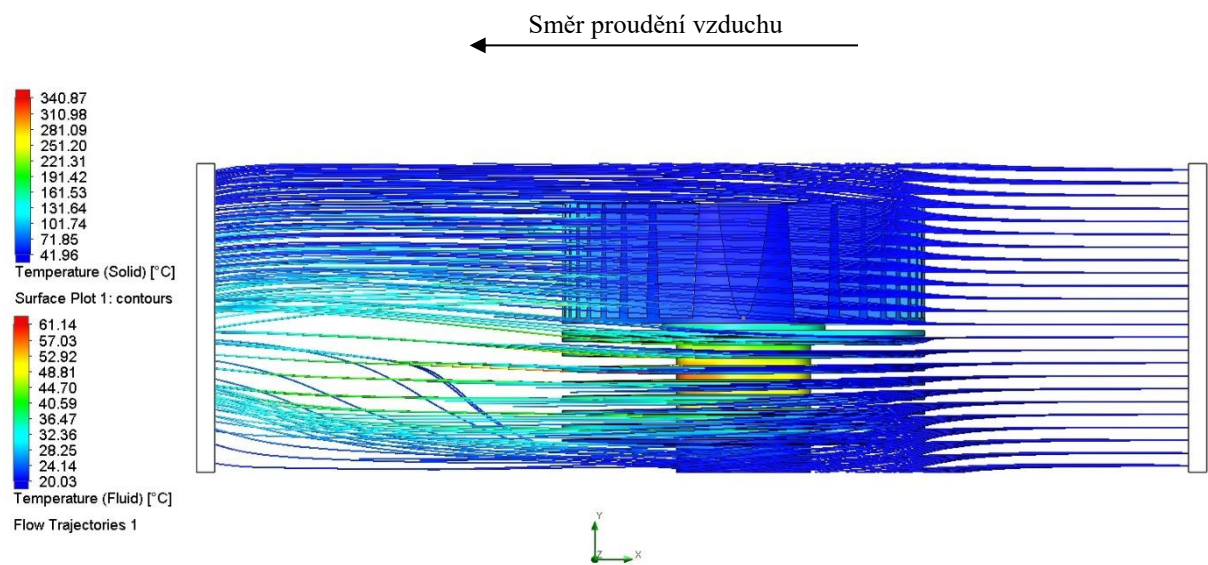


# 15 Přílohy

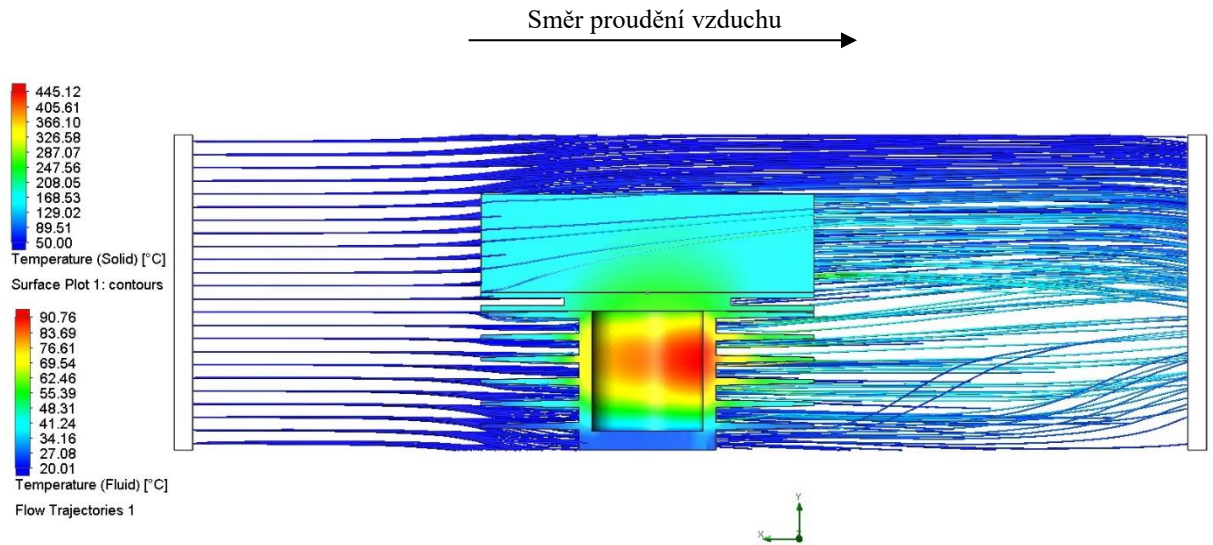
*Příloha A. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – delší žebra*



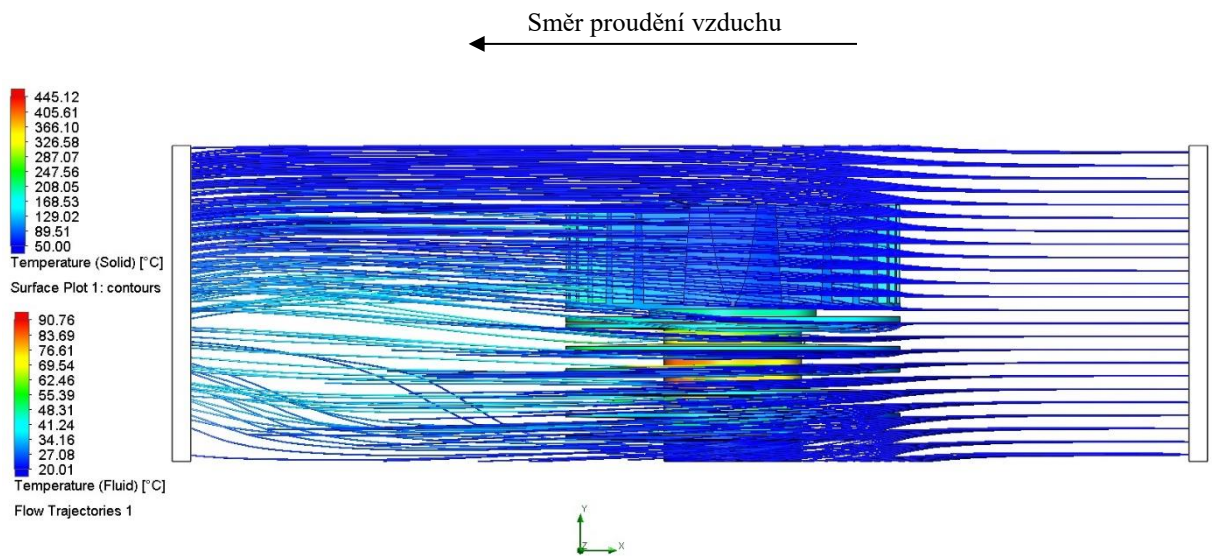
*Příloha B. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – delší žebra*



*Příloha C. Tepl. Pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – větší mezery*

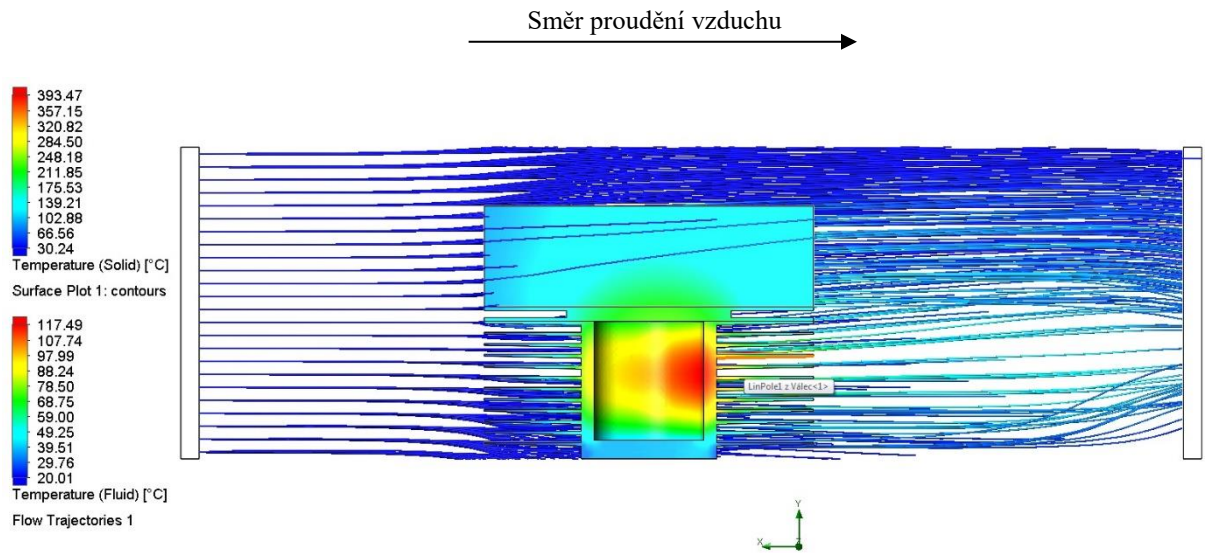


*Příloha D. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – větší mezery*

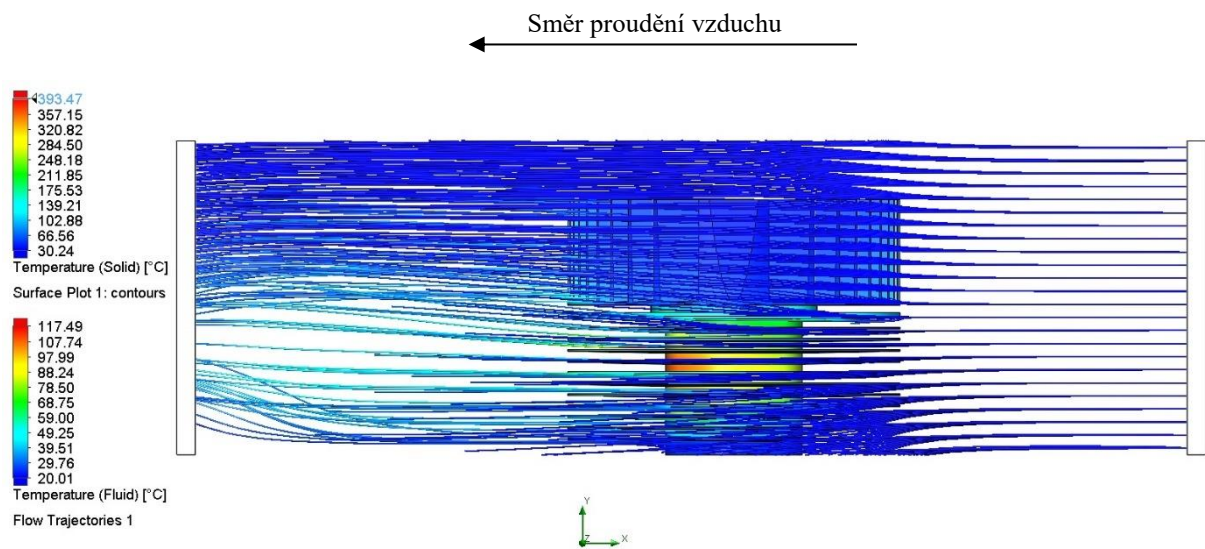




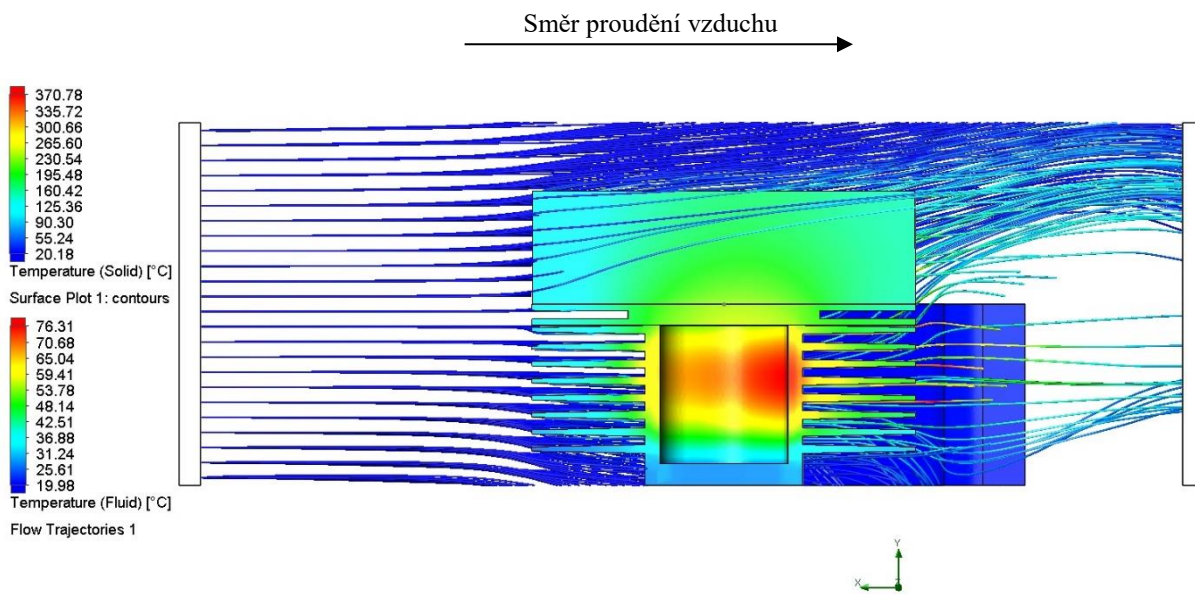
*Příloha E. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – více žeber*



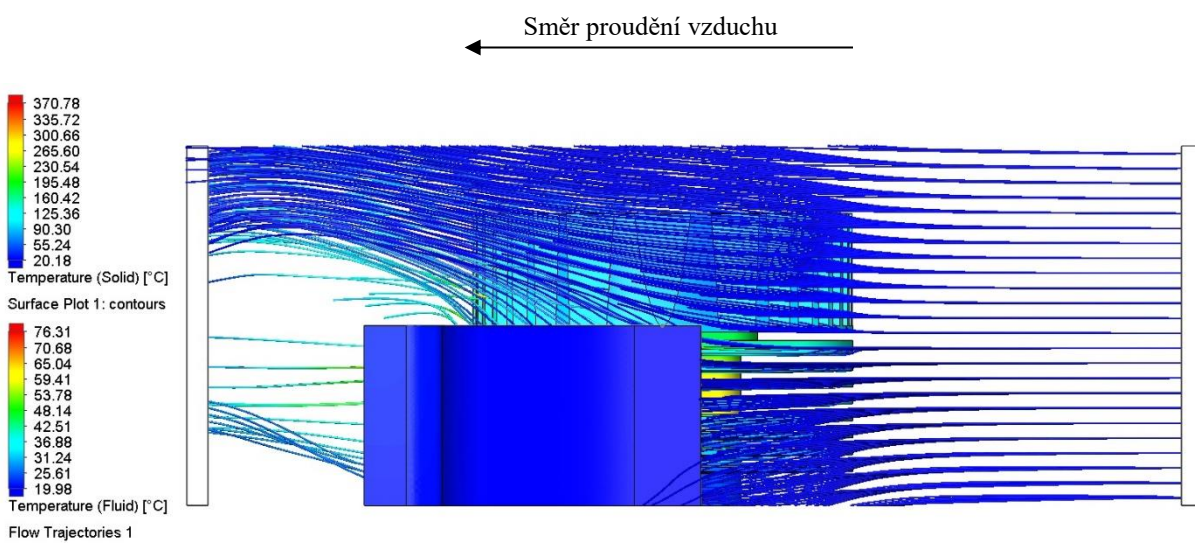
*Příloha F. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – více žeber*



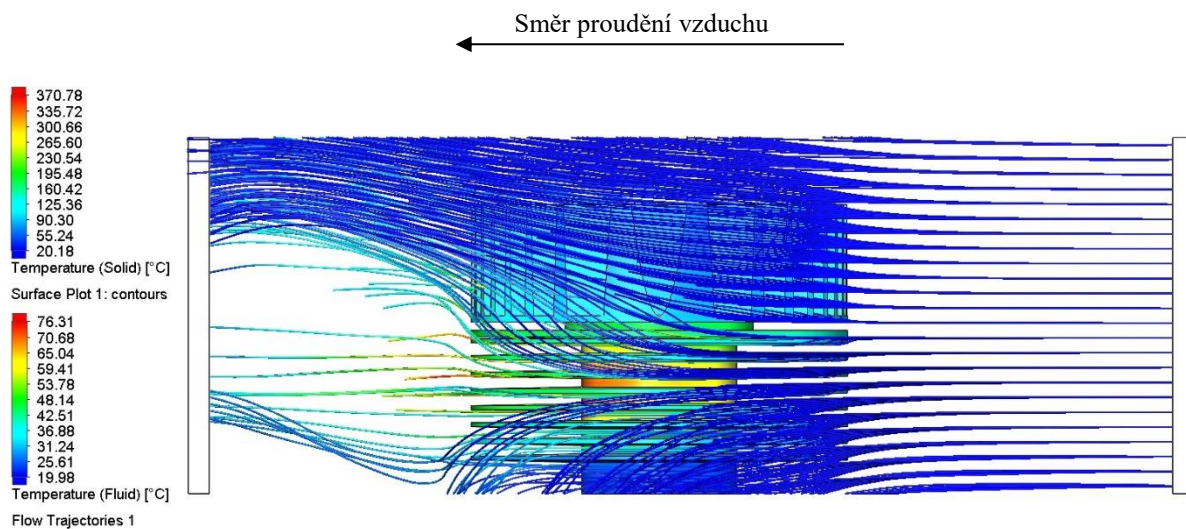
*Příloha G. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnitřní část – proudění – deflektor*



*Příloha H. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – deflektor*



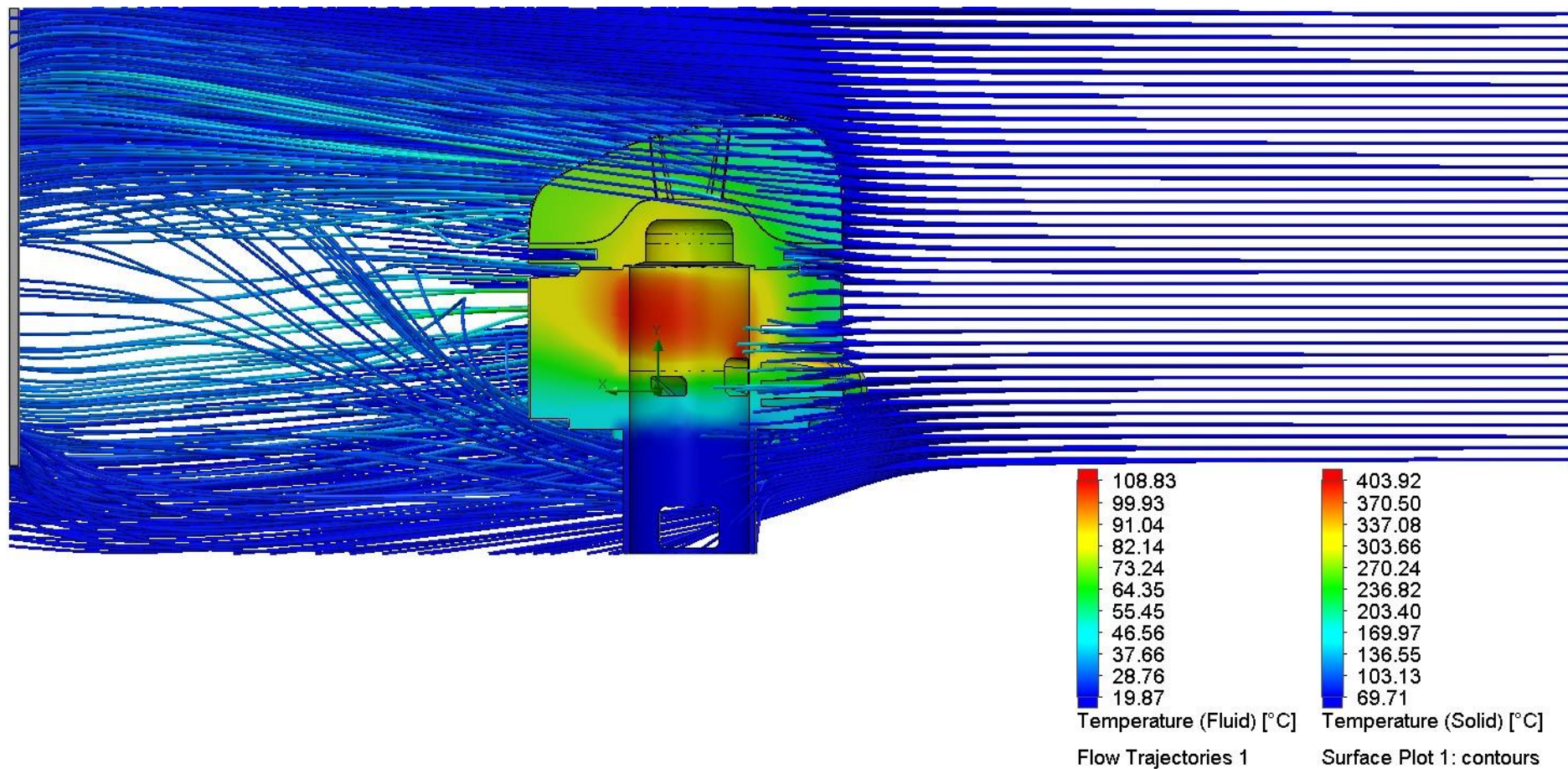
*Příloha I. Tepl. pole zákl. výp. modelu – vnější část – proudění – skrytý deflektor*





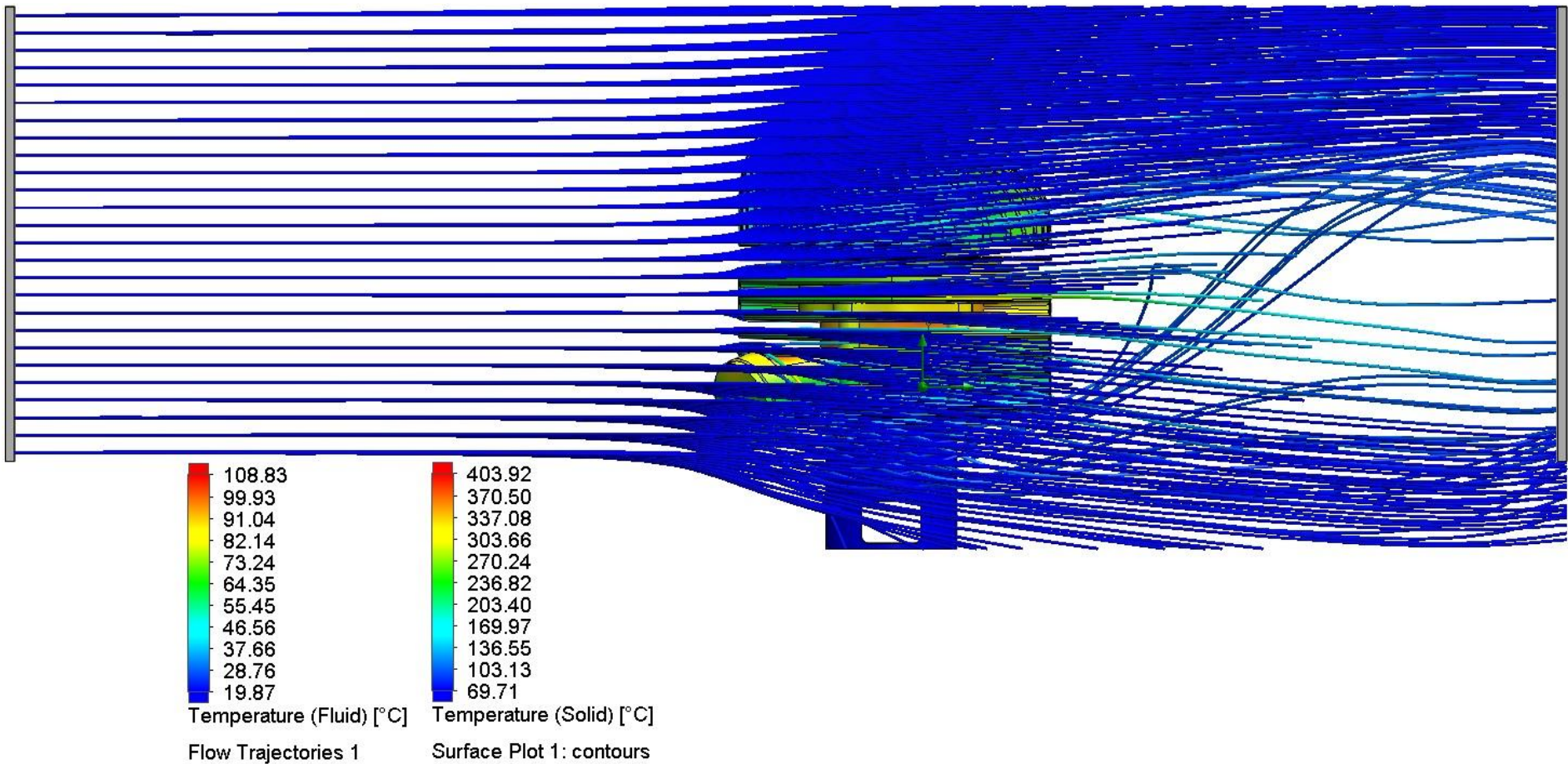
Příloha J. Tepl. pole skutečného výp. modelu – vnitřní část – proudění

← Směr proudění vzduchu

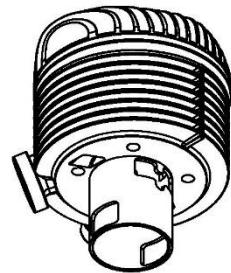
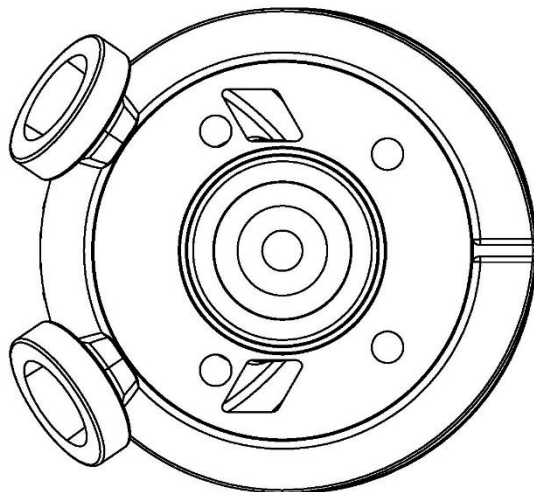
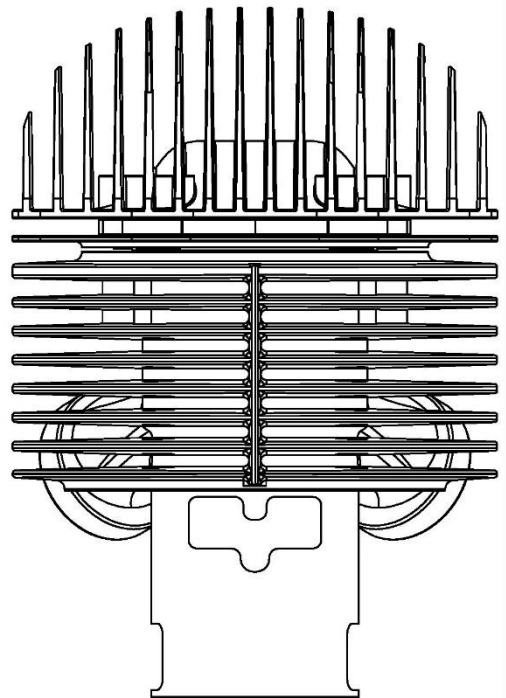
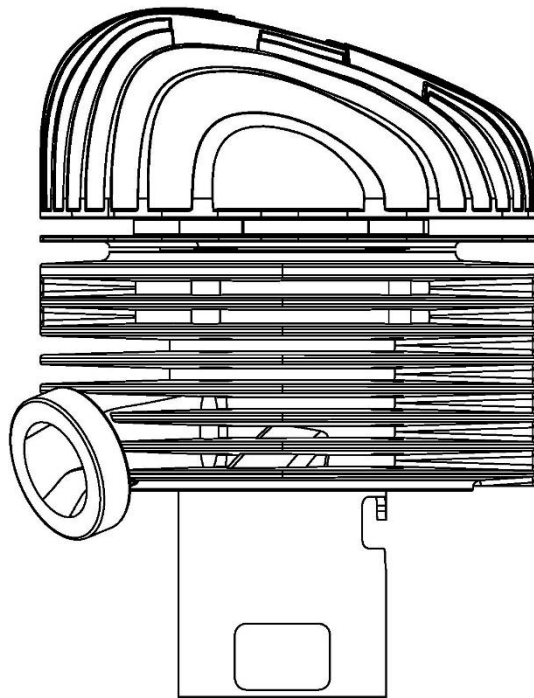


*Příloha K. Tepl. pole skutečného výp. modelu – vnější část – proudění*

Směr proudění vzduchu →

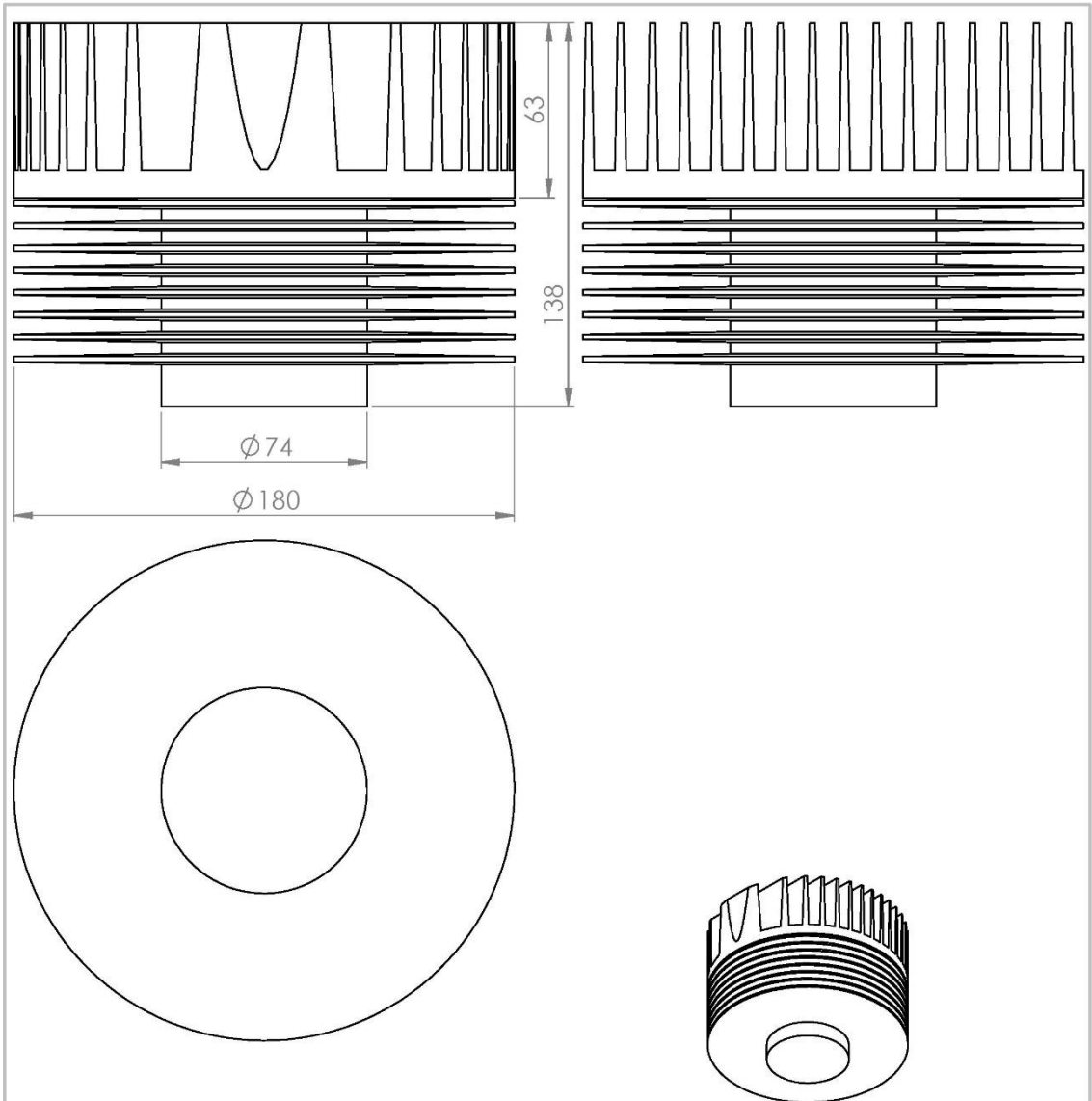


Příloha L. Výkresová dokumentace skutečného modelu motoru



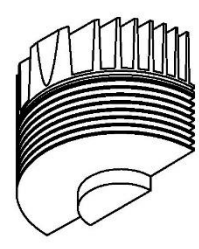
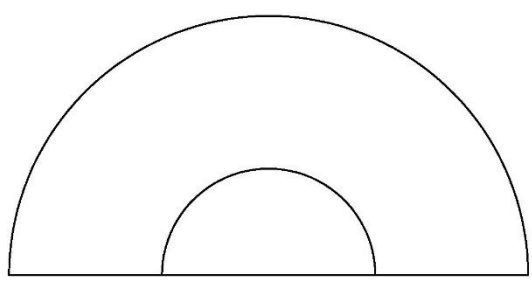
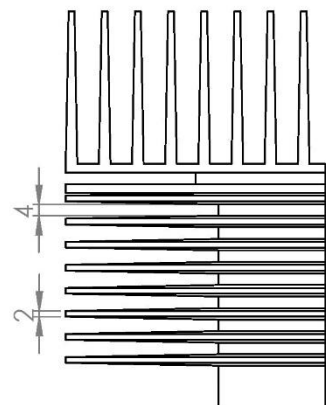
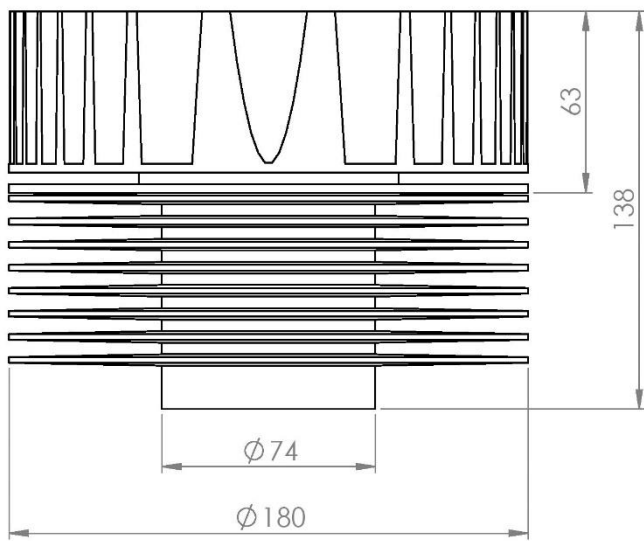
POKUD NEJÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH DRSNOST: TOLERANCE: LINEÁRNÍ: ÚHLOVÁ:				OPRACOVÁNÍ:		ODSTRANIT OSTRÉ HRANY		NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU		ZMĚNA		
NÁZEV:				Uplný model Jawa 175								
NAVRHL:				MATERIÁL:				Č. VÝKRESU				A4
PRÉZKOUSEL:				HMOTNOST:				MĚŘÍTKO:1:2				LIST 1 Z 1 LISTŮ
SCHVÁLIL:												
VÝROBA:												
Z. JAKOSTI:												

Příloha M. Výkresová dokumentace zjednodušeného modelu motoru



POKUD NEJÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH		OPRACOVÁNÍ:		ODSTRANIT OSTRÉ HRANY		NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU		ZMĚNA	
DRŠNOST: TOLERANCE: LINEÁRNÍ: ÚHLOVÁ:									
	NÁZEV	PODPIS	DATUM			NÁZEV: <b>Zjednodušený model</b>			
NAVRHL									
PŘEZKOUSEL									
SCHVÁLIL									
VÝROBA									
Z. JAKOSTI					MATERIÁL:	Č. VÝKRESU		A4	
					HMOTNOST:	MĚŘÍTKO: 1:2		LIST 1 Z 1 LISTŮ	

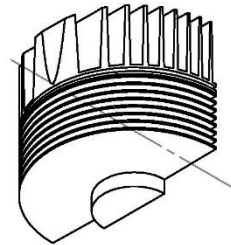
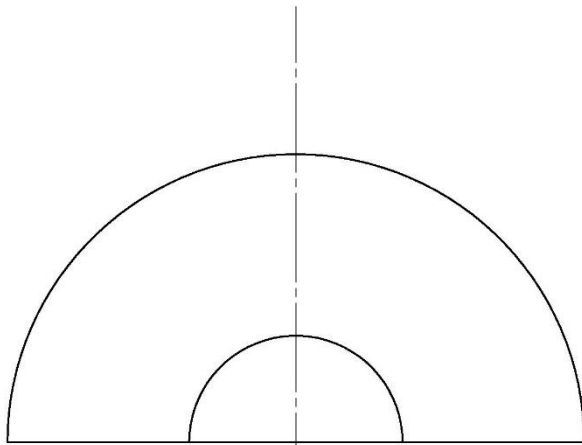
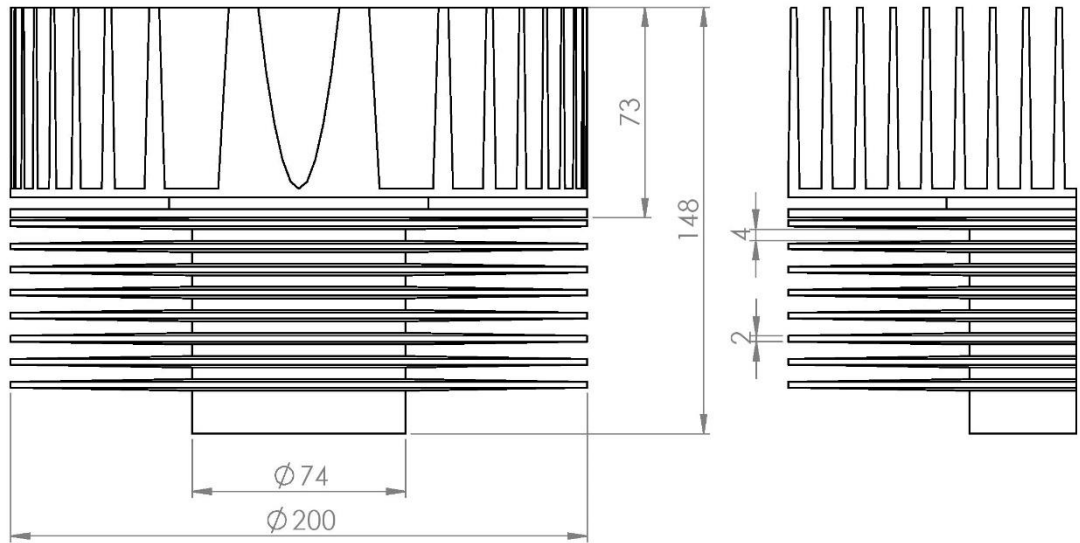
Příloha N. Výkresová dokumentace zjed. modelu motoru v řezu



POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH DRSNOST: TOLERANCE: LINEARNÍ: ÚHLOVÁ:				OPRACOVÁNÍ:	ODSTRANIT OSTŘÉ HRANY	NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU	ZMĚNA
NAVRHL	NÁZEV	PODPIS	DATUM			NÁZEV: <b>Zjednoduš. mod.- řez</b>	
PŘEZKOUSEL						Č. VÝKRESU	A4
SCHVÁLIL							
VÝROBA							
Z. JAKOSTI				MATERIÁL:			
				HMOTNOST:		MĚŘÍTKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ

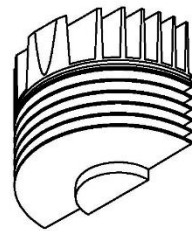
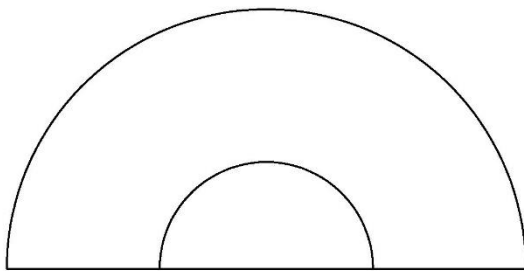
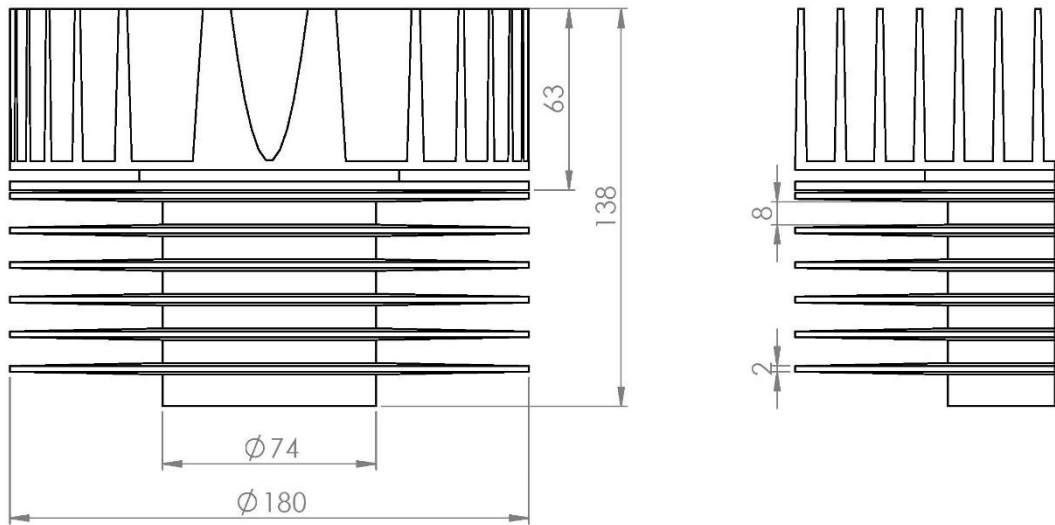


Příloha O. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – delší žebra



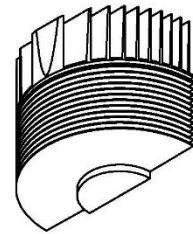
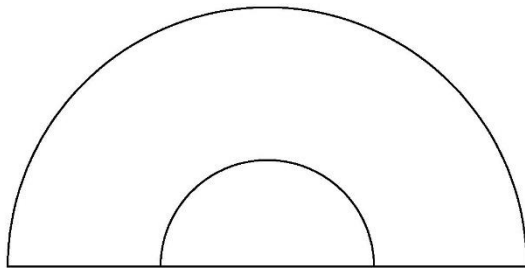
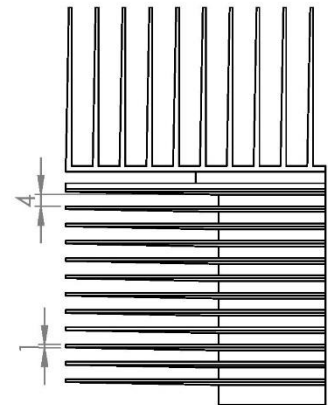
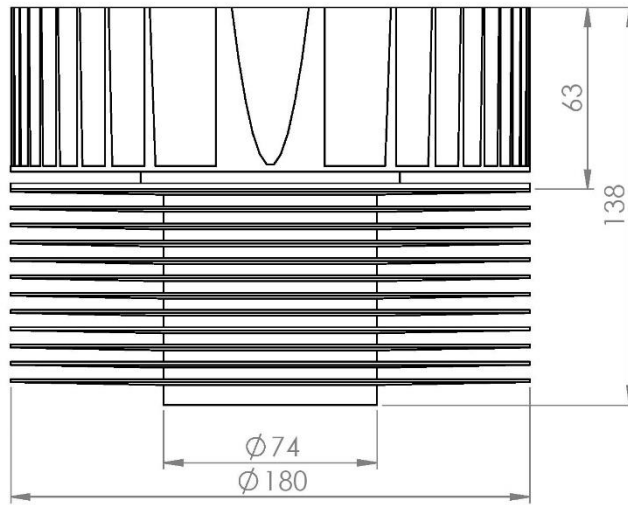
POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH DRSNOST: TOLERANCE: LINEARNÍ: ÚHLOVÁ:				OPRACOVÁNÍ:	ODSTRANIT OSTRÉ HRANY	NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU	ZMĚNA
NAVRHL	NÁZEV	PODPIS	DATUM			NÁZEV: <b>Prodloužená žebra</b>	
PŘEZKOUSEL						Č. VÝKRESU	
SCHVÁLIL						A4	
VÝROBA					MATERIÁL:		
Z. JAKOSTI							
					HMOTNOST:	MĚŘÍTKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ

Příloha P. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – větší mezery žeber



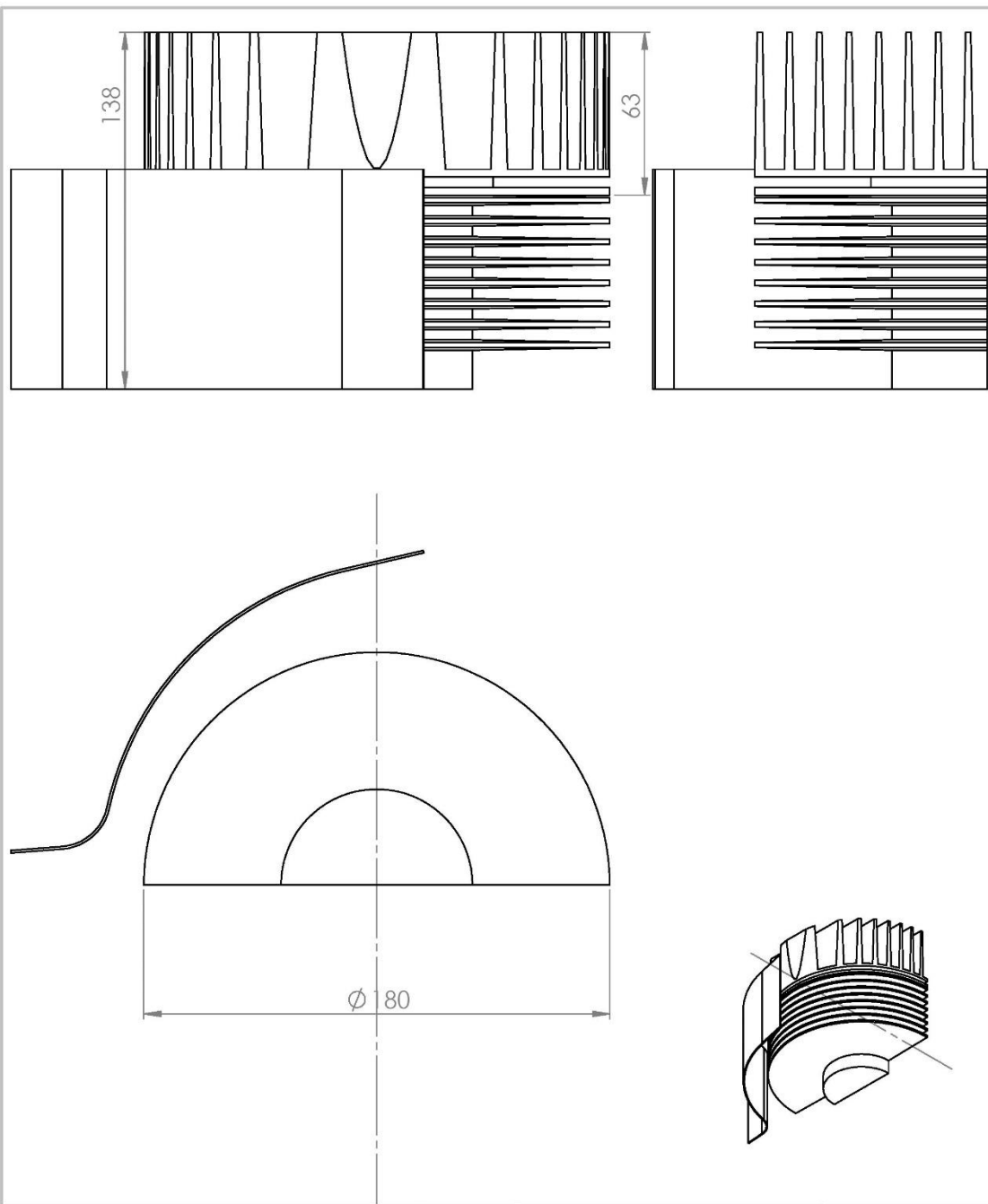
POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH DRŮSNOST: TOLERANCE: LINEARNÍ: ÚHLOVÁ:		OPRACOVÁNÍ:		ODSTRANIT OSTŘÉ HRANY	NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU	ZMĚNA
NAVRHL	NÁZEV	PODPIS	DATUM		NÁZEV: <b>Větší mezery</b>	
PŘEZKOUŠEL					Č. VÝKRESU	
SCHVÁLIL				MATERIÁL:		A4
VÝROBA					MĚŘÍTKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ
Z. JAKOSTI				HMOTNOST:		

Příloha Q. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – užší žebra



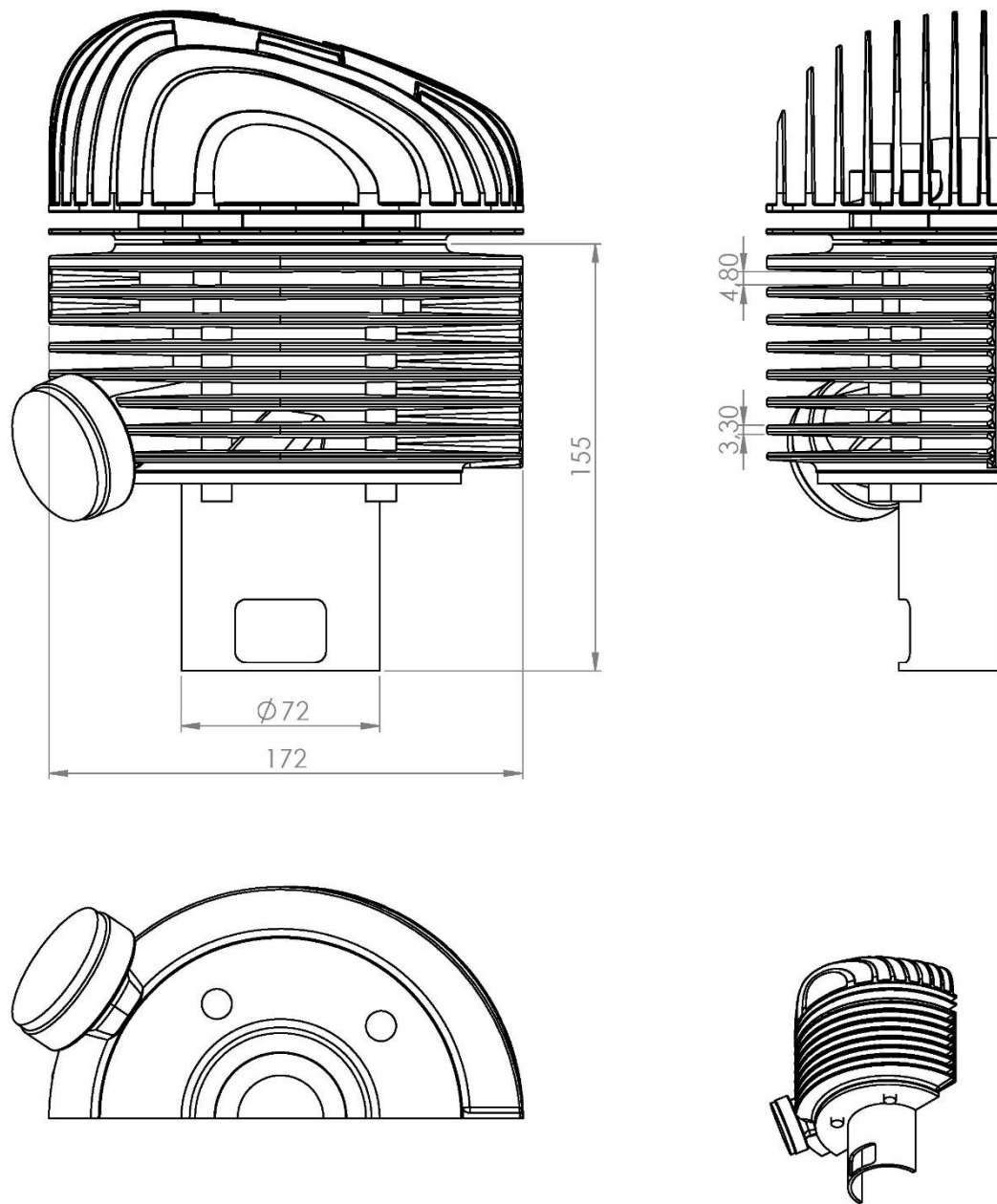
POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH DRSNOST: TOLERANCE: LINEARNÍ: ÚHLOVÁ:				OPRACOVÁNÍ:	ODSTRANIT OSTŘE HRANY	NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU	ZMĚNA
NAVRHL	NÁZEV	PODPIS	DATUM			NÁZEV:  <b>Užší žebra</b>	
PRÉZKOUSEL						Č. VÝKRESU	
SCHVÁLIL						A4	
VÝROBA					MATERIÁL:		
Z. JAKOSTI							
					HMOTNOST:	MĚŘÍTKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ

Příloha R. Výkr. dok. zjed. modelu motoru v řezu – deflektor



POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH				OPRACOVÁNÍ:		ODSTRANIT OSTŘÉ HRANY		NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU		ZMĚNA	
DRŠNOST: TOLERANCE: LINEÁRNÍ: ÚHLOVÁ:											
	NÁZEV	PODPIS	DATUM			NÁZEV: <b>Model s deflektorem</b>					
NAVRHL						Č. VÝKRESU					
PŘEZKOUSEL						A4					
SCHVÁLIL											
VÝROBA											
Z. JAKOSTI					MATERIÁL:						
					HMOTNOST:						
						MĚŘÍTKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ				

Příloha S. Výkresová dokumentace skut. modelu motoru v řezu



POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH DRSNOST: TOLERANCE: LINEARNÍ: ÚHLOVÁ:				OPRACOVÁNÍ:	ODSTRANIT OSTŘÉ HRANY	NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU	ZMĚNA
NAVRHL	NÁZEV	PODPIS	DATUM			NÁZEV: <b>Skut. mod. motoru - řez</b>	
PŘEZKOUSEL						Č. VÝKRESU	
SCHVÁLIL						A4	
VÝROBA					MATERIÁL:		
Z. JAKOSTI							
					HMOTNOST:	MĚŘÍTKO:1:2	LIST 1 Z 1 LISTŮ