

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

AUTOMOBILOVÉ SOUTĚŽE A POUŽÍVANÁ TECHNIKA VČETNĚ SERIÁLU WRC

RALLYE CHAMPIONSHIPS AND USED ENGINEERING INCLUDING WRC SERIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL NOVÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL RAMÍK

ABSTRAKT

Obsahem bakalářské práce je přehled současného stavu techniky používané v automobilových soutěžích se zaměřením na seriál WRC. Práce je rozdělena do pěti částí. V první části jsou uvedeny soudobé automobilové soutěže a federace FIA. Druhá část je zaměřená na specifikaci vozů WRC. Třetí část seznamuje se způsobem organizace šampionátu WRC. Jsou představeny posádky se svými týmy, jejich výsledky v šampionátu a v poháru konstruktérů. Největší pozornost je věnována čtvrté a páté části, které jsou zaměřeny na soudobou techniku používanou ve WRC a vývojové trendy v této oblasti. Jsou zde uvedeny způsoby virtuálního navrhování, počítačové simulace a testování. V závěru práce jsou zmíněny příklady vývoje vozů WRC a řešení převzaté na sériové vozy z techniky WRC.

Klíčová slova:

Rallye, FIA, WRC, karoserie, podvozek, tlumič, motor, převodovka, diferenciál, brzda, pneumatika, testování, rekuperace

ABSTRACT

The content of the bachelor thesis is an overview of the current condition of technics used in the car racing competitions focused on the WRC serial. The thesis is divided into five parts. The first part introduces the contemporary car competitions and FIA federation. The second part is focused on specification of the WRC cars. The third part familiarizes with the organization process of the WRC championship. There are introduced crews with their teams and their results in the constructor cup. The main attention is given to the parts four and five which deal with the contemporary engineering used in WRC and the development trends in this field. There are given methods of virtual designing, computer simulation and testing. In the conclusion of the thesis there are mentioned examples of WRC car development and solutions assumed for the serial cars from the WRC technics.

Key words:

Rallye, FIA, WRC, carriage body, carriage unit, absorber, engine, gearbox, differential gear, brake, tire, testing, recuperation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVÁK, P. *Automobilové soutěže a používaná technika včetně seriálu WRC*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 63 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Ramík.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana Ing. Pavla Ramíka a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 27.5.2010

.....
Pavel Novák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Pavlu Ramíkovi za odborné vedení, cenné rady a věnovaný čas v průběhu psaní bakalářské práce. Dále chci poděkovat svým rodičům a přítelkyni za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. AUTOMOBILOVÉ SOUTĚŽE A FEDERACE FIA.....	9
2.1 Charakteristika soutěží rallye.....	10
3. OBECNÁ SPECIFIKACE VOZU WRC.....	11
4 ORGANIZACE SOUČASNÉHO ŠAMPIONÁTU WRC.....	12
4.1 Závodní týmy ve WRC.....	13
4.1.1 Závodní týmy ve WRC.....	14
4.2 Pohár konstruktérů	17
5. KONSTRUKCE SOUČASNÝCH VOZŮ WRC.....	19
5.1 Karosérie.....	20
5.1.1 Příklady konstrukčních provedení.....	21
5.2 Podvozek a tlumiče.....	24
5.2.1 Příklady konstrukčních provedení.....	26
5.3 Motor.....	28
5.3.1 Příklady konstrukčních provedení.....	31
5.4 Převodovka.....	31
5.4.1 Příklady konstrukčních provedení.....	33
5.5 Diferenciály.....	33
5.5.1 Příklady konstrukčních provedení.....	34
5.6 Brzdy.....	35
5.6.1 Příklady konstrukčních provedení.....	36
5.7 Pneumatiky.....	37
5.7.1 Příklady používaný pneumatik na vozech WRC	38
6. VÝVOJ VOZIDEL WRC.....	39
6.1 Soudobé trendy ve vývoji vozidel.....	39
6.1.1 Virtuální navrhování.....	39
6.1.2 Počítačové simulace.....	40
6.2 Testování a jejich vyhodnocení	44
6.6 Rekuperace energie.....	54

7. ZÁVĚR.....	55
Seznam použité literatury	58
Seznam použitých zkratek.....	63

1. ÚVOD

K člověku již od nepaměti patří soutěživost, ať už se jedná o jakékoli odvětví. Jedním z těchto odvětví je sám sport. Ten zdokonaluje fyzickou a psychickou vybavenost člověka, který se snaží být právě tím nejrychlejším a nejlepším mezi ostatními. Jedním z těchto sportů je automobilový sport. Jedná se o velmi náročný sport, který se opírá nejen o samotného jezdce a jeho vůz, ale především o zázemí týmu a technologický vývoj. Díky tomuto vývojářskému boji se objevují nové možnosti zlepšení závodních vozů, které se po určitém čase objevují i v nových sériových vozech.

V automobilových závodech se samozřejmě projevuje souboj jak mezi jezdci tak i mezi automobilovými značkami. Závodí se s vozy v různých obsahových skupinách, s různým počtem poháněných náprav, na různých površích, atd. Ve svém snažení stát se vítězem daného šampionátu se však musí striktně řídit pravidly FIA (Federation Internationale de L'Automobile). Pravidla jsou velice přísná a specifikují společné parametry vozů a bezpečnost posádky v daném šampionátu.

2. AUTOMOBILOVÉ SOUTĚŽE A FEDERACE FIA

Automobilové závody na něž federace FIA dohlíží se dělí do 25 skupin, z nichž asi nejznámější jsou FIA Formula 1 a FIA World Rally Championship, viz Tab. č. 1.

Tab.č.1 – Skupiny automobilových závodů pod federací FIA [1]

2.1 Charakteristika soutěží rallye

Slovo *rallye* pochází z francouzského výrazu, jenž znamená hvězdicový styl jízdy, kdy se z různých startovacích míst sjížděla vozidla do cíle. Postupným vývojem se závody přesunuly na uzavřené úseky běžných komunikací různých úrovní. Těmto úsekům se říká rychlostní zkoušky. Mají pevný start a letný cíl. Čas se měří s přesností na jednu desetinu sekundy. Přejezdy mezi jednotlivými časovými úseky jsou po otevřených komunikacích, kde musejí posádky dodržovat všechny dopravní předpisy a přesně předepsané časy, kdy se musejí dostavit na průběžné časové kontroly. Pokud tak posádka neučiní, jsou jí připočteny k časů měřených úseků penalizace. Konečné pořadí se vyhodnocuje podle součtu všech úseků a penalizací.

Rallye se dnes dělí na:

WRC - Vozy s motorem do 2000 ccm s turbodmychadlem.
- Pohon 4x4.
- Točivý moment není omezen.
- Ze sériového vozu pouze skelet a blok motoru.

PWRC - Produkční vozy .

IRC - Mistrovství Evropy s vozy třídy S2000.

JWRC - Vozy skupiny S1600 nebo N s jezdcí mladší 28 let.

Skupina S1600 - Vozy s obsahem motoru do 1600ccm, omezený kompresní poměr, sání a výfukové potrubí musí být homologované FIA, skříň převodovky musí vážit minimálně 35kg, spojka o maximálně $\varnothing = 184\text{mm}$ a diferenciál s převodovkou musí mít pouze manuální ovládání.

Skupina N - Sériové vozy s omezeným počtem úprav (podvozek, sání, řídicí jednotka, tlumiče, brzdy).
- U přeplňovaných vozů restriktor max. $\varnothing = 34\text{mm}$.
- Všechny třídy N mají pohon pouze jedné nápravy, kromě skupiny N4.

Skupina A - Závodní vozy s více úpravami než vozy skupiny N (ojnice, písty, vačková hřídel, sekvenční převodovky, úprava sacích kanálů).
- Všechny vozy třídy A mají pohon pouze jedné nápravy, kromě třídy A8.

3. OBECNÁ SPECIFIKACE VOZU WRC

WRC je speciální skupina, vytvořená v polovině devadesátých let. Vozy této specifikace vycházejí ze sériových vozů, kterých bylo vyrobeno minimálně 2500 kusů. Karoserie je obohacena o aerodynamické prvky zajišťující větší přítlak vozu, viz obr. 1. Bezpečnost posádky se řídí podle předpisů FIA. Je nutné dodržet minimální délku vozidla 4000 mm a minimální hmotnost 1230 kg. Tyto vozy jsou osazeny motorem s turbodmychadlem s maximálním objemem 2000 ccm. Výkon omezuje podle předpisů FIA na hodnotu přibližně 300 koňských sil s použitým restriktorem \varnothing 34 mm. Ten je umístěn na vstupu vzduchu do turbodmychadla.

Maximální hodnota kroutící momentu není nijak omezena, tudíž se jedná o jednu z alchymii každého týmu jak nejlépe nakonfigurovat jeho průběh. Kroutící moment byl dříve přenášen na všechny kola pomocí aktivních diferenciálů, ale od sezóny roku 2007 se rozhodla FIA předeepsat pasivní diferenciály. Zpřevodování vozu je většinou sekvenční šestistupňové ovládané řadicí pákou nebo tlačítky na volantu. Spojkový pedál se používá jen k zařazení prvního a zpětného rychlostního stupně. Samotný výkon nestačí, je potřeba i velmi účinných a po dobu celého závodu plně funkčních brzd.

Téměř celý vůz je tedy konstruován speciálně na rallye, ze sériového vozu přebírá pouze skelet karoserie. Proto jsou auta této královské třídy téměř nepřekonatelná na jakémkoli povrchu.



Obr.1 Subaru Impreza WRC [2]

4. ORGANIZACE SOUČASNÉHO ŠAMPIONÁTU WRC

Celý šampionát začíná koncem měsíce ledna. Federace FIA se snaží šampionát zpestřit každým rokem několika novými podniky. Provedla tedy velké změny od ročníku 2009 zahájeným netradičně Rally Ireland na rozdíl od předešlým ročníkům začínajícím Rally Monte Carlo. Která je po 76 konaných ročnicích nejstarší událostí v kalendáři FIA World Rally Championship. Byl to velice atraktivní podnik jak z pohledu náročnosti pro jezdce tak i z pohledu diváků, kteří si mohli vychutnat velkolepý superspeciál na části okruhu Formule 1 přímo v Monaku. Ročník 2010 je zahájen až v únoru Rally Sweden.

Do harmonogramu je zařazena nová Rally Bulgaria, která je umístěna jako 7. v pořadí z celkových 13 podniků. Posádky se tak utkají v boji o cenné mistrovské body po celém světě, viz (obr. 4) na různých typech tratí od nočních rychlostních zkoušek, sněhu, ledu, deště, šotoliny až po vyprahlé prašné cesty. Vše letos končí v půli listopadu, kdy mohou posádky bojovat o poslední body ve Walles Rally GB, po které následuje slavnostní vyhlášení posádky mistrů světa ve WRC.






Obr. 2 Mapa podniků FIA World Rally Championship 2009 [3]

4.1 Závodní týmy ve WRC

V šampionátu WRC jsou obsazeny jak týmy tovární tak týmy soukromé. Jelikož se jedná o velice nákladný sport není mnoho závodních týmů (viz. Tab. č.2), které si mohou dovolit účastnit se celého šampionátu. V posledních letech z tohoto důvodu muselo několik týmů svou činnost ukončit.

Tab. č.2 Týmy WRC sezóny 2010

<p>Citroën Total World Rally Team</p> <p>Versailles, Francie</p> <p>založeno roku 1989</p>	 <p>[4]</p>	<p>Aktuální vůz: Citroën C4 WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Sebastien Loeb, Dani Sordo</p> <p>Pohár konstruktérů: 2003,2004,2005, 2008,2009</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009: 60</p> <p>Týmový ředitel: Olivier Quesnel</p> <p>Týmové stránky: www.citroen-wrc.com</p>
<p>BP – Ford Abu Dhabi World Rally Team</p> <p>Cumbria, Anglie</p> <p>založeno v roce 1997</p>	 <p>[5]</p>	<p>Aktuální vůz: Ford Focus RS WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Mikko Hirvonen, Jari-Matti Latvala, Khalid Al Quassimi</p> <p>Pohár konstruktérů: 1979,2006,2007</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009: 73</p> <p>Týmový ředitel: Malcolm Wilson</p> <p>Týmové stránky: www. wrcford.com</p>
<p>Citroën Junior Team</p> <p>Versailles, Francie</p> <p>založeno roku 2009</p>	 <p>[6]</p>	<p>Aktuální vůz: Citroen C4 WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Kimi Raikkonen, Sebastien Ogier</p> <p>Pohár konstruktérů: -</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009:-</p> <p>Týmový ředitel: Bendit Nogier</p> <p>Týmové stránky: www.citroen-wrc.com</p>









<p>Munchi's Ford World Rally Team</p> <p>Cumbria, Anglie</p> <p>založeno roku 2007</p>	 <p>[7]</p>	<p>Aktuální vůz: Ford Focus RS WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Frederico Villagra</p> <p>Pohár konstruktérů: -</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009: -</p> <p>Týmový ředitel: Martin Christie</p> <p>Týmové stránky: www.munchis.com.ar</p>
<p>Stobart M-Sport Ford Rally Team</p> <p>Cumbria, Anglie</p> <p>založeno roku 2006</p>	 <p>[8]</p>	<p>Aktuální vůz: Ford Focus RS WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Matthew Wilson, Henning Solberg</p> <p>Pohár konstruktérů: -</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009: -</p> <p>Týmový ředitel: Malcolm Wilson</p> <p>Týmové stránky: www.stobartmotorsport.com</p>
<p>Petter Solberg World Rally Team</p> <p>Torsby, Švédsko</p> <p>založeno roku 2009</p>	 <p>[9]</p>	<p>Aktuální vůz: Citroen C4 WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Peter Solberg</p> <p>Pohár konstruktérů: -</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009: -</p> <p>Týmový ředitel: Ken Rees</p> <p>Týmové stránky: www.pettersolberg.com</p>
<p>Monster World Rally Team</p> <p>Cumbria, Anglie</p> <p>založeno roku 2010</p>	 <p>[10]</p>	<p>Aktuální vůz: Ford Focus RS WRC</p> <p>Aktuální řidiči: Ken Block</p> <p>Pohár konstruktérů: -</p> <p>Počet vítězství na konci sezóny 2009: -</p> <p>Týmový ředitel: Derek Dauncey</p> <p>Týmové stránky: www.monsterworldrallyteam.com</p>
















4.1.1 Šampionát jezdců
















Souboj mezi sebou nesvádějí pouze závodní týmy, ale i samotní jezdci bojující o cenné body. Mezi některými jezdci vládne velká rivalita, jenž je v nejedné rychlostní zkoušce posouvá na samotnou hranici svých možností.

Soudobým nelepším jezdce je francouzský jezdec Sebastien Loeb se svým dlouholetým spolujezdcem Danielem Elenou, kteří jsou se svými šesti tituly mistra světa v řadě rekordmanky v tomto šampionátu. Jejich velkými rivaly jsou např. Marcus Grönholm, Peter Solberg, Mikko Hirvonen a Dani Sordo. Mezi české jezdce světových podniků patří např: Jan Kopecký, Roman Kresta a Martin Prokop

Tab. č.3 Šampionát jezdců

Posádka		Největší úspěchy
Jezdec : Sebastien Loeb  Spolujezdec: Daniel Elena 	 [11] Sebastien Loeb	Vítězství: 57 Mistr světa: 2004,2005,2006, 2007,2008,2009
Jezdec : Dani Sordó  Spolujezdec: Marc Marti 	 [12] Dani Sordó	Vítězství: 0 Mistr světa: -----
Jezdec : Ken Block  Spolujezdec: Alex Gelsomino 	 [13] Ken Block	Vítězství: 0 Mistr světa: -----

<p>Jezdec : Petter Solberg </p> <p>Spolujezdec: Phil Mills </p>	 [14] Petter Solberg	<p>Vítězství: 13</p> <p>Mistr světa: 2003</p>
<p>Jezdec : Mikko Hirvonen </p> <p>Spolujezdec: Jarmo Lehtinen </p>	 [15] Mikko Hirvonen	<p>Vítězství: 12</p> <p>Mistr světa: -----</p>
<p>Jezdec : Jari-Matti Latvala </p> <p>Spolujezdec: Miikka Anttila </p>	 [16] Jari-Matti Latvala	<p>Vítězství: 3</p> <p>Mistr světa: -----</p>
<p>Jezdec : Khalid Al - Qassimi </p> <p>Spolujezdec: Michael Orr </p>	 [17] Khalid Al - Qassimi	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: -----</p>
<p>Jezdec : Sebastien Ogier </p> <p>Spolujezdec: Juliem Ingrassia </p>	 [18] Sebastien Ogier	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: J-WRC 2008</p>

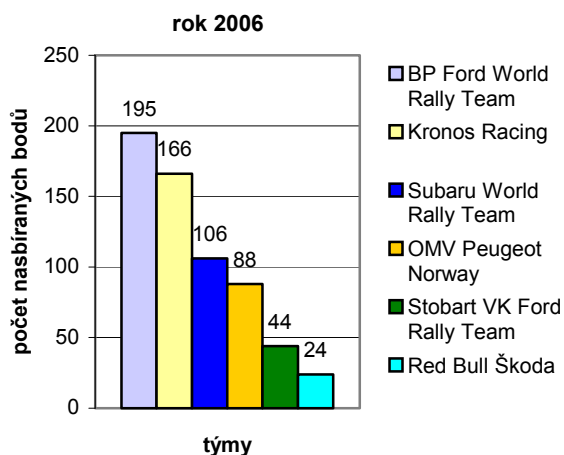
<p>Jezdec : Kimi Raikkonen </p> <p>Spolujezdec: Kaj Lindstrom </p>	 [19] Kimi Raikkonen	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: F1 2007</p>
<p>Jezdec : Mads Ostberg </p> <p>Spolujezdec: Ole Kristian Unnerund </p>	 [20] Mads Ostberg	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: -----</p>
<p>Jezdec : Matthew Wilson </p> <p>Spolujezdec: Scott Martin </p>	 [21] Matthew Wilson	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: -----</p>
<p>Jezdec : Henning Solberg </p> <p>Spolujezdec: Ilka Minor </p>	 [22] Henning Solberg	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: -----</p>
<p>Jezdec : Federico Villagra </p> <p>Spolujezdec: Jorge Perez Companc </p>	 [23] Federico Villagra	<p>Vítězství: 0</p> <p>Mistr světa: -----</p>

4.2 Pohár konstruktérů

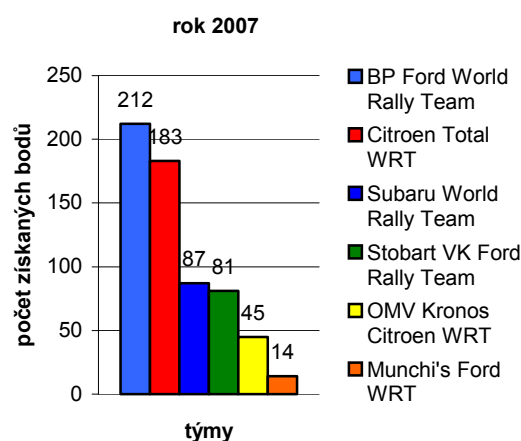
Jedná se o pohár, ve kterém se projevuje kvalita týmu, spolehlivost, technická vyspělost, atd. Z těchto faktorů vycházejí na konci každé rallye předpoklady k získání bodů za umístění v odjeté rallye. Toto bodové ohodnocení každého týmu se sčítá ze všech rallye s tím, že nejhorší výsledek se nepočítá. Každý z šesti týmů může vybrat dva vozy, které budou sbírat body pro jejich týmový výsledek. Pro získání vítězství v poháru konstruktérů je nutné mít spolehlivý vůz, který je i dobrým prostředkem k co nejlepšímu umístění. Bodové hodnocení je klasifikováno následovně 10-8-6-5-4-3-2-1 bodů za umístění v závodě.

Na konci sezóny se může stát vítězem pouze jeden tým. Žádná druhá ani třetí místa se neudělují. Je tedy otázkou prestiže získat tento titul.

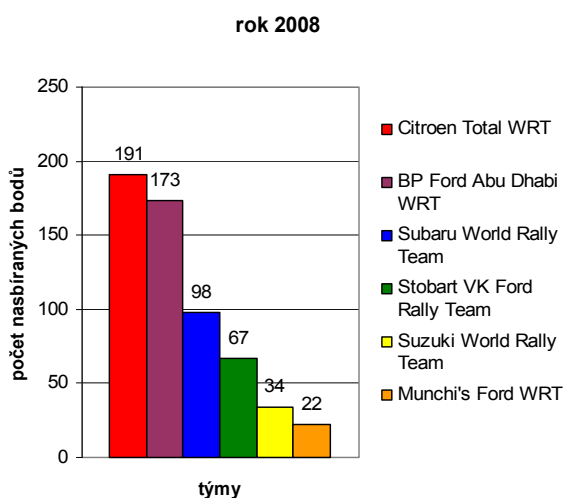
Výsledky poslední roky poháru konstruktérů



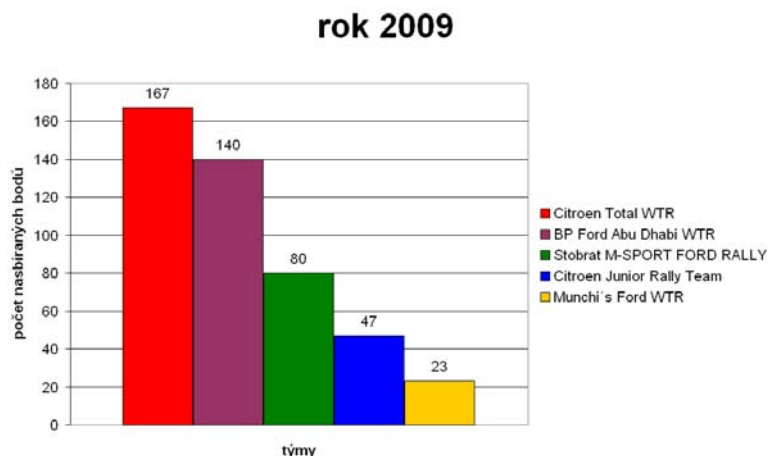
Graf č. 1



Graf č. 2



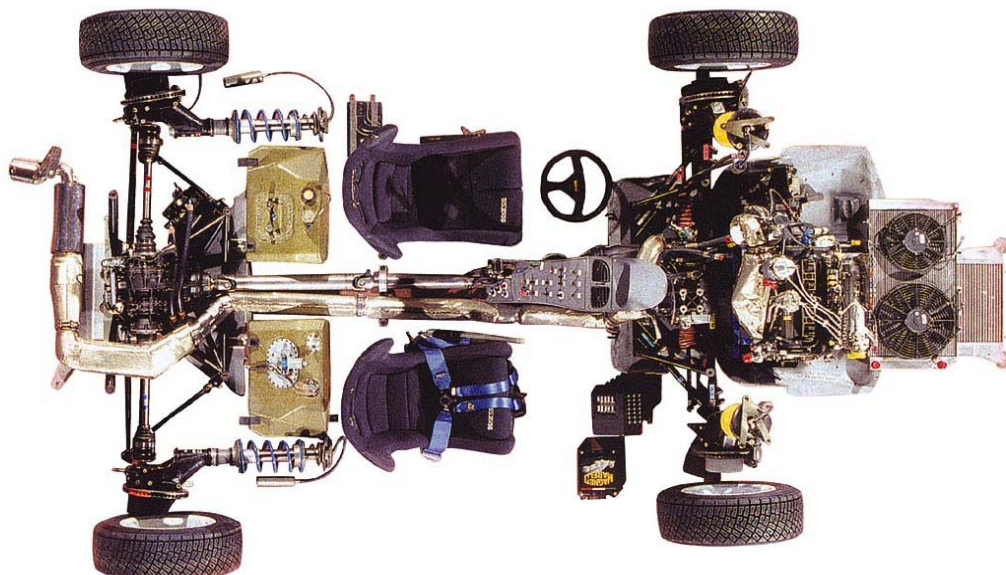
Graf č.3



Graf č.4

5. KONSTRUKCE SOUČASNÝCH VOZŮ

Závodní vozy se skládají z mnoha dílů a komponentů, viz obr. 5, které jsou pečlivě vyvíjeny s cílem co nejlepší účinnosti, spolehlivosti, bezpečnosti a nejmenší hmotnosti. Cena jejich vývoje a výroby se pohybuje v řádech milionů korun. V této části budou představeny nejdůležitější prvky těchto výjimečných vozů.

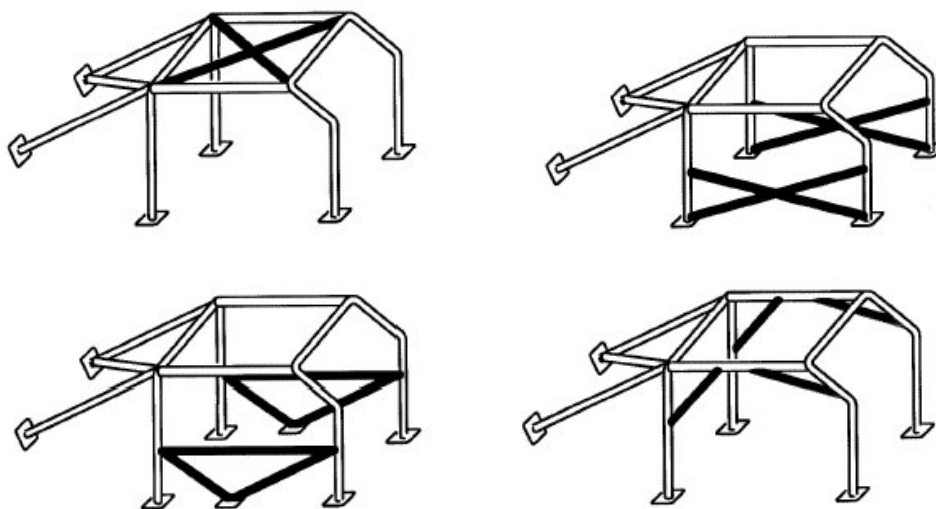


Obr. 3 Základní komponenty vozu WRC [24]

5.1 Karosérie

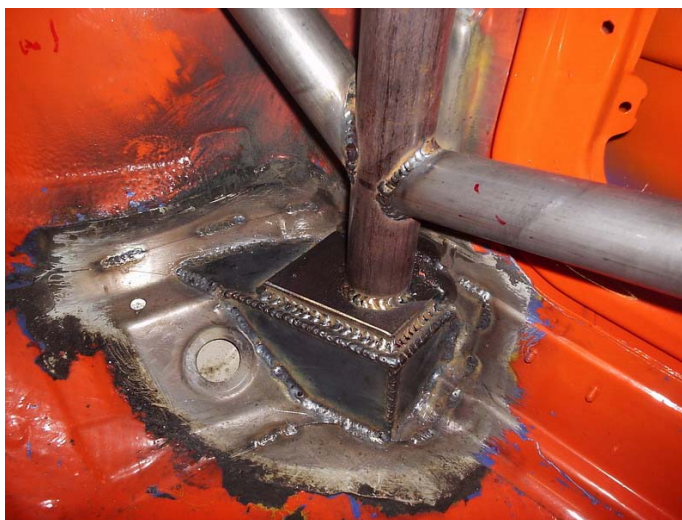
Karosérie je tvarově totožná se sériovou karoserií daného typu vozu. Výroba karosérie WRC trvá zhruba 2 měsíce, ale je znám případ z českého týmu Škoda Motorsport kdy ji 6 zkušených oborníků zhotovilo za úctyhodných 5 týdnů. Liší se od té sériového svými aerodynamickými doplňky a ochranným ocelovým rámem, který spolu s deformačními zónami zajišťuje posádce bezpečnost. Rám má také funkci zvýšení tuhosti. Svařuje se z ohýbaných trubek, kdy se nejdříve místy bodově svaří a pak až následně celý dle předepsaného postup dokončí. Tento způsob je třeba dodržet z důvodu zamezení kroucení karoserie tepelnou roztažností.

Typy ochranných rámu



Obr. 4 Ochranné rámy [25]

Řešení spojení rámu s karoserií



Obr. 5 Svár rámu a karoserie [26]

5.1.1 Příklady konstrukčních provedení

Dvoutýdenní stavba vozu Škoda Fabia WRC českou firmou Juka Motosport pro francouzského jezdce J.C.Lavigne.



Obr. 6 Karoserie s rámem [27]



Obr. 7 Část rámu chránící posádku při čelním nárazu před vniknutím motoru do kokpitu [28]



Obr. 8 Svár mezi rámem a upevněním tlumičů [29]



Obr. 9 Sváry rámu ve tvaru X chránící posádku před bočním nárazem [30]



Obr. 10 Vůz po kompletaci [31]

5.2 Podvozek a tlumiče

Většina sportovních speciálů používá v různých modifikacích vzpěry McPherson, které jsou pojmenované po Earl S. McPhersonovi. Ten použil tyto vzpěry už roku 1949 ve vozidle Ford Vendette. Podobná konstrukce zavěšení kol může být použita jak na přední tak zadní nápravě.

Zavěšení kola se skládá z naváděcího vedení nebo z komprimačního spojení stabilizovaném sekundárním spojením, které poskytuje uchycení ve spodní části středu nebo osy kola. Systém takto níže upevněného ramene zajišťuje stabilitu pro postraní a podélné pohyby kola. Horní část středu je přesně upevněna do vnitřní části podpěry, vnější část která se směrem nahoru rozšiřuje je přímo připevněna ke karoserii vozidla. Aby bylo zavěšení se vzpěrami účinné je potřeba, aby karoserie byla dost tuhá. Čep na němž je kolo má v horní části uchycení tlumiče a níže chycené táhlo od řízení.

Celá konstrukce je velmi jednoduchá a může být prefabrikována, vylučuje se horní rameno a díky tomu se zvětší motorový prostor. To ulehčuje zástavbu příčně uložených motorů s pohonem přední nápravy. Jedná o výhodnou konstrukci zavěšení z hlediska jednoduchosti a výrobních nákladů, která skrývá má nevýhodu v možnosti seřizovat geometrii.



Obr. 11 McPherson dvojitě zavěšení kola s trojúhelníkovým ramenem[32]

Lepší řešení se objevilo v podobě dvojitěho zavěšení. To pomocí příčného trojúhelníkového ramene dovoluje částečnou nastavitelnost změny klenutí a centra valení. Zavěšení jednotlivých kol je nezávislé, každé kolo je připevněno k podvozku dvěma rameny a tlumičem se spirálovou pružinou. Ta se při zatížení přibližuje k naváděcímu vedení, aby zachytila svislý pohyb. Dvojitě navádění dovoluje pečlivě nastavovat ovládání pohybu kola skrz zdvih pérování. To dovoluje nastavovat takové parametry jako např. úhel odklonu kola, výšku centra valení, poloměry otáčení kola rejdového čepu. Dvojitá zavěšení kola s příčným trojúhelníkovým ramenem, viz obr. 11 mohou být také označována jako dvojitě A nebo SLA, u kterých je horní rameno delší než rameno dolní.



Obr. 12 příklad použití na formuli[33]

Horní rameno se používá kratší, aby nevedl negativní odklon při propružení. Když vozidlo projíždí zatáčkou dochází k pozitivnímu klenutí na vnější straně kola. Na vnitřní straně kola dochází k odlehčení kola, které vede ke snížení stykové plochy mezi kolem a povrchem vozovky. To má za následek ztrátu stability vozu. Při řešení vhodného nastavení vozu se zohledňují podmínky povrchu vozovky, použité pneumatiky, hmotnost vozu a jiné fyzikální parametry mající vliv na trakci vozu. Hlavním požadavkem je nastavit podvozek tak, aby byla pneumatika vždy kolmo k vozovce, jelikož to zajišťuje její největší efektivitu a také trvanlivost.

U soutěžních vozů jsou velice důležité tlumiče. Mají úlohu omezení vertikálního pohybu zavěšení kola a zabraňují kmitání kola na nerovném povrchu a dodržení co největší kolmosti pneumatiky. Hlavně na těžších površích jako je šotolina a kamenité tratě. To ale neznamená, že by na asfaltovém povrchu nemají svůj význam. Tlumiče bývají olejové a nebo plyno-kapalinové, tlumícího efektu je dosahováno průchodem daného média soustavou velmi malých otvorů při konání jak stlačení tak odpružení tlumiče. To vede k uvolňování velkého množství energie v podobě tepla ohřívající médium k teplotám okolo 200°C. Při zvýšení teploty oleje dochází ke změně vlastností. Viskozita oleje klesá a ten se stává řidším. Dochází k jevu zvanému změknutí tlumičů, jež se projevuje zhoršením schopnosti tlumit nerovnosti. Ve vývoji a údržbě je proto věnována velká pozornost účinnému chlazení média a schopnosti zajistit funkci i za vyšších teplot.



Obr. 13 Tlumiče závodního vozu [34]

Nastavení každého tlumiče je jezdec schopen měnit na přejezdech mezi rychlostními zkouškami. Jedná se o nastavení tlaku, zdvihu, rychlosti odskoku podle velikosti rázů. Na tu reaguje tlumič pomocí jednoduchého principu působení setrvačné síly na kuličku, která otevírá a zavírá trysky tlumiče, jimiž protéká olej.

Těhlice bývají vyrobeny ze slitiny titanu při použití na asfaltovém povrchu a z oceli na šotolinové povrchy. Světlou výšku, tuhost a pružící charakteristiku lze měnit pomocí

vhodné kombinace hlavní a pomocné pružiny v každém tlumiči. Všechny tyto parametry mohou při vhodném nastavení znamenat vítězství.

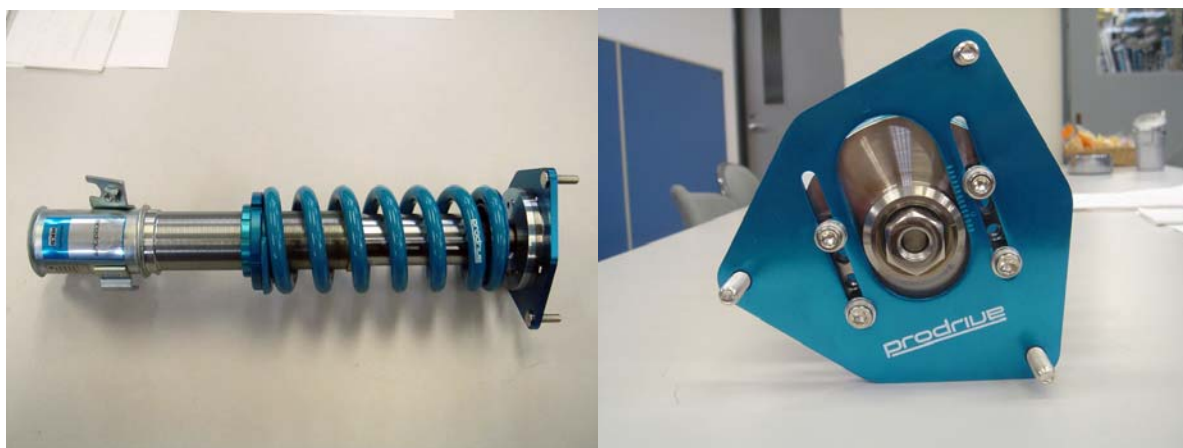
5.2.1 Příklady řešení na vozech WRC

Subaru Impreza WRC 05

Vůz musel být přizpůsoben novým pravidlům FIA. Jenž vedlo k použití nového zavěšení kol s dlouhými rameny, které zvětšilo rozchod kol. Vývojáři použily nejmodernější počítačové technologie, aby docílili snazšího nastavení geometrie kol a nejvyšší tuhosti při nejmenší hmotnosti nových komponentů.

přední náprava – McPherson

zadní náprava – McPherson s podélnými a příčnými tyčemi
tlumiče – Prodrive



Obr. 14 Přední vozu WRC od firmy Prodrive[35]



Obr. 15 Expanzní nádoba oleje [36]

Škoda Fabia WRC 05

Fabia WRC 05 má na přední i zadní nápravě zavěšeny kola nezávisle pomocí prvků McPherson. Stabilita je zajištěna zkrutnými příčnými stabilizátory s nastavitelnou účinností jak vpředu tak vzadu. Na přední nápravě jsou spodní trojúhelníková ramena a na zadní nápravě více-prvková, viz obr. 16 zavěšení se dvěma příčnými rameny a jedním podélným. Lze nastavit libovolně světlou výšku vozu v rozsahu 80 až 240 mm.



Obr. 16 Více-prvkový systém zavěšení Multi-link [37]

přední náprava – McPherson

zadní náprava – McPherson

tlumiče – plyno-kapalinové individuálně nastavitelné Reiger

Ford Focus RS WRC 06

přední náprava – McPherson

zadní náprava – vlečná ramena

tlumiče – plně nastavitelné Reiger s oddělenými zásobníky oleje

Peugeot 307 WRC 05

přední náprava – McPherson

zadní náprava – McPherson

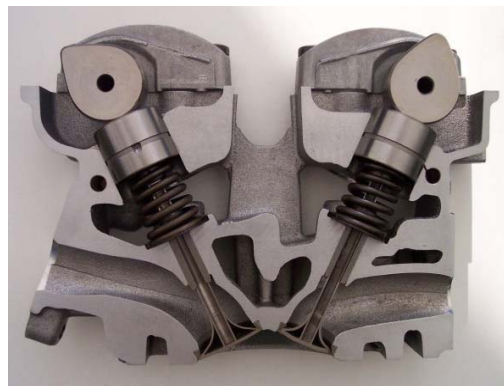
tlumiče – plynokapalinové Peugeot

5.3 Motor

Srdcem celého sportovního speciálu je motor, který má jak už bylo zmíněno omezený výkon předepsaným restriktorem $\varnothing 34\text{mm}$ dosahuje maximálního výkonu 300 koní. K dosažení tohoto výkonu napomáhá přeplňování turbodmychadlem viz. obr.č. (většinou turbodmychadlo IHI).



Obr.17 Turbodmychadlo vozu
Mitsubishi Lancer WRC 05 [38]



Obr. 18 Ventilový rozvod DOHC[39]



Obr.19 Subaru Impreza WRC s motorem Boxer o obsahu 2000ccm [40]

Turbodmychadlo je poháněno horkými výfukovými plyny, které ho ohřívají až na teplotu 900°C. Pro zachování pracovních otáček turbodmychadla i při uvolnění plynového pedálu turbodmychadla se využívá Anti-Lag System. Jedná se o vstřikování benzínu a pootevření škrtníci klapky v okamžiku kdy je ubrán plyn. Palivo projde motorem a v zapálí se o rozžhavené lopatky turba, které dostane impuls jehož pomocí se udržuje v otáčkách.

Ventilové rozvody se většinou používají DOHC viz obr.č. 5.2.2 . Protože obsahují méně součástek než OHV, na které působí setrvačné síly mající za následek nepříznivé průhyby. Protože se v motorovém prostoru, který je stejně velký jako u sériového vozu, nachází mnohem více komponentů pracujících za vyšších teplot ve své těsné blízkosti, používají se speciální materiály s velkou schopností odvádět teplo a mohutný chladič.



Obr. 20 Přední část motoru Subaru Impreza WRC 03 [41]



Obr. 21 Zadní část motoru Subaru Impreza WRC 03 [42]

Motory musejí být schopny podávat stejně dobré výkony jak na zmrzlých cestách Švédska tak na vyprahlých cestách Řecka. A navíc pracovat během jednotlivých rychlostních zkoušek na své hranici a po nich být schopny dojet na další rychlostní zkoušku nebo do servisu.

K mazání je používán olej, který je speciálně vyvíjen pro tyto motory a neslouží jenom k mazání, ale také chlazení a čištění motoru. To zajišťují speciální aditiva, která odplavují mikročástečky do speciálního filtru schopného zachytit nečistoty o velikosti 5 μ m.

5.3.1 Příklady řešení na vozech WRC

Suzuki SX 4 WRC

Využívá přeplňovaný motor o obsahu 2,0 litru produkující výkon 235 kW při 5000 min⁻¹ a točivý moment 590 N.m při otáčkách 3500 min⁻¹. Je použit rozvod DOHC s 16- ti ventily. Podle pravidel je použit destruktor 34 mm.

Škoda Fabia WRC 05

Počet v / objem válců - 4 / 1999 ccm

Vrtání / zdvih - 82,5 / 93,5 mm

Maximální výkon / otáčky - 300 koni / 5500 ot/min

Maximální toč. moment / otáčky - 600 Nm / 3500 ot/min

Turbodmychadlo - Garrett TR30R s anti-lag systémem a 34 mm restriktorem

Typ rozvodu - DOHC (20ti ventil)

Subaru Impreza WRC 05

Počet / objem válců - 4 / 1994 ccm

Vrtání / zdvih - 92 / 75 mm

Maximální výkon / otáčky - 300 k / 5500 ot/min

Maximální toč. moment / otáčky - 589 Nm / 4000 ot/min

Turbodmychadlo - IHI s 34 mm destruktozem , zapalovací svíčky Denso

Typ rozvodu – 2x DOHC

5.4 Převodovka

Ve voze WRC patří mezi nejdůležitější komponenty k dosažení co nejlepších závodních časů. Během jednoho podniku závodník vozu průměrně přeřadí rychlostní stupeň 3500-krát na vzdálenosti zhruba 500km, což svědčí o velkých nárocích kladených na převodovky. Jejich vývoj a výroba bývá velmi nákladná (okolo 2 500 000 Kč) z důvodu vysokých nároků na rychlé přesné řazení a spolehlivost v náročných podmínkách. Tyto vlastnosti se snaží stále zlepšovat inženýři v oddělení vývoje jednotlivých týmů.



Obr. 22 Převodovka vozu Subaru Impreza WRC 05 [43]

Dnešní převodovky vozů WRC bývají ze speciálních slitin, jejichž složení si každý tým tají. S použitím nejmodernějších slitin se dosahuje podstatně nižší hmotnosti zhruba o 10-15 kg oproti cestovní verzi převodovky. Výroba jedné takto výjimečné převodovky trvá asi 85 hodin. Celý systém transmisí obsahuje přes 700 dílů a součástek. Po zkompletování celé převodovky se provádí nejméně tříhodinové testování na dynamometru, viz obr. 23, teprve pak může být nasazena do závodu.



Obr. 23 Dynamometr [44]

Největší zastoupení mají šestistupňové s poloautomatickým systémem řazení. Ovládání převodovky se neprovádí mechanicky, ale rychleji hydraulicky a elektronicky což umožňuje změnu rychlostního stupně za 40 ms za pomoci tlaku 150 barů. Od převodovky se žádá její maximální nasazení a tak není divu, že se její teplota při rychlostní zkoušce pohybuje až okolo 120 °C. Je proto opatřena vlastním speciálním chlazením. Dále je potřeba

ochránit převodovku před sálajícím teplem z rozžhavené výfukové soustavy pomocí titanových plátů. Pláty jsou potaženy vrstvou žáruvzdorné keramiky používající se na raketoplánech.

Výměna 4,5 litru oleje se provádí po každém závodě. U převodových skříní se používá ke snížení hmotnosti hořčík, ale i tak váží okolo 95kg.

5.4.1 Příklady řešení na vozech WRC

Suzuki SX 4 WRC

- pětistupňová převodovka s polosamočinným sekvenčním řazením na volantu
- tento systém je doplněn i o klasickou řadící páku v případě selhání řazení na volantu

Subaru Impreza WRC 05

- šestistupňová elektro-hydraulická Prodrive
- spojka dvoulamelová, karbonová

Ford Focus RS WRC 06

- pětistupňová sekvenční M-Sport/Ricardo s elektro-hydraulickým ovládním umístěná napříč
- spojka M-Sport / Sachs s karbonovým obložením

Škoda Fabia WRC

- šestistupňová sekvenční, poloautomatické řazení na volantu
- spojka tří-lamelová, karbonová/kompozitní

5.5 Diferenciály

Jedná se planetový převod přenášející točivý moment z hnací hřídele na více hnaných hřídelí. Při průjezdu vozů zatáčkou nebo při nerovnosti vozovky se mění úhlové rychlosti hnaných kol, což je diferenciál schopen vhodně rozdělit bez vlivu na úhlovou rychlost hnací hřídele.

Rozdělení diferenciálů:

- Přední nápravový diferenciál.
- Mezinápravový diferenciál.



Obr. 24 mezinápravový aktivní diferenciál Mitsubishi [45]

- Zadní nápravový diferenciál.



Obr. 25 zadní elektro-hydraulicky řízený diferenciál [46]

Způsoby řízení diferenciálů:

-Mechanicky.

-Elektronicky.

Výroba jednoho diferenciálu zabere okolo 16 hodin a stojí necelých 700 000 Kč a to jsou navíc kvůli zlevnění výroby některé prvky předního a zadního diferenciálu stejné. Jen centrální diferenciál má všechny své díly odlišné. Diferenciál pracuje při teplotách okolo 100°C, proto musí být speciálně chlazen. Je velmi dobře utěsněn proti úniku oleje, tato vlastnost má také výhodu při jeho výměně kdy nedochází k žádnému úniku. S náplní váží díky speciálních materiálů jen okolo 25 kg.

5.5.1 Příklady řešení na vozech WRC

Škoda Fabia WRC

- mezinápravový a přední diferenciál jsou umístěny ve skříni převodovky, přičemž stejně jako diferenciál zadní nápravy jsou elektronicky řízeny

Ford Focus RS WRC 06

- centrální aktivní elektronicky řízený diferenciál, přední a zadní mechanické

5.6 Brzdy

Závodní vůz se samozřejmě nemůže obejít bez kvalitních brzd, které dokáží pracovat za velkých teplot ve velmi náročných podmínkách. Od sériových brzd se liší hlavně svou robustností a použitím nejmodernějších materiálů.

Brzdové kotouče bývají vodou chlazené, aby nedošlo k přesáhnutí pracovní teploty brzdové kapaliny. Brzdy se dělí podle povrchu použité tratě na asfaltové a šotolinové. Na přední nápravě jsou umístěny kotouče o větším poloměru než-li na zadní nápravě z důvodu většího namáhání.



Obr. 25 kotoučová brzda [47]



Obr. 26 Kotoučová brzda s těhlicí [48]

Jak různorodost adheze různých povrchů tak různý styl jízdy ovlivňují rychlost opotřebování brzd. Vyžaduje se co největší brzdový účinek bez ztráty funkčnosti brzd. Tento parametr je velmi obtížné zajistit během dlouhých rychlostních zkoušek. Proto není výjimkou, že při nevhodném způsobu jízdy jezdec dlouhou zkouškou brzdy začnou oslabovat na své účinnosti až přestanou fungovat zcela úplně. Jezdec v tomto případě vystavuje posádku velkému nebezpečí.



Obr. 27 Šesti-pístkový třmen od firmy Prodrive [49]



Obr. 28 Kotoučová brzda na voze [50]

Vývoj brzd závodních vozů se stále vyvíjí a tento vývoj vede k používání šesti-pístkových a osmi-pístkových brzd chlazených vodou. Nejlepší brzdy současnosti jsou keramické brzdy, které mají vyšší brzdnou účinnost, větší odolnost proti vadnutí a odolnost proti korozi. Další výhodou je i nižší hmotnost díky použití kompozitů a provoz bez korozi kotoučů. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena. Proto se s použitím u sériových vozů moc nepočítá, kromě luxusních supersportů kde našli své uplatnění i přes vyšší cenu.

5.7.1 Příklady řešení na vozech WRC

Ford Focus RS WRC 06

- **Brembo - Šotolinové přední / zadní** – Ventilované kotouče o průměru 300 mm, čtyř-pístkové třmeny.
- **Zadní šotolinové (asfaltové)** – Ventilované kotouče o průměru 370 mm, osmi-pístkové třmeny.
- **Ostatní** - Hydraulická ruční brzda, možnost nastavit brzdny účinek mezi přední a zadní nápravou.

Subaru Impreza WRC 05

- **Šotolinové** – o průměru 305 mm
- **Asfaltové** – o průměru 366 mm
- **Ostatní** – ventilované kotouče, čtyř-pístkové na šotolinu, šesti-pístkové na asfalt vodou chlazené

5.8 Pneumatiky

Pneumatiky představují jediné spojení závodního vozu s vozovkou, záleží na nich celý závod. Posádka se na ně musí plně spolehnout i v těch nejnáročnějších rychlostních zkouškách. Asi nejnáročnější jsou na Rally Akropolis kde panují vysoké teploty, prach a rozbité cesty. Na závodníky tak čeká zhruba 100 km po cestách s pevným podkladem, ale plných ostrých kamenů. Zde posádky ocení svou povinnou výbavu vozu, která z důvodu přejezdu mezi rychlostními zkouškami po veřejných komunikacích je stejná jako u normálních vozidel. Rezervní kolo je proto v případě defektu jediným možným prostředkem jak dokončit závod. Některé vozy dříve vozily dokonce dvě.



Obr. 29 Pneumatiky po absolvování velmi náročného povrchu na Rally Akropolis [51]

Díky pokroku ve vývoji pneumatiky lze defekt vyřešit systémem Musse insert. Princip je ve vložení speciální duše s pěnou do pneumatiky, která při defektu vyplní prázdný prostor. Poté se nafoukne pneumatika na přibližně 2 atmosféry, tím dojde ke stlačení duše zhruba na polovinu. Zbýlý prostor zaplní stlačený vzduch. Což poskytuje téměř plnohodnotnou novou pneumatiku. Nevýhodou je, že systém nefunguje když je pneumatika studená nebo poškozený disk.

System Musée se smí používat pouze na vozích WRC. Ostatní musí řešit defekt rezervním kolem. Pokud i to nevydrží, následuje situace, viz obr. 30. To už se vytratí všechny naděje na dokončení rychlostní zkoušky.



Obr. 30 Následek defektu [52]

5.8.1 Příklady používaných pneumatik na vozích WRC



mokrý povrch



suchý a vlhký povrch



asfalt, suchý a vlhký povrch



asfalt, mokrý povrch



sníh
(bez povolených hřebů)



bahno a sníh
(bez povolených hřebů)



mokrý povrch

Obr. 31 Druhy pneumatiky [53]



šotolina (tvrdý podklad)



šotolina (volný písčitý a šterkovitý podklad)

Obr. 32 Pneumatiky na šotolinu [54]

6. Vývoj vozidel WRC

Závodní vozy WRC vycházejících ze základu sériového vozu musí projít mnoha úpravami, které měly vždy počátek ve vývoji a následně se mnohokrát testovaly. Oproti sériovým vozům je kladen větší důraz na jízdní zkoušky a testování než na vývoj. Je to zapříčiněno krátkými pauzami mezi jednotlivými podniky a také velkou finanční náročností. Pro tým je důležité, aby bylo dost času na repasi a co nejlepší nastavení vozu pro další rallye. Proto největší změny ve vozovém parku šampionátu nastávají s přicházející další novou sezónou a ne během ní.

Technické detaily a bližší informace spojené s vývojem jsou těžko dostupné a velmi málo publikovány. Týmy mají sepsány přísné smlouvy jak s vlastními zaměstnanci, tak i se samotnými majiteli těchto výjimečných závodních speciálů. Proto každá uniklá zpráva vyvolá velký rozruch. Vytvoří jen domněnky a diskuze na příslušné téma, kdy je těžké danou zprávu z jiných zdrojů potvrdit nebo vyvrátit.

6.1 Soudobé trendy ve vývoji vozidel

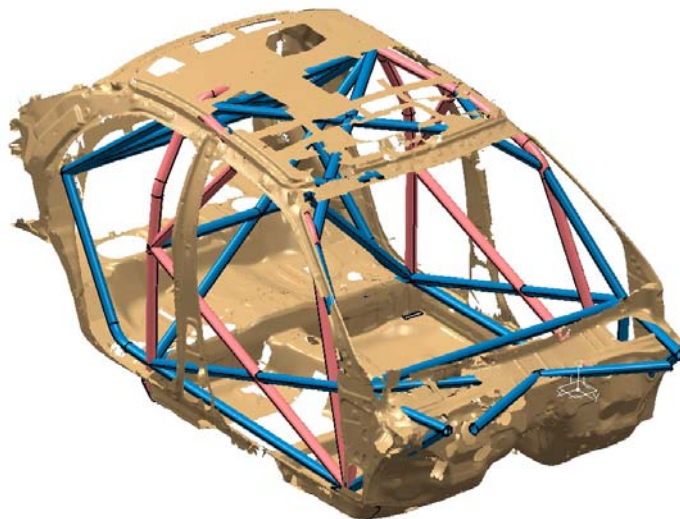
V dnešní době se rozvíjí ještě větší možnosti použití výpočetní techniky při návrhu a vývoji vozů WRC. Zvyšuje se výpočetní náročnost a přesnost výpočtů, ale i přes současné možnosti má i toto odvětví své částečné omezení. Těmi jsou čas a peníze vynaložené na daný projekt, proto je i zde snahou urychlit a zlevnit vývoj.

Dává se přednost takovým vývojem, u kterých je pravděpodobné že by se postupem času mohli objevit i na sériových vozech. Při pohledu zpět je zřejmé, že mnoho poznatků a následně i konečných řešení našlo své uplatnění v sériových vozech. Uvedme např. pohony 4x4, stabilizační systémy, turbodmychadla atd.

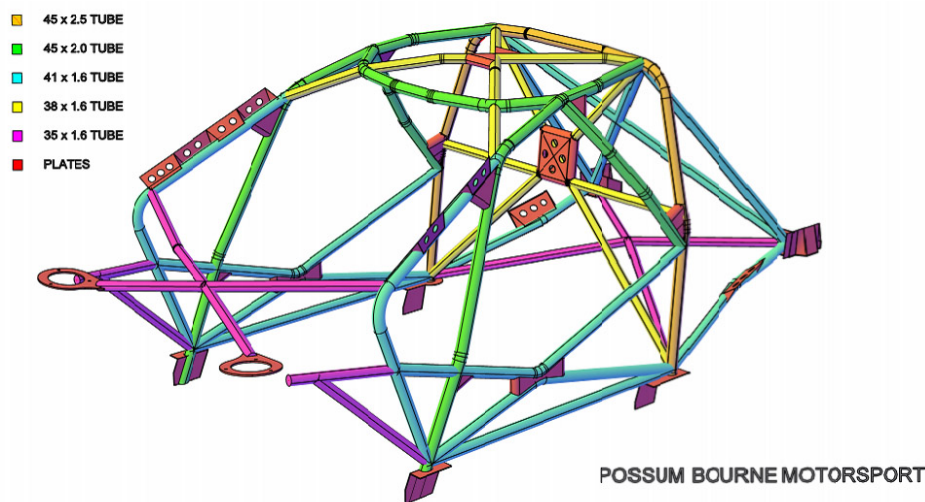
6.1.1 Virtuální navrhování

Pro návrhy je dnes nejdůležitější počítačová podpora s využitím nejrůznějších CAD systémů. Z důvodu nedostatečných informací o WRC se můžeme domnívat, že používané programy se nebudou mnoho lišit od těch z automobilovém průmyslu výroby sériových vozů.

Nejvíce jsou používány k projektování programy Pro/Engineer a Catia , díky svému největšímu rozšíření u velkých automobilek. Dále jsou zde zastoupeny programy AutoCAD, SolidCAD a další.



Obr. 33 Příklady využití -navrhování ochranných rámu [55]



Obr. 34 Příklady využití -navrhování ochranných rámu [55]

6.1.2 Počítačové simulace

Samotný návrh nestačí, je nutné na vytvořeném modelu provést i počítačové simulace. Počítačový software nám umožňuje díky metodě konečných prvků simulovat na jednotlivých komponentech a následně na celém voze různá zatížení a namáhání. Z výsledků jsme schopni odečíst velikosti deformací a průběhů napětí v každém bodě modelu. Mezi schopnosti těchto programů patří simulace všech základních fyzikálních jevů. Celý model je rozdělen

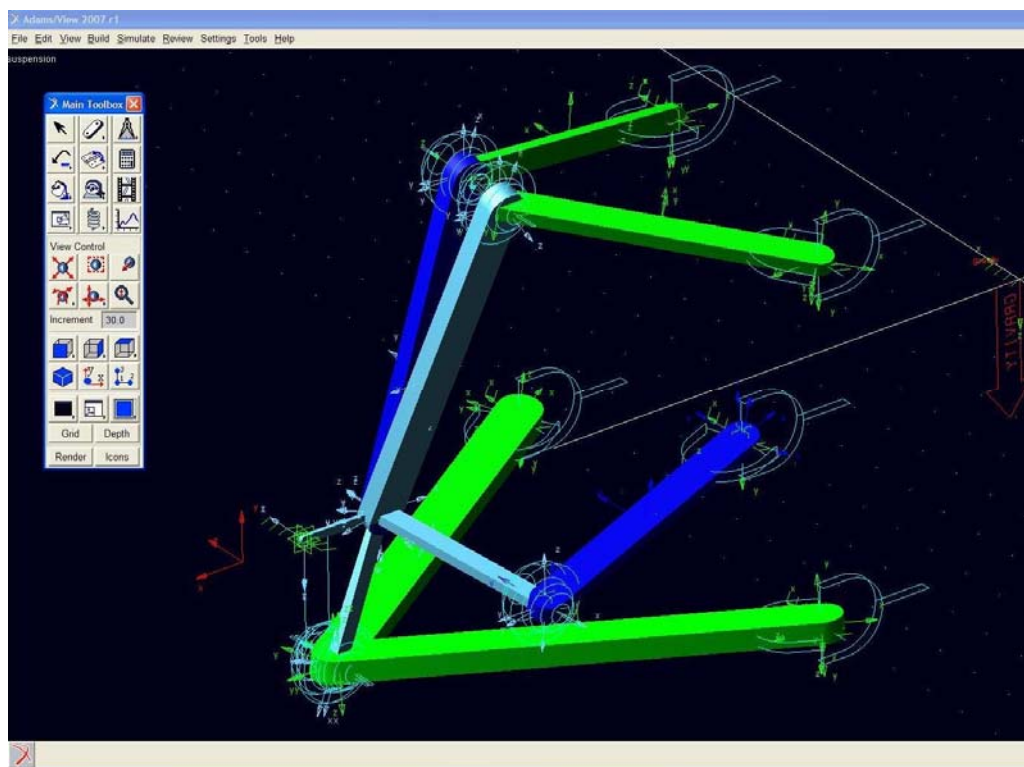
na uživatelem určenou velikost a tvar těles. Princip řešení počítače je postupně elementarizovat tělesa a nakonec vše zpětně zkompletovat do celkového řešení. Na dobu výpočtu má vliv vhodné zvolení tvaru a typu elementárních těles podle počtu uzlových bodů. Všechny výsledky dosažené těmito simulacemi by měly být brány vždy jako simulace s přijatelnými chybami. A následovány skutečnými zkouškami potvrzujícími a nebo vyvracejícími zjištěný výsledek simulačním programem.

Mezi tyto simulační programy patří jako jeden z nejrozšířenějších ANSYS dále pak programy MCS/Nastran, Cosmos, MSC/Marc.

Všechny tyto programy napomáhají velice zjednodušit složité výpočty a přináší možnost daleko více využívat vlastnosti materiálů při náročných a někdy i jinak neřešitelných úkolech. Přednosti těchto programů vedou ke snížení jak časové náročnosti tak i nákladů.

Multi-body systém

Jedná se o řešení jednotlivých vazeb mezi tělesy navrženými v grafickém editoru, na které působí jednotlivé síly a namáhání v čase. V softwaru jako je například ADAMS se zadají vstupní parametry, následuje sestavení pohybových rovnic vedoucím na numerické řešení. Program podporuje statické, kinematické a dynamické analýzy navržených těles s nimiž je schopen provádět operace optimalizaci a verifikaci. Vše pomocí měřících čidel na celé soustavě schopných zachytit hodnoty vztažené k libovolně natočenému lokálnímu souřadnému systému. Výsledkem je popsání i těch nejsložitějších pohybů soustavy, ze kterých lze snadno získat výstupní veličiny. Využití nachází ADAMS v automobilovém průmyslu při řešení jízdní dynamiky. Například při návrhu konstrukčního řešení zavěšení kol, které jsem vytvořil ve cvičeních předmětu QVP-A na ústavu ÚADI, viz obr.34.



Obr. 34 Konstrukce zavěšení kola v programu ADAMS [56]

CFD – Simulace proudění

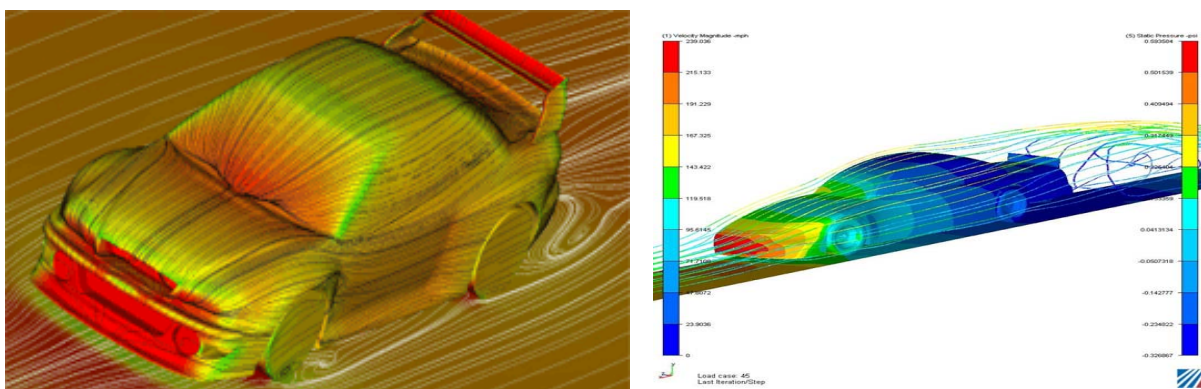
Programy CFD (Computational Fluid Dynamics) zabývající se problematikou proudění nám umožňují analyzovat a optimalizovat návrhy, umístění a výkon kritických komponent a systémů. Tímto způsobem v krátkém časovém rozmezí což šetří peníze mohou konstruktéři vypracovat hned několik variant z nichž vyberou optimální variantu. Následuje tvorba fyzického modelu a jeho testování.

Softwaru CFD používané v automobilovém průmyslu:

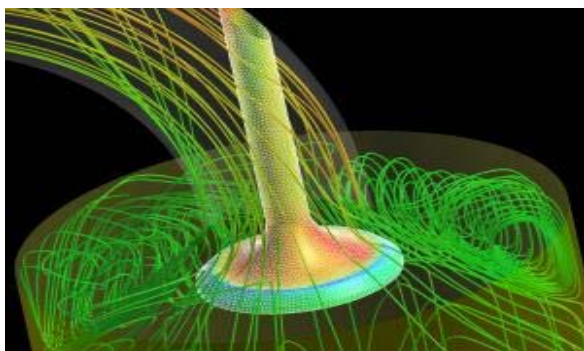
- Fluent,
- AVL FIRE,
- C&R Technologies,
- CFX,
- Fluidyn,
- SC/Tetra,
- CDF ++.

V rallye je potřeba rychlého vývoje tudíž se neuplatňují metody CFD v takové míře jako je tomu u vývoje sériových vozů.

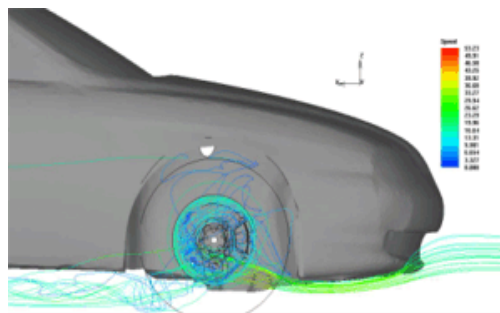
Příklady v automobilovém průmyslu:



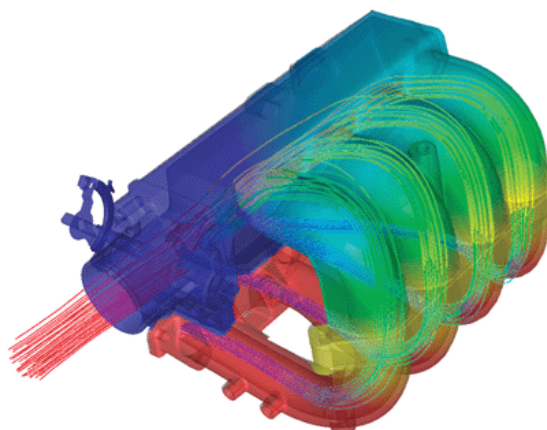
Obr. 35 Simulace aerodynamiky vozu [57]



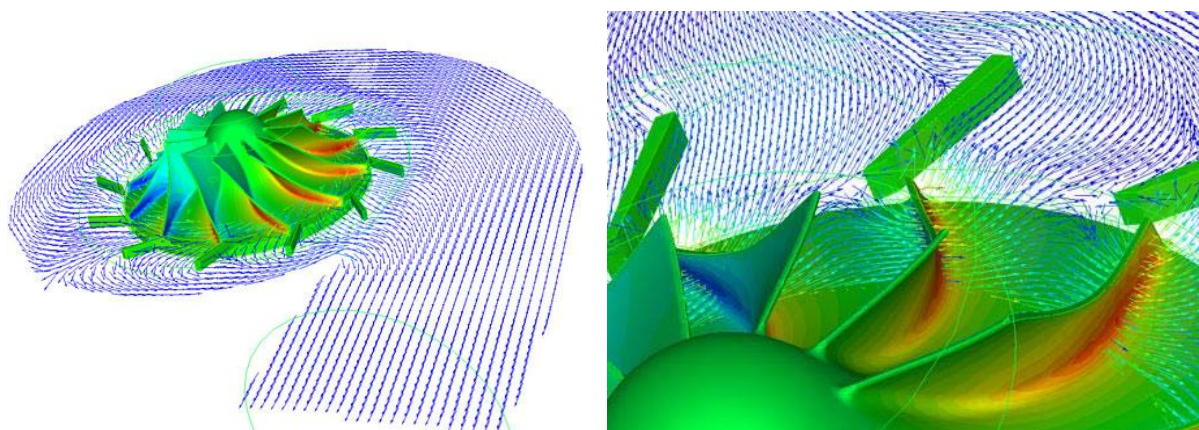
Obr. 36 Sání směsi do válce [58]



Obr.37 Aerodynamika předního spoileru[59]



Obr. 38 Simulace proudění v sacím potrubí [60]



Obr. 39 Vizualizace proudění v turbodmychadle [61]

6.2 Testování a jejich vyhodnocení

Úspěchy závodních týmů nespočívají pouze ve vývoji, na který jak už bylo uvedeno dříve není tolik časového prostoru, ale především v testování nových řešení.

Mezi nejčastější testy v motosportu patří:

- Diagnostika motoru.
- Průjezdy zatáček.
- Akcelerace.
- Brzdění.
- Crash testy.
- Pneumatik.
- Tlumičů.
- Aerodynamiky.

- Geometrie kol.
- Elektronických systémů.
- atd.

Bližší informace je velmi obtížné získat, jelikož jsou bedlivě střežené příslušným závodním týmem a jen minimum informací prosákne na veřejnost. Tyto informace nejsou vždy přesné či na pravdivém základu.

Měřicí technika při testování

Válcová zkušebna brzd, tlumičů a sbíhavosti

Soudobé válcové zkušebny nabízejí velmi rychlé a přesné měření ve spolupráci s moderní výpočetní technikou, která umožňuje přehledné grafické vyobrazení výsledků.



Obr. 40 Moderní válcová zkušebna [62]

Nejčastěji se měří :

- Kontinuální měření - měření výkonu motoru při konstantním zrychlení.
- Diskrétní měření - měření výkonu v zadaném rozsahu otáček nebo rychlostí.
- Měření pružnosti zrychlení z dané rychlosti při zařazeném určitém převodovém stupni.
- Stanovení setrvačných hmot dojezdovou zkouškou.

- Vibrační zkouška tlumičů.
- Zkouška brzd.
- Valivý odpor.
- Měření ovality.
- Měření tlaků.
- Měření teplot.
- A další měření.



Obr. 41. Vůz AC Cobra 427 na válcové zkušebně ÚVMV Praha [63]

Zařízení pro měření geometrie

I v této oblasti se vývoj posouvá stále dále. Dnes je možné bezdrátovým spojením Bluetooth za pouhých 7 vteřin změřit geometrii vozidla. Poslouží nám k tomu měřicí stanice MASTER ALIGNER 4D od italské firmy SPACE s integrovaným nůžkovým zvedákem. Pomocí čtyř servomotorem poháněných hlav automaticky ovládaných pomocí nejnovějšího softwaru s 3D grafikou a databází údajů 60 000 vozidel je schopno zařízení změřit během 1s 8 měření s přesností 0,005°.



Obr. 42 Stanice měření geometrie [64]

Snímače - mají za úkol zaznamenávat určitou fyzikální veličinu, kterou převádí na signál.



Obr.43 Akcelerometr pro jednu osu [65]



Obr.44 Analogový snímač teploty vzduchu [66]



Obr. 45 snímač rychlosti předního kola [67]



Obr.46 snímač rychlosti zadní osy [68]



Obr. 47 snímač otáček (instaluje se na kabel svíčky) [70]



Obr.48 snímač teploty vody [71]
(pro rozsah $T = 0 \div 150^{\circ}\text{C}$)



Obr.49 snímač teploty hlavy [72]



Obr. 50 snímač teploty výfuku [73]

Vysílače a přijímače signálu



Obr. 51 IR vysílač [74]



Obr.52 IR přijímač [75]

Napětové regulátory



Obr. 53 Napětový regulátor RA23 [75]

Systemy řízení motoru

Dělí se podle typu motoru ze kterého jsou schopny shromažďovat údaje na 4V,6V,8V a 12V motory jež se dále dělí na podle způsobu vstřikování na FSI, GDI, diesel injection a Podle počtu trysek.



Obr. 54 MARVEL 12 od firmy Magneti Marelli [76]

Zařízení pro záznam dat

Pro záznam naměřených dat se používají data loggery. Dělí se podle velikosti paměti na verze Racing s 16 Mbyte, 32 Mbyte, 64Mbyte nebo na High performance racing s 128 Mbyte, 256 Mbyte a s možností záznamu přes SD slot na SD paměťovou kartu až do velikosti 512 Mbyte.



Obr. 55 Data logger RDL64 s pamětí 64Mbyte [77]

Zobrazovací jednotky

Patří jsem např. palubní desky s LCD A TFT displeji s 64 Mbyte a 128 Mbyte vnitřním data loggrem. Implementován může být i do samotného volantu.



Obr. 56 Ukázky různých provedení zobrazovacích jednotek [78]



Obr. 57 Profesionální měřicí přístroj MXL PISTA od firmy AIM [79]

MXL PISTA je vodotěsný hliníkové konstrukce. Umožňuje pracovat s 8 analogovými vstupy, díky nimž může zpracovávat a vyhodnocovat hodnoty teploty, tlaků, otáček, a dalších uživatelem navolených funkcí. Závodník si může nastavit různé alarmy otáček, připojit GPS a také přes USB odesílat data do PC. Doporučuje software Race Studio 2 analysis.

Mezi špičkovou výbavu patří Data-VIDeo systém který se skládá z datalogeru a dvou videokamer, s nimiž můžou být naměřené veličiny prezentovány spolu s videozáznamem.



Obr. 58 Data-VIDeo [80]

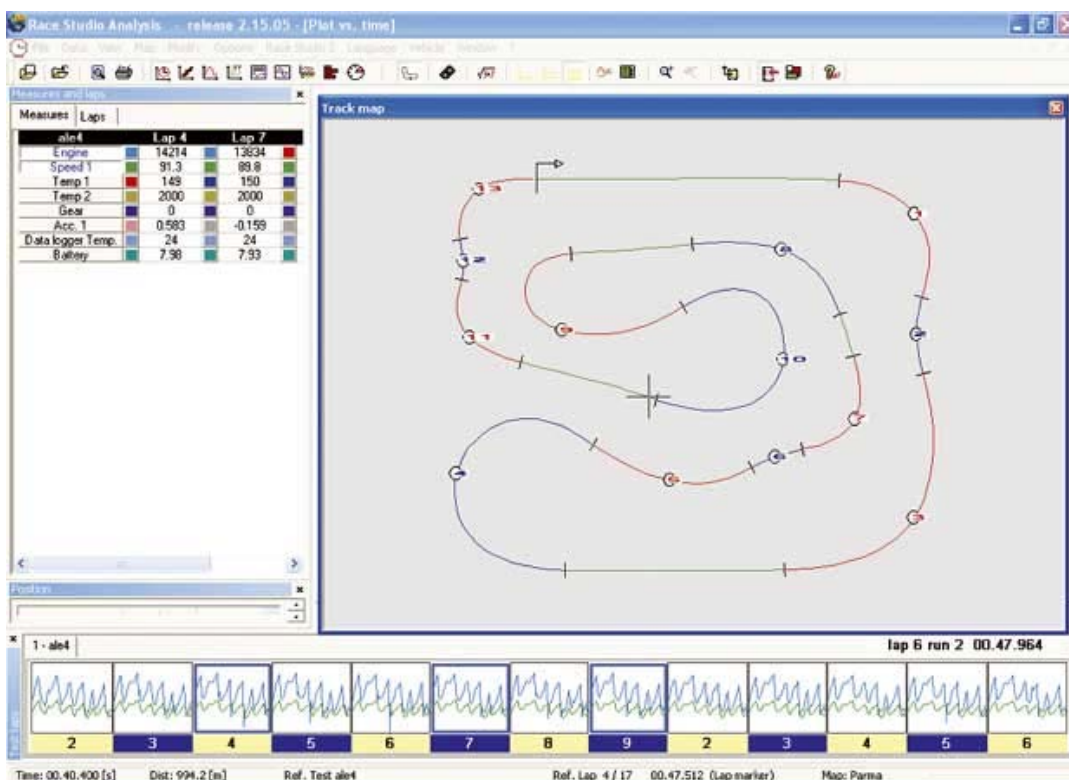
Aplikační software

Závodní týmy při testování používají různý software, mezi nejznámější patří:

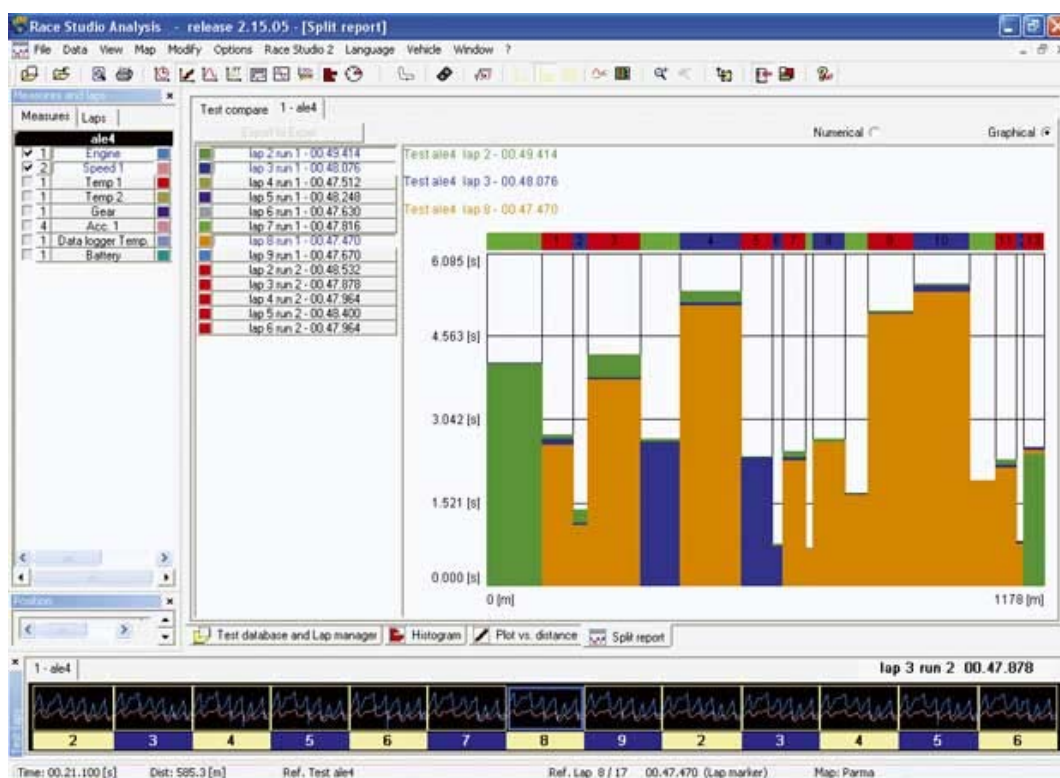
Race Studio

Tento software je velmi často používaný pro svoje funkce:

- Vykreslení jednoho nebo více kanálů v závislosti na čase,
- Vykreslení jednoho nebo více kanálů v závislosti na ujeté dráze,
- Vykreslení mapy okruhu, viz. obr.59,
- Histogram převodového poměru od motoru na poháněná kola,
- Rozdělení okruhu na měřené úseky s vyhodnocením, viz obr. 59.



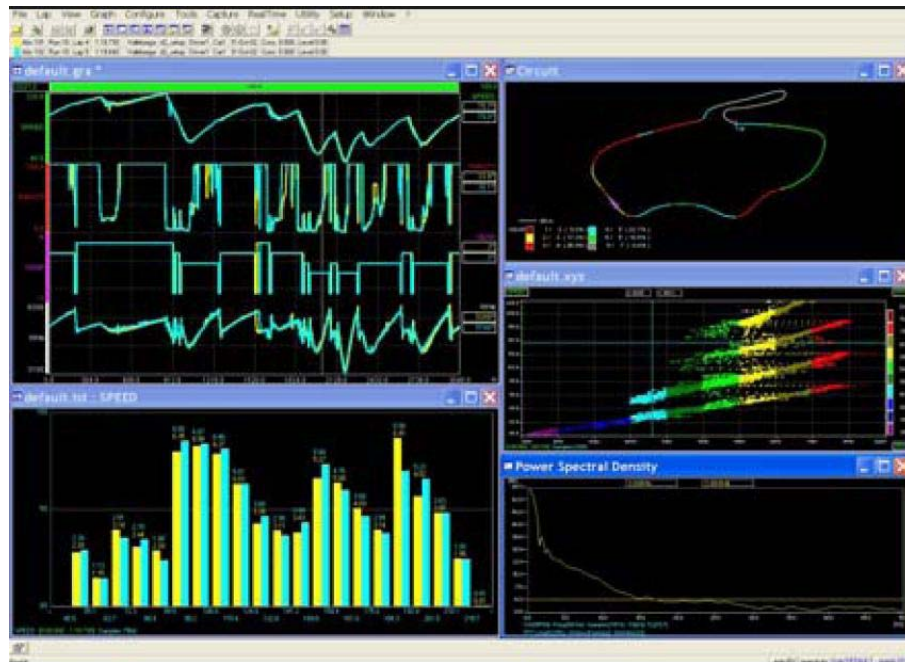
Obr. 59 Software Race Studio – funkce vykreslení mapy okruhu [81]



Obr. 60 Software Race Studio – rozdělení okruhu na měřené úseky s vyhodnocením [82]

WINTAX

Tento program je nabízen ve třech verzích WINTAX Junior, WINTAX User a WINTAX Team. Software nabízí stejné základní konfigurace měření jako Race Studio. Pracovní prostředí je velmi podobné.



Obr.61 Ukázka z prostředí WINTAX [83]



Obr. 62 Ukázka prostředí software Vision [84]

Dále stojí za zmínění ještě software Fast Pro.

Příklad testování s Gems DA50, kdy jsou měřeny otáčky, charakteristika plnění turba, teplota vody a výfukových plynů



Obr. 63 Testování s Gems DA50 data logger [85]

6.3 Rekuperace energie

Rekuperace energie je přeměna kinetické energie na jiný typ energie za účelem jejího uchování a následně brzkého znovupoužití. To má své využití například při následné akceleraci nebo při snížené energetické náročnosti jízdy.

Způsoby rekuperace energie:

Tlaková rekuperace energie.

Využívá se stlačováním plynů při brzdění pomocí hydrostatického převodu s hydraulickou jednotkou mechanicky spojenou s kolem vozidla. Při brzdění funguje soustava jako hydraulické čerpadlo kumulující plyn v zásobníku. Naopak při akceleraci funguje jako hydraulický motor jenž napomáhá rychlejšímu rozjedu. Vše je ovládáno a monitorováno elektrickou řídicí jednotkou napomáhající plynulosti a optimalizaci chodu motoru a převodovky za účelem nižší spotřeby.

Elektrická rekuperace energie.

Uvolněná energie při brzdění se přivádí do rekuperační jednotky pracující v režimu generátor přeměňující ji na elektrickou energii ukládanou v elektrických člancích. Při akceleraci nebo nenáročné jízdě zastává rekuperační jednotka funkci elektromotoru. Tento způsob je používán pod označením KERS (Kinetic Energy Recovery System) ve vozech F1, kde se jako úložiště zkouší elektrické články, vysokokapacitní kondenzátory. Odlišný způsob je uložení energie do setrvačníků kdy nedochází k přeměně energie na elektrickou, ale pouze k uchování kinetické energie.

Nevýhodou obou způsobů je nárůst hmotnosti vozu při použití současných elektrických článků. Její snížení je proto hlavním cílem vývoje této technologie. U tlakové i elektrické rekuperace je nutné zajistit také dostatečného chlazení, aby nedocházelo k přehřívání zásobníku a článků. To vede k dalšímu nutnému nárůstu hmotnosti.

Výhodou rekuperace je šetrnost k životnímu prostředí, a proto má vývoj tímto směrem opodstatněný smysl.

Závodní tým Citroën Total World Rally Team jako první představil použití technologie rekuperace energie na voze WRC. Dal tak podnět k diskuzi organizace FIA, zda povolit tuto ekologicky a ekonomicky zajímavou novinku v soutěžích. Vše je zatím v rovině jednání, ale je jen otázkou času kdy se celosvětové trendy snižování spotřeby paliva a emisí promítne i do rallye.

Citroën C4 hybrid WRC



Obr. 64 Vůz Citroën C4 hybrid WRC s využitím rekuperace energie [86]

Vůz využívá elektrické rekuperace energie s použitím rekuperační jednotky, která je spolu s články umístěna v těžišti vozu. Při brzdění vůz přes iontový měnič (rekuperační generátor) mění energii na elektrickou nabíjecí 990 lithiových bateriových článků s o celkovém napětí 22Ah a proudu 400 V. Při akceleraci je zapnut režim 125 kW elektromotoru pohánějícího přední diferenciál krouticím momentem 300Nm.



Obr. 65 Rekuperační jednotka s řídicí jednotkou a skříň s lithiovými články [87]

Vše je ovládáno plně elektronikou jezdce, který může libovolně nastavovat různé režimy motoru a elektromotoru. Využit uloženou energii je možné na krátkodobé zvýšení krouticího momentu nebo na pohon vozu při přejezdech mezi jednotlivými rychlostními zkouškami a servisem.



Obr 66 Zobrazovací panel s údaji rekuperační jednotky [88]

7. Závěr

Cílem mé práce bylo zpracovat přehled současného stavu techniky používané v automobilových soutěžích seriálu WRC. V práci jsou zmíněny nejdůležitější změny provedené federací FIA. Ta se snaží na podnět mnoha tragických nehod v posledních letech co nejvíce zvyšovat bezpečnost jak posádek tak diváků. Což vede například ke snižování obsahů motorů a omezování množství povolených úprav pro dané třídy atd.

Dovolil jsem si prezentovat postavení jednotlivých posádek a závodních týmů v šampionátu WRC. Zmínil jsem se i o velmi prestižním poháru konstruktérů jednotlivých týmů.

Za nejdůležitější části považuji prezentaci stěžejních komponentů, na něž se obrací nejedno oko jak servisního technika tak především vývojáře. Ten spolu s vývojovým týmem je dnes schopen pracovat velmi efektivně a ekonomicky s pomocí nejmodernější techniky. Jedná se o softwarové a hardwarové pomůcky jenž jsou v práci také publikovány.

Díky nápadům a realizacím vývojářům zkoušených na nejmodernějších závodních vozech se úspěšné novinky implementují do nových sériových vozů. Jednou z těchto novinek je zmíněná rekuperace energie. Která by se měla stát lepší vizitkou, pro už tak moc znečišťující sportovní vozy. V celkovém měřítku je kladen cíl většího zefektivnění a rozšíření rekuperace energie i do budoucích sériových vozů.

V rámci možností rozsahu této práce jsem se snažil představit pojem rally a vše co s ním souvisí, především šampionát WRC. Práce je koncipována jako základní vodítko v případě o další zájem čtenáře.

Závěrem bych chtěl upozornit čtenáře na velmi špatnou dostupnost většiny informací v této kategorii. Každý tým si bedlivě střeží konstrukce, technologie atd. ,které nasbíral za několik let. Není se jim čemu divit.



Obr.67 [89]

Seznam použité literatury

- [1] *FIA* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.fia.com/en-GB/sport/championships/Pages/Championships.aspx>>.
- [2] *RAJDZ, K. Rajdy phkuba* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.rajdy.v10.pl/galeria/subaru,impreza,wrc2006,2007,17,artykul,415,2,jpg.html>>.
- [3] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z: <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=400&season=2010>>.
- [4] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=1807&desc=Citroen%20Total%20World%20Rally%20Team> >.
- [5] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=1805&desc=BP%20Ford%20Abu%20Dhabi%20World%20Rally%20Team> >.
- [6] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=1806&desc=Citroen%20Junior%20Team>>.
- [7] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=1808&desc=Munchi%27s%20Ford%20World%20Rally%20Team> >.
- [8] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=2029&desc=Petter%20Solberg%20World%20Rally%20Team%20*>.
- [9] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2009, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=2029&desc=Petter%20Solberg%20World%20Rally%20Team%20*>.
- [10] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=601&featureid=2026&desc=Monster%20World%20Rally%20Team%20*>.
- [11] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1774&desc=Sebastien%20Loeb>>.

- [12] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1780&desc=Dani%20Sordo>>.
- [13] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1796&desc=Ken%20Block>>.
- [14] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1771&desc=Petter%20Solberg>>.
- [15] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1775&desc=Mikko%20Hirvonen>>.
- [16] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1777&desc=Jari-Matti%20Latvala>>.
- [17] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1770&desc=Khalid%20Al%20Qassimi>>.
- [18] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1773&desc=Sebastien%20Ogier>>.
- [19] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1781&desc=Kimi%20Raikkonen>>.
- [20] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1772&desc=Mads%20Ostberg>>.
- [21] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1776&desc=Matthew%20Wilson>>.
- [22] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1778&desc=Henning%20Solberg>>.
- [23] *WRC FIA World Rally Champpionship* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010]. Dostupné z :< <http://www.wrc.com/jsp/index.jsp?lnk=501&featureid=1779&desc=Federico%20Villagra>>.

- [24] *Charlie1* [online]. 2010, poslední revize [15.1.2010].
Dostupné z :< <http://charlie1.wz.cz/art/ramy.jpg>>.
- [25] *Kit Car* [online]. 2010, poslední revize [24.5.2010].
Dostupné z :< http://rene.kramar.sweb.cz/images/Seat_Ibiza_4.jpg>.
- [26] JUKA Motorsport [online].2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.jukamotorsport.cz/cz/rally/clanky-detail/id/94>>.
- [27] JUKA Motorsport [online].2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.jukamotorsport.cz/cz/rally/clanky-detail/id/94>>.
- [28] JUKA Motorsport [online].2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.jukamotorsport.cz/cz/rally/clanky-detail/id/94>>.
- [29] JUKA Motorsport [online].2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.jukamotorsport.cz/cz/rally/clanky-detail/id/94>>.
- [30] JUKA Motorsport [online].2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.jukamotorsport.cz/cz/rally/clanky-detail/id/94>>.
- [31] JUKA Motorsport [online].2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.jukamotorsport.cz/cz/rally/clanky-detail/id/94>>.
- [32] *452 engines* [online]. 2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< http://www.452-engines.com/uploaded_images/471px-Suspension-716679.jpg>.
- [33] *VX220* [online]. 2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://www.vx220.org.uk/forums/Camber-Shims-t65727.html&mode=linearplus>>.
- [34] *Tein USA* [online]. 2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< <http://teinusa-blog.com/wp-content/uploads/2010/02/GRB-GrN-Custom.jpg>>.
- [35] *452 engine* [online]. 2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< http://www.452-engines.com/uploaded_images/471px-Suspension-716679.jpg>.
- [36] *452 engine* [online]. 2010, poslední revize [20.5.2010].
Dostupné z :< http://www.452-engines.com/uploaded_images/471px-Suspension-716679.jpg>.
- [37] *Carbibles* [online]. 2010, poslední revize [8.2.2010].
Dostupné z :< http://www.carbibles.com/suspension_bible.html>.

- [38] *Socalevo* [online]. 2009, poslední revize [12.11.2009].
Dostupné z :<http://www.socalevo.net/gallery/albums/userpics/10991/normal_evo400%2520wrc%2520turbo.jpg&imgrefurl>.
- [39] *Socalevo* [online]. 2009, poslední revize [12.11.2009].
Dostupné z :<http://www.socalevo.net/gallery/albums/userpics/10991/normal_evo400%2520wrc%2520turbo.jpg&imgrefurl>.
- [40] *Ultimate Car Page* [online]. 2010, poslední revize [25.4.2010].
Dostupné z :< http://www.ultimatecarpage.com/images/large/3195/Subaru-Impreza-WRC2007_6.jpg>.
- [41] *Motor Sport Partnership* [online]. 2010, poslední revize [20.4.2010].
Dostupné z <http://www.motorsportpartnership.com/index.cfm?sid=930&pid=13633>>.
- [42] *Motor Sport Partnership* [online]. 2010, poslední revize [20.4.2010].
Dostupné z :< <http://www.motorsportpartnership.com/index.cfm?sid=930&pid=13633>>.
- [43] *Motor Sport Forums* [online]. 2010, poslední revize [6.2.2010].
Dostupné z :< <http://www.motorsportpartnership.com/index.cfm?sid=930&pid=13633>>.
- [44] *Motor Design Sweden* [online]. 2009, poslední revize [4.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.motordesign.se/> >.
- [45] *Mitshubishi Club*[online]. 2009, poslední revize [3.10.2009].
Dostupné z :< http://www.mitsubishiclub.cz/graphics/owners/full/2287_570_acd.jpg >.
- [46] *Mitshubishi Club*[online]. 2009, poslední revize [3.10.2009].
Dostupné z :< http://www.mitsubishiclub.cz/graphics/owners/full/2286_570_superayc.jpg/ >.
- [47] *I-Club*[online]. 2009, poslední revize [6.10.2009].
Dostupné z:< <http://www.i-club.com/forums> >.
- [48] *I-Club*[online]. 2009, poslední revize [6.10.2009].
Dostupné z <http://www.i-club.com/forums> >.
- [49] *I-Club*[online]. 2009, poslední revize [6.10.2009].
Dostupné z :<<http://www.i-club.com/forums> >.
- [50] *Motor Sport Forums* [online]. 2009, poslední revize [16.10.2009].
Dostupné z:< <http://www.motorsportforums.com> >.
- [51] *Peter Solberg Profesional rally driver* [online].2009, poslední revize [10.11.2009].
Dostupné z :< <http://www.pettersolberg.com/html/wp-photos/20090404-200005-1.jpg>>.

- [52] *Motor Sport Forums* [online]. 2009, poslední revize [10.11.2009].
Dostupné z : < <http://www.motorsportforums.com> >.
- [53] *Pirelli Tyre* [online].2009, poslední revize [6.2.2009].
Dostupné z : < <http://www.pirellityre.com>>.
- [54] *Pirelli Tyre* [online].2009, poslední revize [6.2.2009].
Dostupné z : < <http://www.pirellityre.com>>.
- [54] *Possum Bourne Motorsport* [online].2010, poslední revize [15.4.2010].
Dostupné z : < http://www.possumbourne.co.nz/roll_cages.html>.
- [55] *QVP-A - cvičení* 2009,
Dostupné z : vlastní
- [56] *Possum Bourne Motorsport* [online].2010, poslední revize [20.3.2010].
Dostupné z : < http://www.possumbourne.co.nz/roll_cages.html>.
- [57] *CFD design* [online].2010, poslední revize [15.4.2010].
Dostupné z : < <http://www.cfdesign.com/Will-CFdesign/Solve-My-Problem/Automotive.aspx>>.
- [58] *CFD design* [online].2010, poslední revize [15.4.2010].
Dostupné z : < <http://www.cfdesign.com/Will-CFdesign/Solve-My-Problem/Automotive.aspx>>.
- [59] *CFD design* [online].2010, poslední revize [15.4.2010].
Dostupné z : < <http://www.cfdesign.com/Will-CFdesign/Solve-My-Problem/Automotive.aspx>>.
- [60] *CFD design* [online].2010, poslední revize [15.4.2010].
Dostupné z : < <http://www.cfdesign.com/Will-CFdesign/Solve-My-Problem/Automotive.aspx>>.
- [61] *CFD design* [online].2010, poslední revize [15.4.2010].
Dostupné z : < <http://www.cfdesign.com/Will-CFdesign/Solve-My-Problem/Automotive.aspx>>.
- [62] *Profo HK a.s.* [online]. 2010, poslední revize [19.2.2010].
Dostupné z : < <http://www.profo.cz/valcova-zkusebna-brzd-space-pfc750andpfb0401000-1874.html>>.
- [63] *ÚVMV Praha*. 2009, měření [19.7.2009].
Dostupné z : vlastní
- [64] *Profo HK a.s.* [online]. 2010, poslední revize [19.2.2010].
Dostupné z : < <http://www.profo.cz> >.

- [65] *Magneti Marelli*. [online]. 2010, poslední revize [19.2.2010].
Dostupné z :< <http://www.magnetimarelli.com>>.
- [66] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [67] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [68] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [69] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [70] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [71] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [72] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [73] *Auto sport sensors*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.autosportsensors.com/>>.
- [74] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.aimsports.com>>.
- [75] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.aimsports.com>>.
- [76] *Magneti Marelli*. [online]. 2010, poslední revize [19.2.2010].
Dostupné z :< <http://www.magnetimarelli.com> >.
- [77] *Magneti Marelli*. [online]. 2010, poslední revize [19.2.2010].
Dostupné z :< <http://www.magnetimarelli.com>>.
- [78] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.aimsports.com/products/mxl-pista/index.html> />.
- [79] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.aimsports.com/products/mxl-pista/index.html> />.
- [80] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z :< <http://www.aimsports.com/products/mxl-pista/index.html> />.

- [81] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z : < <http://www.aimsports.com/products/race-studio/index.htm/>>.
- [82] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z : < <http://www.aimsports.com/products/race-studio/index.htm/>>.
- [83] *AIM Sports*. [online]. 2009, poslední revize [19.10.2009].
Dostupné z : < <http://www.aimsports.com/products/race-studio/index.htm/>>.
- [84] *Rally co- driver*[online]. 2009, poslední revize [25.5.2009].
Dostupné z : <<http://www.rallycodriver.co.uk/rallyservices.htm>>.
- [85] *Rally co- driver*[online]. 2009, poslední revize [25.5.2009].
Dostupné z : <<http://www.rallycodriver.co.uk/rallyservices.htm>>.
- [86] *Automobiles review*[online]. 2009, poslední revize [25.5.2009].
Dostupné z : < <http://www.automobilesreview.com/gallery/citroen-c4-wrc-hybrid4/citroen-c4-wrc-hybrid4-10.jpg>>.
- [87] *Automobiles review*[online]. 2009, poslední revize [25.5.2009].
Dostupné z : < <http://www.automobilesreview.com/gallery/citroen-c4-wrc-hybrid4/citroen-c4-wrc-hybrid4-10.jpg>>.
- [88] *Automobiles review*[online]. 2009, poslední revize [25.5.2009].
Dostupné z : < <http://www.automobilesreview.com/gallery/citroen-c4-wrc-hybrid4/citroen-c4-wrc-hybrid4-10.jpg>>.
- [89] *Rajdy phukuba*[online]. 2009, poslední revize [25.11.2009].
Dostupné z : <<http://rajdy.phukuba.pl/images/subaru/subaru2.jpg>>.

Seznam použitých zkratek

FIA - Federation Internationale de L'Automobile - Mezinárodní automobilová federace

WRC - World Rally Championship - Světový šampionát rally

CFD - Computational Fluid Dynamics - odbor mechaniky tekutin

CAD - Computer aided design - počítačem podporované projektování

ÚADI - Ústav automobilního a dopravního inženýrství