

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra výkonové elektroniky a strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Průzkum současných závodů elektrických dopravních prostředků
a jejich tříd

Autor práce: **Matěj Kraft**
Vedoucí práce: **Ing. Lukáš Veg, Ph.D.**

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Matěj KRAFT**
Osobní číslo: **E19B0143P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Téma práce: **Průzkum současných závodů elektrických dopravních prostředků a jejich tříd**
Zadávací katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

Zásady pro vypracování

1. Proveďte rešeršní průzkum závodů elektrických vozidel.
2. Popište kategorie a vypište co nejvíce informací (omezení výkonu, profily dráhy, systém hodnocení, odlišnosti oproti standardním závodům, dosahované výsledky, cenu speciálů, cenu startovního, výkony, výrobce, použitou technologii el. pohonu atd.)
3. Zaměřte se a popište kategorie: onroad, offroad, voda, vzduch (pro typy elektrických vozidel: automobily, motocykly, lodě, letadla a na kterých kontinentech tyto závody nejčastěji probíhají, které vlády je podporují a kde se případně další závody do budoucna plánují.)



Rozsah bakalářské práce: **30-40**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

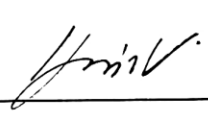
Seznam doporučené literatury:

1. EMADI A., Advanced Electric Drive Vehicle, CRC Press, 2014.
2. TONG W., Mechanical Design of Electric Motors, CRC Press, 2014.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Veg, Ph.D.**
Research and Innovation Centre for Electrical
Engineering

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2022**



Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan


Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je provést rešeršní průzkum závodů elektricky poháněných dopravních prostředků, které se v současné době konají. S rostoucí popularitou elektromobilů dochází ke vzniku nových závodních sérií a k nárůstu zájmu o elektrický motorsport ze strany fanoušků i zainteresovaných firem. Všechny uvedené série jsou v práci přehledně rozřazeny do kategorií podle prostředí, ve kterém probíhají. Kategorie jsou rozlišeny na silniční závody, závody na nezpevněném povrchu, letecké závody a závody vodních člunů. O každé závodní sérii je zde pojednání, které uvádí všechny podstatné informace. U některých sérií je provedeno porovnání dosahovaných parametrů nebo výsledků s klasickými závodními speciály se spalovacími motory. Pro lepší názornost je práce doplněna velkým množstvím obrázků a tabulek.

Klíčová slova

Elektrický motorsport, Formule E, Formule 1, MotoE, MotoGP, Moto2, Moto3, Bridgestone World Solar Challenge, Extreme E, World RX1E, rallycross, Air Race E, E1 series

Abstract

The bachelor thesis is focused on a research review of electric-driven races, which are currently taking place at the moment. The growing popularity of electric vehicles has started the creation of the new racing series. There is an increasing trend in the popularity of electric motorsport from fans and interested companies. All described series are divided into categories according to the condition in which they take place. The categories are divided into road races, unpaved surface races, air races and water boat races. For every racing series is made the short introduction which includes all important information. For some series are presented the parameters or results. They are compared with classic racing specials with internal combustion engines. The work is supplemented by a large number of pictures and tables for better clarity.

Key Words

Electric motorsport, Formula E, Formula 1, MotoE, MotoGP, Moto2, Moto3, Bridgestone World Solar Challenge, Extreme E, World RX1E, rallycross, Air Race E, E1 series

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této práce, je legální.



.....
podpis

V Plzni dne 25.5.2022

Matěj Kraft

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Lukáši Vegovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Historie elektricky poháněných dopravních prostředků.....	- 2 -
2 Silniční závody	- 4 -
2.1 Formule E.....	- 4 -
2.1.1 Historie.....	- 4 -
2.1.2 Okruhy	- 4 -
2.1.3 Týmy.....	- 5 -
2.1.4 Průběh závodního víkendu.....	- 6 -
2.1.5 Systém hodnocení	- 8 -
2.1.6 Formule	- 9 -
2.1.7 Porovnání s ostatními sériemi.....	- 13 -
2.1.8 Finance.....	- 16 -
2.1.9 Plány do budoucna.....	- 17 -
2.2 MotoE.....	- 18 -
2.2.1 Historie.....	- 18 -
2.2.2 Okruhy	- 18 -
2.2.3 Týmy.....	- 19 -
2.2.4 Průběh závodního víkendu.....	- 19 -
2.2.5 Systém hodnocení	- 20 -
2.2.6 Motocykl.....	- 20 -
2.2.7 Porovnání s ostatními sériemi.....	- 21 -
2.2.8 Plány do budoucna.....	- 21 -
2.3 Bridgestone World Solar Challenge.....	- 23 -
2.3.1 Historie.....	- 23 -
2.3.2 Trať	- 23 -
2.3.3 Týmy.....	- 23 -
2.3.4 Třídy a vozidla	- 23 -
2.3.5 Závod	- 24 -
2.3.6 Systém hodnocení	- 26 -
2.3.7 Startovné	- 26 -
2.3.8 Podobné závody	- 26 -

3	Závody na nezpevněném povrchu	- 27 -
3.1	Extreme E.....	- 27 -
3.1.1	Historie.....	- 27 -
3.1.2	Okruhy	- 27 -
3.1.3	Týmy.....	- 28 -
3.1.4	Průběh závodního víkendu a systém hodnocení	- 28 -
3.1.5	Logistika	- 29 -
3.1.6	Odyssey 21.....	- 30 -
3.2	WORLD RX1E	- 31 -
3.2.1	Historie.....	- 31 -
3.2.2	Okruhy	- 31 -
3.2.3	Týmy.....	- 31 -
3.2.4	Průběh závodního víkendu a systém hodnocení	- 32 -
3.2.5	Vozidlo a pohonné ústrojí.....	- 33 -
3.2.6	Porovnání s ostatními třídami	- 34 -
4	Letecké závody	- 36 -
4.1	Air Race E	- 36 -
4.1.1	Historie.....	- 36 -
4.1.2	Okruh	- 36 -
4.1.3	Týmy.....	- 36 -
4.1.4	Průběh závodního víkendu.....	- 37 -
4.1.5	Třídy.....	- 37 -
4.1.6	Letadlo	- 38 -
5	Závody vodních člunů	- 39 -
5.1	E1 series	- 39 -
5.1.1	Historie.....	- 39 -
5.1.2	Týmy, destinace a závodní okruhy	- 39 -
5.1.3	RaceBird	- 39 -
	Závěr	- 41 -
	Literatura.....	- 42 -
	Seznam obrázků.....	- 57 -

Seznam tabulek	- 59 -
Přílohy.....	I

Seznam zkratek

DRS	Drag Reduction Systém
eVTOL	electric Vertical Take Off and Landing Aircraft
F1	Formule 1
F2	Formule 2
F3	Formule 3
FE	Formule E
FIA	Mezinárodní automobilová federace
FIM	Mezinárodní motocyklová federace
MGU	Motor Generator Unit
MGU-H	Motor Generator Unit – Heat
MGU-K	Motor Generator Unit – Kinetic
RESS	Rechargeable Energy Storage System
SC	Safety Car
SRT	Spark Racing Tehnology
WSC	World Solar Challenge

Úvod

Tématem této předkládané bakalářské práce je provedení rešeršního průzkumu současných závodů elektrických dopravních prostředků a jejich tříd. Hlavním cílem této práce je charakterizovat a vypsát co nejvíce informací o různých závodních sériích pro různé typy elektricky poháněných dopravních prostředků (automobily, motocykly, lodě a letadla), které v aktuální době probíhají. Zejména v poslední době zažívají tyto závodní série velký rozmach, přičemž jejich vznik a popularita úzce souvisí s nárůstem podílu elektromobilů využívaných v dopravě.

Každou závodní sérii lze zařadit do kategorie podle prostředí, ve kterém probíhá. Rozlišujeme kategorie konající se na pevnině, ve vzdušném prostoru a na vodní hladině. Série odehrávající se na pevnině můžeme dále rozdělit do samostatných kategorií podle toho, zda se konají na zpevněném nebo nezpevněném povrchu.

Na začátku práce je proveden krátký pohled do historie existence elektricky poháněných dopravních prostředků. Zbytek práce je rozdělen do částí, které jsou celé věnovány příslušné kategorii a jednotlivým závodním sériím, které pod ni spadají. Informace o každé závodní sérii jsou tematicky rozděleny. U většiny závodních sérií jsou přiblíženy doba a okolnosti vzniku, charakteristika profilu závodní dráhy, zúčastněné týmy, používané závodní speciály a jejich dosahované parametry, formát závodu a systém hodnocení. U závodních sérií, které mají obdobu v závodech klasických speciálů se spalovacími motory, je pro lepší představu a názornost uvedeno porovnání parametrů a dosahovaných výsledků.

1 Historie elektricky poháněných dopravních prostředků

Ve 2. polovině 18. století zdokonalil James Watt parní stroj. Tato událost pomohla odstartovat průmyslovou revoluci, která vyústila ve velký hospodářský rozmach. Parní stroje se uplatnily především v průmyslu, ale vznikla také myšlenka pomocí nich pohánět dopravní prostředky. Využití našel zejména v kolejové (lokomotivy) a lodní dopravě. Vznikly také prototypy předchůdců dnešních automobilů a motocyklů s parním pohonem. Parní stroj měl ale velmi nízkou účinnost a časově náročnou přípravu před uvedením do provozu, což zapříčinilo snahu hledat nějaký jiný druh pohonu [1].

Roku 1821 Michael Faraday zjistil, že vodič protékající elektrickým proudem kolem sebe vytváří magnetické pole. Svým objevem zaujal mnoho dalších badatelů, kteří se pokoušeli tomuto jevu nalézt praktické využití. O to se zasloužil William Sturgeon, který v roce 1832 vynalezl první prakticky použitelný stejnosměrný elektrický motor [2].

Elektromotor si ale ještě musel na praktičtější využití v dopravě počkat až do 50. let 19. století, kdy začaly být elektromotory experimentálně montovány do vlaků, lodí nebo předchůdců dnešních automobilů [1].

Stejnou dobou již probíhaly také nezávisle na vývoji elektromotoru první pokusy se spalovacími motory a jejich možným praktickým využitím [3].

Významnou osobností, která se zasloužila o rozvoj elektricky poháněných vozidel, byl Američan Thomas Davenport, kterému je připisováno sestrojení prvního prakticky použitelného elektrického vozidla. Tento úspěch se mu povedl již v roce 1834, kdy postavil jednomístnou verzi, a o několik let později, konkrétně v roce 1847, přišlo vylepšení v podobě dvoumístné varianty [1]. Vynálezce se svým vozem je znázorněn na obrázku 1. Vozidlo mělo jeden velký nedostatek, a tím byly používané baterie, které neumožňovaly opětovné nabití, takže po vybití bylo nutné vyměnit baterie za nové [4].

Na konci 19. století představil Edison svůj vynález v podobě NiFe baterií. Výhoda těchto baterií spočívala v tom, že oproti dříve používaným bateriím disponovaly vyšší kapacitou a zároveň byly dobíjecí. I přes vysoké pořizovací ceny vozidel zapříčinily vylepšené baterie nárůst jejich popularity. Vozidla se tak dostala blíže k běžným občanům. Určitou zajímavostí je statistika prodeje nových automobilů v USA z roku 1900. Celkově bylo prodáno 4 200 automobilů, z nichž 38 % bylo elektrických, 22 % se spalovacím motorem a zbylých 40 % parních [1].

Nikola Tesla, který věřil v budoucnost střídavého proudu na úkor stejnosměrného, vynalezl v roce 1887 první střídavý elektromotor. Neexistence výkonové elektroniky a výpočetní techniky však značně omezovala možnosti řízení a využití těchto strojů [2].

Elektricky poháněná vozidla stála u zrodu mnoha rychlostních rekordů. Například jako první silniční vozidlo pokořilo v té době magickou hranici rychlosti 100 km/h. Belgičan Camille Jenatton se v roce 1899 řítil se svým elektricky poháněným vozem rychlostí 105,88 km/h [5].

Následovaly ale historické události, které se významně podílely na úpadku elektricky poháněných vozidel a nárůstu počtu vozidel se spalovacími motory. Americký podnikatel Henry Ford výrazně zefektivnil a zrychlil výrobu svého Fordu model T, čímž snížil vynaložené náklady na výrobu a automobil se tak stal cenově dostupnější. Pořizovací cena vozidla se spalovacím motorem byla v porovnání s elektrickým zhruba čtvrtinová. Poté navíc přišla první světová válka. Vozidla se spalovacími motory se ukázala jako výhodnější řešení, přičemž hlavní roli sehrály náklady, potřebný dojezd a také rozdílná rychlost mezi dobíjením baterií a načerpáním paliva [1].

Elektrický pohon našel své uplatnění zejména v prostředcích hromadné dopravy. Většina vozidel byla ale poháněna spalovacím motorem. Koncem 20. století započala narůstat cena ropy. Ozývaly se také názory, že spalovací motory způsobují znečištění a nejsou tudíž dostatečně ekologické. Objevily se tak myšlenky na jejich náhradu. Hlavním kandidátem se stal elektrický pohon [1].

Od svého vzniku urazila elektrotechnika obrovský kus cesty. Postupně vzniklo velké množství různých polovodičových součástek, které je možné využívat v měničích napájejících elektromotory. Rozvoj elektroniky a výpočetní techniky umožnil snadnější řízení elektromotorů. Pokrok v oblasti baterií způsobil nárůst dojezdu a rychlejší dobíjení.

Zejména v posledních letech začalo velké množství automobilek vyrábět čistě elektrická vozidla nebo vozidla s hybridním pohonem, která využívají kombinace spalovacího a elektrického motoru. S nárůstem popularity elektromobilů začaly vznikat nové závodní série, kde mezi sebou soutěží pouze elektricky poháněná vozidla. V některých již existujících sériích bylo ponecháno původní spalovací ústrojí a bylo doplněno o elektromotor a k němu potřebné příslušenství.

2 Silniční závody

2.1 Formule E

2.1.1 Historie

Myšlenka vytvořit zbrusu novou závodní sérii, ve které by mezi sebou závodily pouze čistě elektricky poháněné formule, vznikla během společné večere podnikatele Alejandra Agaga a bývalého prezidenta FIA Jeana Todta v roce 2011. Na své první vystoupení si ale série musela počkat až do roku 2014, kdy proběhl první závod v olympijském parku v čínském Pekingu. Tento závod zahájil premiérovou sezónu 2014/15 [6].

Pro první ročníky byly využívány formule první generace, označované GEN1. Od sezóny 2018/19 došlo k náhradě původních monopostů formulemi druhé generace, tzv. GEN2 [6].

Dalším milníkem bylo udělení statusu světového šampionátu od sezóny 2020/21. Série se v současnosti celým názvem nazývá ABB FIA Formula E World Championship [6].

2.1.2 Okruhy

Série byla založena s vidinou, že bude navštěvovat pouze městské okruhy, které se nacházejí v centrech celosvětově významných měst [6]. Lokace jsou záměrně vybírány tak, aby pozadí za závodícími formulemi bylo tvořeno známými památkami [7]. Závodní destinace nejsou stálé, ale procházejí každou sezónu obměnami. V sezóně 2021/22 série navštíví například tratě vedoucí ulicemi Monte Carla, Říma nebo Londýna. Série nezůstává pouze v Evropě, ale zavítá i do New Yorku, Soulu či Jakarty [8].

Důvodem pro upřednostnění městských okruhů před klasickými tratěmi je snaha dostat se blíže fanouškům a zlepšit tak propagaci série. Pořadatelé cílí na lidi, kteří nejsou skalními fanoušky motorsportu a nejsou tak ochotni cestovat velké vzdálenosti za závody [7].

Některé závodní okruhy jsou určeny permanentně pro závodní účely, jiné jsou utvořeny vhodným uspořádáním a olemováním svodidly z městských komunikací, na kterých se primárně pohybují silniční vozidla [7].

Závodní trať vytvořená v ulicích města musí procházet okolo již existujících míst, čímž je značně limitován její možný profil. Z bezpečnostních důvodů je nutné dodržet minimální šířku tratě. Kromě vytyčení okruhu je ještě potřeba vybudovat rozsáhlou okolní infrastrukturu – boxovou uličku, garáže, zdravotní středisko, tribuny pro diváky nebo prostor pro pracovníky FIA, kteří se podílejí na řízení závodu. Okruh navíc může vznikat za běžného provozu, což značně ztěžuje proces výstavby. V době, kdy se na dráze nezavodí, je nutné

co nejrychlejší znovuootevření komunikací pro běžnou silniční dopravu. To vše činí z návrhu okruhu velmi složitý úkol, který zaměstnává velké množství lidí [7].

Vytvořené okruhy obsahují velké množství zatáček projížděných v různých rychlostech. Rovinky a následující prudká brzdění zvyšují pravděpodobnost předjíždění. Povrchy městských tratí nejsou ideální a zahrnují velké množství nerovností, které značně zhoršují přilnavost. Okolo tratí jsou minimální únikové zóny, tudíž kontakty se zdi nebo dokonce havárie jsou velmi časté [7].

Profil tratě ve stejné lokaci může mezi sezónami procházet cílenými změnami na základě zkušeností a postřehů z minulého závodu z důvodů navýšení bezpečnosti nebo pravděpodobnosti předjíždění. Pro jezdce proto hraje velmi důležitou roli simulátor, kde si mohou trať vyzkoušet dříve, než se na ní reálně dostanou [7].

Délka okruhu je typicky v rozmezí 2 až 3 km, výjimečně může být okruh i delší. Během závodu formule urazí vzdálenost zhruba 80 až 100 km [9].

Určitou zajímavostí je okruh v Londýně, který lze rozdělit na dvě pomyslné části. První část je klasická trať pod širým nebem. Druhá část prochází halou, kam neprostupuje denní světlo, a proto je nutné používat umělé osvětlení (viz obrázek 2) [10]. Využití umělého osvětlení není v motorsportu neobvyklé. V jiných sériích se závodí za umělého osvětlení převážně v oblastech Blízkého východu. Důvodem jsou velmi vysoké teploty během dne. Proto se závodění odkládá na pozdější hodiny, kdy jsou teploty mnohem nižší.

2.1.3 Týmy

Série se v sezóně 2021/22 zúčastní 11 týmů. Každý tým má k dispozici dvě formule, takže do bojů o vítězství zasahuje 22 jezdců. V předešlých sezónách v sérii závodilo 12 týmů [12].

Ve FE má v současnosti své zastoupení mnoho velkých automobilek z celého světa. Jedná se o Mercedes, Porsche, Nissan, Jaguar, Mahindru, NIO¹ a DS² Techeetah. Ostatní týmy jsou soukromé a využívají pohonná ústrojí dodávaná od některé z velkých automobilek [12]. Před sezónou 2021/22 opustily FE automobilky Audi a BMW se svými továrními týmy a zůstaly zde pouze jako dodavatelé pohonných ústrojí [13], [14]. Audi působí jako dodavatel anglického týmu Envision Racing a americký tým Avalanche Andretti využívá služeb od BMW. Americký tým Dragon/Penske Autosport využívá vlastní pohonné ústrojí

¹ Čínská automobilka

² Premiová značka spadající pod Citroën

od firmy Penske. Monacký tým ROKiT Venturi Racing je zákaznickým týmem Mercedesu [12].

V minulosti se FE účastnil se svým továrním týmem také Renault, který ale sérii po čtvrté sezóně opustil, aby se mohl naplno věnovat svému týmu ve F1. Renault neodešel z FE úplně, ale v současnosti vytváří spojení s Nissanem [15].

2.1.4 Průběh závodního víkendu

Sezóna je složena z mnoha závodních víkendů, které jsou rozděleny do několika částí. V prvních šesti sezónách byla sezóna rozdělena do dvou let – začínala na podzim a končila na jaře nebo v létě následujícího roku. Šestá sezóna musela být přerušena z důvodu pandemie covid-19. Od sedmé sezóny došlo ke změně. Začátek i konec sezóny byly přesunuty do jednoho roku, ale název sezóny stále ze zvyku obsahuje přelom let [16].

Na úvod většiny závodních víkendů čeká jezdce Shakedown, který se koná ještě před samotným závodním víkendem. Jde o první oficiální vyjetí formulí na závodní okruh. Shakedown se může konat pouze v případě, kdy je závodní okruh již připravený. V některých lokacích může dojít k uzavření komunikací a vytvoření okruhu až na další fáze závodního víkendu. Tato část není určena pro zájždění rychlých časů, ale pro zkušební jízdu a ověření funkčnosti a spolehlivosti všech systémů formule. Proto mají jezdci k dispozici pouze omezený výkon. Následuje brífink závodníků a zástupců FIA. Po obdržení zpětné vazby od závodníků může ještě dojít k drobným úpravám závodního okruhu, například k přemístění nebo odstranění některých obrubníků [17].

Každý závodní víkend začíná dvěma volnými tréninky, jejichž délka byla pro sezónu 2021/22 zkrácena na 30 minut. Každý tým se snaží během tréninků najít ideální nastavení pro svoji formuli. Jelikož se jedná pouze o tréninky, dosažené časy nemají žádný vliv na následující průběh závodního víkendu. Při porušení pravidel si ale závodníci mohou vysloužit penalizaci v podobě poklesu míst na startu závodu. Při závažnějším prohřešku může být dokonce závodník odsouzen ke startu z boxové uličky. Časy začátku tréninků nejsou pevně stanoveny a mohou se lišit pro jednotlivé závodní víkendy [17].

Po trénincích následuje kvalifikace, během které se rozhodne, v jakém pořadí budou jezdci stát na startovním roštu. Oproti předešlým sezónám došlo pro sezónu 2021/22 k úpravě kvalifikačního formátu. Závodníci jsou rozřazeni do dvou skupin po jedenácti jezdci podle aktuálního pořadí v šampionátu jezdců. V jedné skupině jsou závodníci z lichých a ve druhé ze sudých pozic šampionátu. V případě, že se jedná o první závod sezóny, jsou jezdci rozděleni podle konečného pořadí z předešlé sezóny. Pro každou skupinu

je vyčleněno 10 minut, během kterých se závodníci snaží o zajištění co nejrychlejšího času. Po uplynutí časového limitu postupují do čtvrtfinále pouze čtyři nejrychlejší z každé skupiny, kteří se utkají ve vzájemných vyřazovacích duelech. Vítězové skupin vytvoří dvojice se čtvrtými nejrychlejšími, druzí ze skupin se třetími nejrychlejšími. V každém duelu postupně zajedou oba závodníci rychlé kolo, na které mají ale již jen jeden pokus. Vítězové čtvrtfinálových duelů se v semifinále utkají o účast ve finálovém duelu. Jezdec, který ve finále zajede rychlejší čas, se stává vítězem kvalifikace a bude mu patřit první místo na startovním roštu, poražený obsadí 2. pozici. Účastníci semifinále si rozdělí 3. a 4. startovní pozici podle dosaženého času v semifinále. Závodníci, kteří nepostoupili ze čtvrtfinále, si rozdělí 5. až 8. startovní pozici podle nejrychlejšího zajištěného času ve čtvrtfinále. Nepostoupivší ze skupin si podle zajištěných časů rozdělí zbylé startovní pozice, přičemž skupina, ze které vzešel vítěz kvalifikace, zaplní liché startovní pozice a druhá skupina sudé [17]. Formát kvalifikace dobře ilustruje obrázek 3.

Ještě též den následuje závod označovaný jako E-Prix. Startuje se z pevných startovních pozic rozdělených do řad po dvou. Všechny startovní pozice jsou vzájemně posunuty o několik metrů, aby žádné dvě formule nestály na startu přesně vedle sebe. Jezdci neabsolvuji žádné zahřívací kolo, jako je tomu zvykem u jiných závodních sérií. Závodníci začínají na fiktivním startovním roštu, který je od skutečného startovního roštu, ze kterého se poté startuje do závodu, vzdálen jen několik metrů. Při přejezdu mezi rošty jezdci zahřejí pneumatiky protočením, aby dosáhli lepší přilnavosti při startu. Nad startovní dráhou se postupně rozsvěcuje pětice červených světel, jejichž současným zhasnutím je odstartován závod. E-Prix je vypsána na 45 minut + 1 kolo, tzn. že po uplynutí 45 minut se čeká na projetí lídra závodu prostorem startu a cíle a poté jezdci absolvuji ještě jedno kolo, na jehož konci je čeká šachovnicová vlajka, která ukončuje závod [17].

V případě nutnosti vyjíždí na trať bezpečnostní vozidlo, známé spíše pod anglickým výrazem Safety car. Jeho úkolem je zpomalit startovní pole v případě potřeby (nehoda nebo porucha nějaké formule, nečistoty na trati, nepříznivé počasí), aby byla zachována bezpečnost všech zúčastněných [18].

Další novinkou, která byla zavedena od sezóny 2021/22, je prodloužení času závodu, probíhala-li nějaká část závodu za SC. Za každou minutu, kterou formule stráví za SC, bude celkový čas závodu navýšen o 45 vteřin. Výpočet prodloužení probíhá zvlášť pro každou SC fázi a musí být roven celému počtu minut. Maximálně může být E-Prix prodloužena o 10 minut. Prodlužovat závod lze pouze za přerušení vzniklá do 40. minuty. Ve 41. minutě musí ředitelství závodu oznámit týmům, o kolik minut bude závod prodloužen [18].

Od sezóny 2018/19 (s příchodem formulí GEN2) došlo pro zvýšení pravděpodobnosti uskutečnění předjížděcího manévru k zavedení útočného módu (Attack Mode) [17], jenž jezdcům umožní na omezenou dobu využívat vyšší výkon. Pro aktivaci útočného módu musí jezdec projet k tomu určenou částí tratě nazývanou aktivační zóna, která ovšem vede jinudy než normální závodní stopa (typicky po vnějším obvodu zatáčky nebo jinou částí trati – znázorněno na obrázku 4). Průjezd představuje časové zdržení a jezdcům si při tomto manévru musí dávat pozor, aby nebyli předjetí závodníky, kteří se nachází na pozicích za nimi. Extra výkon umožní jezdcům dosahovat vyšších rychlostí a lepší akcelerace, které mohou být rozhodující v boji o umístění. Pravidla dávají každému jezdcovi povinnost využít útočný mód několikrát během jednoho závodu. Počet aktivací ani doba trvání není pevně stanovena a odlišuje se pro jednotlivé okruhy. To vše do závodů vnáší trochu dramatičnosti a možnost takticky zvolit dobu využití. Aktivace je pravidly zakázána v prvních dvou kolech závodu, během SC fáze nebo jsou-li vyvěšeny žluté vlajky. Jinak je útočný mód možné využívat kdykoli [18].

FanBoost umožňuje ovlivnit závod samotným divákům, kteří pomocí sociálních sítí mohou každý závodní víkend dát hlas svému oblíbenému jezdcovi. Hlasování začíná počátkem týdne, během nějž se koná závodní víkend, a končí patnáct minut po startu závodu. Pět závodníků, kteří získají nejvyšší počet hlasů, je oprávněno ve druhé polovině závodu využít jednorázové navýšení výkonu trvající několik vteřin [17].

Na některých okruzích se konají během jednoho závodního víkendu dva závody. Dochází tak k omezení počtu přesunů celé série a snížení nákladů. Pro druhý závod je vyčleněn samostatný den. Ještě před samotným závodem je na programu třetí trénink trvající 30 minut a kvalifikace [17].

2.1.5 Systém hodnocení

Jezdci a týmy ve FE jsou hodnoceni pomocí bodů, které mohou získávat různými způsoby [17].

První mistrovské body mají jezdcům možnost získat již v průběhu kvalifikace. Jezdec, který stojí na startu na prvním místě, dostane na konto připsány tři body. Čas jezdce startujícího z první pozice ale nemusí být nutně nejrychlejší, který byl během kvalifikace zajet. Proto pilot, který zaznamenal napříč všemi částmi kvalifikace nejrychlejší kolo, obdrží jeden bod [17].

V závodě boduje pouze prvních deset závodníků. Bodování dle jednotlivých pozic je shodné jako v ostatních závodních sériích spadajících pod hlavičku FIA. Bodové

ohodnocení je rozepsáno v tabulce 1. Jezdec, který zaznamenal během závodu nejrychlejší kolo, získá jeden bonusový bod. Závod musí ale dokončit v první desítce, jinak mu nárok na extra bod zaniká [17].

Aby bylo možné za závod udělit plný počet bodů, je nutné, aby lídr závodu odjel alespoň 75 % závodu, což odpovídá 34 minutám. V případě, že lídr závodu absolvoval minimálně 2 kola a zároveň nebylo odjeto 75 % závodu, udělují se pouze poloviční body [18].

Získané body z dílčích závodních víkendů se připočítávají do poháru jezdců a poháru týmů. Týmům se připisují body za obě formule. Mistrem světa se stává ten, kdo má na konci sezóny nejvyšší počet bodů. V případě rovnosti bodů rozhoduje počet lepších výsledků (více výher, druhých míst, třetích míst atd.) [18].

2.1.6 Formule

V první sezóně využívaly všechny týmy shodné unifikované formule, jejichž konstrukce se ujala společnost SRT³, která při výrobě spolupracovala s řadou dalších výrobců, kteří dodali příslušné komponenty. Bylo použito šasi od Dallary, bateriový systém od Williamsu a převodovka Hewland. Elektromotor a měnič vyvinula a dodala společnost McLaren. Týmy měly možnost měnit pouze nastavení formule nebo program řídicí pohonné ústrojí. Tento model se stal výchozí koncepcí pro formule využívané v prvních čtyřech sezónách, které bývají označovány jako GEN1 [20].

První použitý elektromotor vážil 26 kg, poskytoval maximální výkon 200 kW a maximální krouticí moment 140 Nm [22]. Plný výkon bylo možné využívat pouze v trénincích a v kvalifikaci, pro závodní režim byl výkon omezen na 150 kW [23]. Maximální dosahovaná rychlost byla elektronicky omezena na 225 km/h a akcelerace z 0 na 100 km/h trvala 3 vteřiny [24].

Formule disponovala bateriemi o kapacitě 28 kWh [24]. Ty umožňovaly formulím urazit pouze polovinu závodní vzdálenosti, takže bylo nutné zhruba v polovině závodu vyměnit vybitou formuli za totožnou, ale plně nabitou v boxech. Každý závodník proto musel mít k dispozici dvě formule [20]. Předepsaná minimální hmotnost formule činila 888 kg včetně jezdce, z čehož 320 kg tvořila hmotnost baterií [23].

³ Společnost, která se zabývá vývojem vysokovýkonných elektricky poháněných vozidel a jejich částí [21].

Koncepce formule byla přizpůsobena typu závodění. Jednoduchá aerodynamika umožňovala jízdu více formulí v blízkosti za sebou. Úhel natočení předních kol musel být velký kvůli prudkým zatáčkám. Světlá výška formule byla zvýšena, protože městské tratě vykazují více nerovností než klasické závodní okruhy. Většina dílů byla kvůli hmotnosti vyrobena z karbonu, hliníku nebo kevlaru. Celá formule byla samozřejmě odpružena. Pro dostatečné zpomalení formule byla jednotlivá kola vybavena karbonovými brzdami. Na volantu byl umístěn displej, který zobrazoval potřebné informace o formuli nebo informace od vedení závodu [24].

Původní formule procházela mezi sezonami postupnými vylepšeními. Od druhé sezóny dostaly týmy více volnosti a mohly využívat vlastní elektromotor, měnič a převodovku, přičemž baterie a šasi zůstaly shodné jako v předešlé sezóně. V závodním režimu došlo k navýšení výkonu na 170 kW. Třetí sezóna přinesla nové přední křídlo a spolu s ním i postupné zvyšování účinnosti hlavně díky technologickému pokroku v oblasti baterií. Minimální povolená hmotnost byla snížena o 8 kg na 880 kg. Ve čtvrté sezóně se navýšil výkon v závodním režimu o 10 kW [23].

Pro pátou sezónu došlo k příchodu zcela nových formulí GEN2, které se vzhledem výrazně odlišují od původní generace. Formule obou generací jsou tak na první pohled od sebe snadno rozpoznatelné. Konstrukci formule GEN2 si vzala na starost opět společnost SRT. Baterie dodávané McLarenem o kapacitě 54 kWh umožňují formulím urazit celou závodní vzdálenost na jedno nabití. I přes téměř dvojnásobnou kapacitu baterií vzrostla minimální povolená hmotnost formule oproti předchůdci pouze nepatrně. Zároveň došlo k vylepšení elektromotoru, který poskytuje maximální výkon 250 kW. Vzrostla také maximální rychlost na 280 km/h a zrychlení z 0 na 100 km/h je možné za méně než 3 vteřiny [24], [25]. Kvůli zvýšení bezpečnosti byla přes kokpit po vzoru F1 přidána svatozář (Halo), která by měla ochránit hlavu jezdce proti velkým letícím předmětům (kolo od jiného vozu, celá formule při nehodě) nebo zlepšit deformační zónu při nárazu (vjezd pod překážku) [23]. Provedení systému Halo je vyobrazeno na obrázku 5.

Pro sezónu 2021/22 došlo k navýšení výkonu v závodním režimu z původních 200 kW na nynějších 220 kW. Shodný výkon je využíván i v úvodní rozřazovací části kvalifikace. Maximální výkon lze využívat ve všech trénincích, kvalifikačních duelech a během závodu při aktivním útočném módu [17]. FanBoost přidá jezdcovi navíc 100 kJ energie, kterou lze využít rovněž při maximálním výkonu [18].

Pro sezónu 2020/21 mělo dojít k modernizaci formulí GEN2 na GEN2 EVO. Plán byl ale kvůli pandemii covid-19 nejdříve odložen a následně i zrušen. Pro sezónu 2022/23 jsou

v plánu zcela nové formule GEN3, takže by bylo velice neekonomické stavět nový model formule pouze na jednu sezónu [27].

V tabulce 2 je přehledně znázorněno vzájemné porovnání parametrů formulí obou generací. Na obrázku 6, obrázku 7 a obrázku 8 je viditelný rozdíl mezi vzhledy formulí jednotlivých generací.

Bateriový systém se v názvosloví používaném ve FE označuje jako RESS. Baterie používaná ve formuli GEN2 je složena z jednotlivých 5 000 elektrických článků, které jsou vzájemně pospojovány tak, aby poskytovaly výstupní napětí 800 V. Baterie používané ve formulích GEN1 měly výstupní napětí pouze poloviční, tedy 400 V. Hlavním problémem baterií je jejich obrovská váha. Samotné baterie spolu s různými propojkami, chlazením a obalem mohou vážit až přes 400 kg, což je skoro polovina váhy formule. Formule GEN2 mají oproti předchůdci dvojnásobný dojezd, ale přesto velikost a hmotnost baterií i přes vyšší kapacitu zůstaly téměř shodné [20].

Ve FE se pro pohon formulí GEN2 využívá synchronních elektromotorů, jejichž rotor je tvořen permanentními magnety. Elektromotor o délce 30 cm až 40 cm a průměru 20 cm až 30 cm váží okolo 20 kg. Protože elektromotor může pracovat v motorickém i generátorovém režimu, bývá často nazýván MGU (Motor Generator Unit). V generátorovém režimu pracuje elektromotor při zpomalování formule a umožňuje přeměňovat kinetickou energii rozjeté formule na elektrickou energii, která se ukládá do bateriového systému [20].

Obecně je pohonné ústrojí umístěno za jezdcovými zády a přenáší výkon přes diferenciál na zadní nápravu. Na rozložení jednotlivých komponentů pohonného ústrojí má každý tým svůj vlastní recept. V začátcích neměly elektromotory ještě dostatečně vysokou účinnost a točivý moment k tomu, aby mohly pracovat bez převodovky. V první sezóně byla využívána pětistupňová převodovka. S postupným vylepšováním vlastností ubývalo také rychlostních stupňů, až nakonec došlo k omezení pouze na jeden rychlostní stupeň. Ve 4. sezóně již žádný tým nepoužíval převodovku. Elektromotor ale dosahuje vyšších otáček než kola, tudíž je nutné použít redukční převodovku [20].

Pro napájení elektromotoru je nutné použít měnič, který přeměňuje stejnosměrné výstupní napětí baterie na střídavé napětí. Maximální dosažitelné otáčky elektromotoru jsou kromě konstrukčních a mechanických vlastností elektromotoru závislé také na maximální dosažitelné výstupní frekvenci měniče. Ta je podle míry dovoleného zvlnění výstupního napětí závislá na spínací frekvenci polovodičových součástek měniče. Maximální hodnota spínací frekvence je omezena použitými součástkami, které mají nenulovou zapínací

a vypínací dobu. Při spínání navíc dochází ke vzniku tepla a růstu teploty měniče, která i přes chlazení nesmí překročit určitou úroveň. Střídač používaný v první sezóně byl zhotoven z křemíkových IGBT tranzistorů. Toto provedení plně dostačovalo tehdejšími dosahovanými výkonům a požadovaným otáčkám elektromotoru. S postupným snižováním počtu rychlostních stupňů bylo nutné navýšit rozsah otáček elektromotoru, k čemuž již IGBT tranzistory nebyly vhodné kvůli omezené maximální možné provozní teplotě. Řešením bylo použít MOSFET tranzistory zhotovené z karbidu křemíku, které umožnily využívat vyšších spínacích frekvencí. Jejich použití zároveň umožnilo zmenšení rozměrů měniče [20].

Pohonná jednotka od Audi pro sezónu 2020/21 dosahovala celkovou účinnost vyšší než 95 %. Elektromotor byl schopen vyvinout až 20 000 ot/min [30].

Pravidla omezují maximální počet částí pohonného ústrojí, které smí být použity v jedné sezóně. Během sezóny mohou být využity maximálně 2 kusy elektromotoru a měniče. Baterie je povolena pouze 1 na sezónu. Za použití nadlimitního počtu komponentů jsou udělovány penalizace v podobě poklesu míst na startu závodu [18].

Umístění pohonného ústrojí a rozložení jednotlivých komponentů ve FE je možné vidět na obrázku 9, obrázku 10 a obrázku 11.

FE využívá 18-ti palcové pneumatiky dodávané firmou Michelin. Používán je pouze jeden univerzální typ s dezénem určený do suchých i mokrých podmínek [17].

Každý jezdec dostane k dispozici na jeden závodní víkend pouze dvě sady nových pneumatik, se kterými musí absolvovat tréninky, kvalifikaci i závod. Pokud se o daném závodním víkendu konají dva závody, obdrží závodníci navíc jednu sadu pneumatik [18].

Jakékoli úpravy pneumatik jsou pravidly přísně zakázány. Povoleno není ani nahřívání pneumatik, které je často využíváno v jiných závodních sériích [18].

Dobíjení formulí je zakázáno během kvalifikace, závodu, technické přejímky a stání v parc ferme⁴. Povoleno je v průběhu tréninků a v dobách mezi tréninky, kvalifikací a závodem [18].

⁴ Oblast, kde jsou formule zaparkovány mezi závodem a kvalifikací. V této době se formulí smí dotýkat pouze povolené osoby. Na formulích není možné provádět úpravy nastavení ani výměny nepovolených dílů [32].

Formule smějí být nabíjeny pouze ze zdroje energie, který byl schválený pořadatelem a FIA pro daný závodní víkend. V případě nedodržení hrozí diskvalifikace [18].

Pro start závodu musí být formule nabité alespoň na 97 % [18].

2.1.7 Porovnání s ostatními sériemi

Nabízelo by se srovnání FE a F1. V obou sériích závodí formule a mají zde zastoupení velké automobilky, které investují do závodění (obzvláště ve F1) velké množství peněz.

Nutno podotknout, že obě série vyznávají zcela odlišné filozofie. FE byla stvořena pro závody probíhající výhradně na městských okruzích. Cílem této série je zpopularizovat elektromobilitu mezi lidmi. F1 má bohatou historii sahající až do začátku druhé poloviny minulého století. Během této doby si vytvořila širokou diváckou základnu po celém světě. Pravidla i používané motory postupně procházely obměnami. Zejména v posledních několika letech začal být kladen důraz na používání nejnovějších trendů, které spočívají v použití různých rekuperačních systémů, jenž pomáhají navýšit výkon a zároveň zlepšit celkovou účinnost pohonného ústrojí. Obě série spadají pod FIA, jsou známé na celosvětové úrovni a využívají nejmodernější dostupné technologie. Proto si myslím, že porovnání obou formulových sérií je zcela na místě.

F1 navštěvuje mnoho okruhů po celém světě. Převládají mezi nimi především klasické závodní okruhy. Mezi fanoušky jsou nejvíce populární přírodní okruhy, které jsou například obklopeny lesy. Ještě nedávno měl v kalendáři zastoupení pouze 1 městský okruh, a to Monako. V posledních letech ale počet městských okruhů hostících F1 roste. Během sezóny se v současnosti koná přes 20 závodních víkendů. Převážná většina závodů se koná na evropském kontinentu. Pořádají se ale i závody v Austrálii, USA nebo Kanadě. V poslední době narůstá počet závodů konajících se na Blízkém východě (Bahrajn, Saúdská Arábie a Spojené arabské emiráty), kde se závodí zpravidla pod umělým osvětlením.

F1 se v současnosti účastní 10 týmů, přičemž každý tým má 2 závodníky. Závodní víkend F1 zahrnuje tři hodinové tréninky. Kvalifikace se skládá ze 3 segmentů. Na konci prvních dvou z nich je eliminováno 5 nejpomalejších závodníků. Zbýlých 10 jezdců se v poslední části kvalifikace utká o první místo na startu. Závodní vzdálenost musí činit nejméně 305 km. Výjimkou je závod v ulicích Monte Carla, který je z časových důvodů vypsán na kratší vzdálenost. Je zaveden časový limit omezující maximální délku trvání závodu na 2 hodiny čistého času, aby závody netrvaly extrémně dlouho. Ve F1 je možné získat body pouze v závodě. Bodové rozložení podle pozice v cíli i bonusový příděl za nejrychlejší kolo má v obou sériích stejné ohodnocení.

Vůz F1 jako celek je oproti FE mnohem více komplikovaný. U F1 hraje velkou roli aerodynamika. Vůz kromě předního a zadního křídla obsahuje velké množství křidélek, které usměrňují obtékající vzduch správným směrem. Týmy často využívají při návrhu formulí větrné tunely, které dokáží přiblížit obtékání vzduchu velmi blízko realitě. Obdobně jako u FE je kokpit chráněn systémem Halo. Vzhled vozu F1 pro sezónu 2022 je vyobrazen na obrázku 12.

Pohonné ústrojí F1 dosahující maximálního výkonu přes 1 000 koní kombinuje spalovací motor se systémy rekuperace kinetické a tepelné energie, které jsou pojmenovány MGU-K, respektive MGU-H. Páteří pohonného ústrojí je přeplňovaný šestiválcový motor o maximálním dovoleném objemu 1,6 l. MGU-K je systém, který využívá kinetické energie rozjeté formule, která by se jinak při brzdění přeměnila na teplo a došlo by tak k její úplné ztrátě. MGU-K při brzdění formule pracuje jako generátor a pomáhá tak zpomalovat formuli. Získaná energie je přes měnič ukládána do bateriového systému ve formuli. MGU-H využívá k pohonu generátoru teplo, které je získáváno z výfukových plynů. Získaná elektrická energie může být rovněž ukládána do baterií nebo rovnou využita MGU-K v motorickém režimu. MGU-H primárně spolupracuje s turbodmychadlem. Pomáhá navýšit otáčky kompresoru, čímž dochází ke zmenšování prodlevy turbodmychadla na sešlápnutí plynového pedálu a zároveň i k navýšení maximálního výkonu. Během jednoho okruhu se může do baterií uložit maximální energie o velikosti 4 MJ. Celý systém brzdění se nazývá souhrnným názvem Brake-by-wire. Formule je brzděna klasickými brzdami společně s rekuperací pomocí MGU-K. Pilot zpomaluje sešlápnutím brzdového pedálu, přičemž celý proces brzdění je řízen elektronikou. MGU-K poháněné energií uloženou v bateriích dosahuje výkonu 120 kW a vypomáhá spalovacímu motoru při akceleraci. Po sešlápnutí plynového pedálu dojde k samočinnému zapnutí. Během každého okruhu je možné využívat zvýšený výkon po dobu zhruba 30 vteřin [34]. Schématické znázornění jednotlivých komponentů pohonného ústrojí je zobrazené na obrázku 13.

Hmotnost vozů F1 používaných v sezóně 2022 činí okolo 800 kg. Pro ujetí celé závodní vzdálenosti smí být využito pouze 110 kg paliva, přičemž tankování během závodu není pravidly dovoleno. Po připočtení této hmotnosti je pro závodní režim hmotnost formulí obou sérií velmi podobná. I přes velmi vysoký výkon F1 se udává, že každých 10 kg hmotnosti navíc znamená zpomalení okolo 0,3 vteřiny na každý okruh. U FE by vzhledem k nižšímu výkonu mělo být zpomalení ještě razantnější.

Maximální rychlost F1 přesahuje 350 km/h a akcelerace z 0 na 100 km/h trvá lehce přes 2 vteřiny. Schopnosti F1 jsou lépe viditelné na zrychlení z 0 na 200 km/h, které zabere okolo

4 vteřin. F1 je schopna projíždět zatáčky rychlostmi přesahujícími 300 km/h. Je jasné, že FE se dosahovanými výkony F1 nemůže rovnat. FE je výkoností spíše na úrovni různých formulových juniorských sérií.

Pod F1 spadá například juniorská série F3, která je FE dosahovanými parametry velmi podobná. Spalovací motor používaný ve F3 má výkon 280 kW. Zrychlení z 0 na 100 km/h zabere 3,1 vteřiny a maximální rychlost dosahuje 300 km/h. Minimální hmotnost F3 včetně pilota je 673 kg [35].

Dodavatelem pneumatik pro F1 je společnost Pirelli. Od sezóny 2022 došlo k náhradě původních 13-ti palcových pneumatik 18-ti palcovými nízkoprofilovými pneumatikami. Jsou rozlišovány pneumatiky do sucha, mokra a přechodných podmínek. Pro suché podmínky dodává Pirelli 5 různých tvrdostí pneumatik. Čím měkčí pneumatika, tím je rychlejší na jedno měřené kolo, ale zase se rychleji opotřebovává. Každý typ má pro lepší rozlišení barevné označení po obvodu pneumatiky. Oproti FE jsou pneumatiky výrazně širší. Barevné rozlišení a porovnání vzhledů mezi jednotlivými pneumatikami je viditelné na obrázku 14, obrázku 15, obrázku 16 a obrázku 17. V závodě má každý jezdec povinnost nasadit pneumatiky alespoň dvou rozdílných specifikací, tudíž je nutná zastávka v boxech kvůli jejich výměně. Výměna pneumatik zrcadlí technickou vyspělost F1, kdy nejrychlejší týmy jsou schopné přezout formuli za méně než dvě vteřiny!

Obdobou útočného módu používaného ve FE je ve F1 systém DRS, který byl zaveden pro zvýšení šance na předjetí. V zadním křídle je část, která se na pokyn pilota může odklopit, snížit odpor vzduchu formule a zvýšit tak její maximální rychlost. Na okruhu jsou vytvořeny DRS zóny, kde lze DRS aktivovat. Typicky se jedná o rovinky. V trénincích a v kvalifikaci se smí používat DRS v těchto zónách bez omezení. V závodě je nutná časová vzdálenost mezi formulami v detekčním bodě menší než jedna vteřina. Poté je pilotovi pípnutím do sluchátek signalizováno, že může využít systému DRS. Jak systém funguje v praxi je viditelné na obrázku 18.

Zatímco ve F1 se v popředí startovního pole pohybují výhradně velké týmy podporované automobilkami s velkými rozpočty (Mercedes, Ferrari, Renault a Honda), ve FE díky pouze nepatrným odlišnostem mezi jednotlivými formulami panuje obrovská vyrovnanost a šanci na výborný výsledek má velké množství týmů. Statistika z loňské sezóny mluví jasně. Před posledním dvojjávodem sezóny 2020/21 mělo matematickou šanci na titul 18 závodníků [41]. Během této sezóny se podařilo získat body všem jezdcům. Zvítězilo 11 různých závodníků a na stupních vítězů se objevilo 20 odlišných jmen [42].

Na začátku roku 2021 proběhlo neformální jednání mezi pořadateli FE a F1, zda by v budoucnu bylo možné uspořádat závody obou sérií během jednoho závodního víkendu na shodném městském okruhu [43].

V roce 2021 proběhl závodní víkend obou sérií na shodné konfiguraci okruhu v ulicích Monte Carla, ovšem v rozdílných termínech. Pro FE to byl první závod na plné verzi okruhu, protože v předešlých sezónách závodila pouze na zkrácené variantě okruhu [43].

V tabulce 3 jsou vypsány nejrychlejší časy, které byly během závodního víkendu zaznamenány v jednotlivých sériích. F3 bohužel na této trati nezávodí, takže je uveden čas juniorské série F2, která se výkonově nachází mezi F3 a F1.

2.1.8 Finance

Ve FE má kromě automobilek zastoupení i několik soukromých týmů, které mohou využít pohonná ústrojí dodaná od některého ze zúčastněných výrobců. Celková cena formule GEN2 nesmí přesáhnout 817 300 €. Cena pohonného ústrojí může být maximálně 250 000 €. Cenový limit baterií je stanoven na 200 000 € a šasi na 299 600 € [47].

Oproti formuli GEN1 je pořizovací cena formule GEN2 výrazně vyšší. V poslední sezóně, kdy byly využívány formule GEN1, byla stanovena maximální cena formule na 480 000 €. Formule GEN2 jsou ale schopné urazit celou závodní vzdálenost, takže týmům postačuje poloviční počet formulí a zároveň i použitých komponentů. Je ale nutné také vzít v úvahu, že veškeré komponenty musí disponovat dvojnásobnou životností, tudíž muselo dojít ke zvýšení vynakládaných prostředků na vývoj. I přes to by v součtu měly být celkové náklady na formule GEN2 nižší než u předchozí generace [47].

Jaguar stála sezóna 2018/19 ve FE 11,7 milionu \$. Na první pohled se jedná o velmi vysokou částku, ale ve světě motorsportu na celosvětové úrovni není suma nijak závratná. Sezóna ve F1 je mnohonásobně dražší. Udává se, že sezóna ve FE stála ve stejném roce pouze 4 % ceny sezóny ve F1. Cenová dostupnost a vzrůstající popularita série přilákala velké množství automobilek. V současnosti je ve FE zastoupeno více automobilek než ve F1 [48].

Pro sezónu 2022/23 je v plánu zavedení rozpočtového stropu, jehož výše byla stanovena na 14,7 milionu \$. V částce by kromě platu jezdců a zaměstnanců týmu měly být obsaženy veškeré náklady na provoz týmu, formule nebo cestování [49].

V F1 je v současnosti také zaveden rozpočtový strop, který je stanoven na 145 milionu \$, což činí finanční náročnost na sezónu F1 zhruba desetkrát vyšší než u FE [49].

2.1.9 Plány do budoucna

Pro sezónu 2022/23 je v plánu použití nových formulí GEN3. Maximální výkon by měl být navýšen na 350 kW, v závodním režimu omezený na 300 kW. Rekuperační jednotky by nově měly být umístěny na přední i zadní nápravě a poskytovat v součtu maximální rekuperační výkon 600 kW [50]. Maximální rychlost by měla přesahovat 300 km/h [51]. Rychlonabíjecí baterie by měly umožnit v průběhu závodu provést zastávku v boxech určenou pro dobíjení baterie, která by trvala okolo 30 vteřin [50]. Až 40 % elektrické energie využitě při závodě by mělo být získáno rekuperací při zpomalování [51]. Dodavatelem pneumatik se nově stane společnost Hankook [52].

Před monackým závodem v sezóně 2021/22 došlo k představení prototypu formule GEN3, který je viditelný na obrázku 19 a obrázku 20 [53].

Závod FE hostilo již velké množství destinací napříč celým světem a další nové země mají zájem o uspořádání závodu. Pro sezónu 2022/23 byly potvrzeny nové okruhy nacházející se v jihoafrickém Kapském Městě a brazilském Sao Paulu [54], [55]. Další zemí, která by chtěla pořádat závod FE v sezóně 2022/23, je Indie, která by tímto krokem ráda podpořila rozvoj elektromobilů ve své zemi. V Indii se naposledy konala velká motoristická akce v roce 2013, kdy zde probíhal závod F1 [56].

Změnami projdou také zúčastněné týmy. Audi bylo součástí FE od jejího počátku. O to větší překvapení bylo oznámení, že se sérii rozhodlo opustit. Hlavním z důvodů bylo, že ve FE je razantně omezen možný vývoj formulí. Automobilka se raději chce věnovat Rallye Dakar, kde je více volnosti při návrhu závodního speciálu [57]. Mercedes je součástí formule teprve od sezóny 2019/20. Přesto se mu hned druhý rok svého působení povedlo získat titul mistra světa jezdců i týmů. I přes nezpochybnitelné úspěchy se rozhodl, že s příchodem formulí GEN3 sérii opustí, aby se mohl věnovat smysluplnějším projektům [58]. Mercedes ale neodejde z FE úplně, protože se dohodl na spolupráci se závodní stájí McLaren, která za něj od sezóny 2022/23 tým převezme [59]. Možný odchod z FE hrozí také u Porsche. To vstoupilo do FE ve stejné sezóně jako Mercedes, ale nedosahuje takových úspěchů, jakých očekávalo. Prozatím je ve FE zavázáno do sezóny 2023/24. V roce 2026 vejdou v platnost nová technická pravidla týkající se pohonných jednotek ve F1. Porsche oficiálně potvrdilo svůj vstup do F1 jako dodavatel pohonných jednotek. Pro Porsche by byla účast ve dvou vrcholných motoristických sériích finančně náročná, proto je velmi pravděpodobné, že v budoucnu upřednostní F1 a FE opustí [60], [61]. Jsou ale i automobilky, které mají do FE zájem nově vstoupit se svým týmem. Maserati načasovalo svůj příchod na sezónu 2022/23 spolu s novými formulími GEN3 [62].

2.2 MotoE

2.2.1 Historie

Jedná se o poměrně mladý šampionát, jehož první sezóna se konala teprve v roce 2019 [63]. Úvod sezóny ale musel být oproti původním plánům odložen. Požár během předsezónních testů poškodil všechny závodní motocykly [64]. Úvodní závody sezóny musely být zrušeny a byl vytvořen nový kalendář [65].

Série spadá pod záštitu FIM a je pořádána v rámci závodů Mistrovství světa silničních motocyklů, které v aktuální době zahrnují třídy rozdělené podle objemu spalovacího motoru na Moto3, Moto2 a MotoGP. Nedávno k nim navíc přibyla samostatná třída MotoE. Celý šampionát bývá také nazýván souhrnným názvem MotoGP podle královské třídy, která je obdobou F1 v motocyklovém světě [66].

2.2.2 Okruhy

Vzhledem k tomu, že je série pořádána v rámci závodů MotoGP, navštěvuje shodné okruhy a využívá shodné konfigurace tratí jako ostatní třídy [67].

Používané okruhy jsou velmi různorodé. Některé závodní okruhy hostí i jiné motoristické série, například F1. Existují okruhy, které jsou celé postavené na rovině, ale i okruhy na kterých jezdci během jednoho kola překonávají převýšení několika desítek metrů. Klasické závodní okruhy jsou v porovnání s městskými okruhy mnohem širší a disponují rozsáhlými bezpečnostními zónami. Použití městských okruhů nepřípadá pro motocyklové závody z bezpečnostních důvodů v úvahu. Motocykloví jezdci jsou oproti závodníkům ve formulových sériích při případné nehodě mnohem hůře chráněni. Velké množství pádů se navíc odehrává při vysokých rychlostech. Délka jednoho okruhu je zhruba 4 až 6 km. Okruhy jsou složeny z pomalých, středně rychlých i vysokorychlostních zatáček. Rovinky mohou měřit klidně i přes jeden kilometr a obzvláště motocykly třídy MotoGP na nich dosahují velmi vysokých rychlostí.

Specialitou používanou v seriálu MotoGP je dlouhé kolo (tzv. long lap). To je vytvořeno tak, že v určitém místě okruhu je ohraničena vnější část tratě mimo ideální závodní stopu. Projetím touto částí ztratí závodníci v závislosti na okruhu okolo 3 vteřin. Penalizace průjezdu dlouhým kolem je udělována za opětovné porušování limitů tratí, neopodstatněně pomalou jízdou v tréninku či kvalifikaci nebo nesportovní chování vůči ostatním jezdcům. Praktické provedení je viditelné na obrázku 21.

2.2.3 Týmy

Série MotoE se v roce 2022 účastní 18 jezdců z různých 11 týmů [69].

V sérii nemá zastoupení žádná motocyklová značka, tudíž všechny zúčastněné týmy jsou soukromé. Všechny týmy kromě MotoE působí také v některé z ostatních tříd série MotoGP [69].

2.2.4 Průběh závodního víkendu

Závodní víkendy MotoE se konají ve stejných termínech a na shodných okruzích jako závody ostatních tříd MotoGP. Ty navštěvují i mimoevropské okruhy, ale závody MotoE probíhají výhradně v Evropě. Sezóna začíná na jaře a končí na podzim téhož roku. Sezóna MotoE zahrnuje typicky 6 nebo 7 závodních víkendů, zatímco kalendář ostatních tříd obsahuje okolo 20 závodních víkendů [67].

Pro sezónu 2022 došlo ke změně formátu závodního víkendu tak, aby byl co nejvíce podobný pro všechny třídy spadající do seriálu MotoGP [70].

V pátek se konají dva volné tréninky a kvalifikace [70]. Každý z dvojice tréninků trvá pouze 20 minut. Oproti ostatním třídám je na tréninky vyčleněno mnohem méně času. Ostatní třídy absolvují 3 tréninky, přičemž tréninky Moto3 a Moto2 jsou vypsány na 40 minut, tréninky MotoGP dokonce na 45 minut. Třída MotoGP má ještě navíc k dispozici čtvrtý trénink trvající 30 minut [71]. Kvalifikace pro sezónu 2022 prošla také obměnou a využívá stejný princip, který se osvědčil v ostatních třídách. Došlo k náhradě původní kritizované varianty, kdy se jezdci na okruhu postupně po jednom střídali a na zajetí rychlého času měli pouze 1 pokus. Kombinované pořadí vytvořené podle dosažených nejrychlejších časů z obou tréninků rozhodne o rozdělení závodníků do dvou kvalifikačních skupin. Do druhé části kvalifikace označované Q2 automaticky postupuje 8 nejrychlejších jezdců. Zbytek jezdců se v první části kvalifikace Q1 trvající 10 minut utká o postup do Q2, kam z této části postoupí pouze dva nejrychlejší závodníci. Jezdci, kteří nepostoupili do Q2, si na startovním roštu rozdělí jedenáctou a vyšší pozice podle výsledků z Q1. Mezi oběma částmi kvalifikace je desetiminutová přestávka, během níž si postoupivší jezdci mohou dobít své závodní motocykly. Q2 trvá opět 10 minut a určí pořadí na startu na prvních 10 pozicích [70].

V sezóně 2022 se během všech závodních víkendů koná hned dvojice závodů – jeden v sobotu a druhý v neděli [70]. Do závodu jezdci startují z pevných startovních pozic rozdělených do řad po třech. Závod je vypsán pouze na krátkou závodní vzdálenost, aby byly

motoriky schopny odkroužit na jedno nabití celý závod. Ten typicky trvá okolo 10 minut [72].

2.2.5 Systém hodnocení

V seriálu MotoGP mají jezdci možnost získávat body pouze za závod, ve kterém boduje prvních 15 závodníků v cíli. Vzhledem k tomu, že startuje pouze osmnáct jezdců, tak se v případě pádu vyplatí závodníkům motocykl zvednout a pokračovat v závodě. To je ale možné pouze za předpokladu, že motocykl není příliš poškozený. Šance připsat si body i po pádu, i když se značnou časovou ztrátou na vítěze, je stále velmi vysoká [72]. Bodové ohodnocení v závislosti na pozici je znázorněno v tabulce 4.

2.2.6 Motocykl

V současné době jsou v sérii používány unifikované motocykly Energica Ego Corsa [73]. Motocykl MotoE se od motocyklů ostatních tříd odlišuje především použitým pohonným ústrojím. Pohon obstarává synchronní reluktanční elektromotor, který využívá kombinaci vzduchového a kapalinového chlazení. Elektromotor dosahuje maximálního výkonu 120 kW a přes 200 Nm točivého momentu. Rotor může dosahovat až 11 000 ot/min. Motocykl je schopen akcelarovat z 0 na 100 km/h pod 2,6 vteřiny a dosahuje maximální rychlosti 270 km/h. Li-ion baterie mají kapacitu 20 kWh a výstupní napětí 380 V. Rychlonabíjení umožňuje nabít baterie z 0 na 100 % za 30 minut [73].

Baterie se významně podílejí na vysoké váze stroje, která činí 247 kg [73]. Pro sezónu 2022 připravil výrobce vylepšený elektromotor a měnič, které se zasloužily o úbytek hmotnosti 15 kg oproti předchozím sezónám [74].

Baterie je umístěna v hliníkovém pouzdře uprostřed motocyklu mezi jezdcovými nohama. Tím se snižuje pravděpodobnost vzniku jejího poškození při pádu nebo vniknutí vody při dešti [73]. Baterie je ochlazována náparem proudícího vzduchu při jízdě. Na horní straně baterie se nachází měnič, jehož výstupem je třífázové napětí, které napájí elektromotor uložený pod jezdcovým sedadlem. Tam se nachází také nabíjecí konektor [75].

Elektromotor přenáší svůj rotační pohyb přes řetěz a ozubená kolečka na zadní kolo. Ozubená kola na rotoru a na zadním kole mají odlišný počet zubů, čímž dochází k redukci otáček mezi elektromotorem a zadním kolem a není tedy nutné používat převodovku [76].

Ovládací páčka spojky je u běžných motocyklů umístěna na levém řídítku. Elektrické motocykly ale spojku nemají, takže by tato páčka byla zbytečně nevyužitá. Proto je využívána k ovládní zadní brzdy, která bývá u běžných motocyklů aktivována pomocí

pravé nohy. Ruční ovládání umožňuje jezdcům zadní brzdu využívat i v nepříznivých náklonech, kdy by ovládání nohou bylo velice obtížné [77]. Kromě brzd je při zpomalování využíván i elektromotor. Jezdci mají pomocí tlačítek umístěných na řídicích možnost nastavit 3 různé úrovně motorové brzdy [78].

Pohled na současný motocykl MotoE je na obrázku 22. Motocykl s odstraněnou kapotáží je vidět na obrázku 23.

2.2.7 Porovnání s ostatními sériemi

Nabízí se porovnání s ostatními třídami spadajícími do seriálu MotoGP. Tím, že všechny třídy jezdí na stejných konfiguracích okruhů, lze snadno porovnat dosažované časy na jedno kolo.

Tabulka 5 znázorňuje porovnání důležitých technických údajů všech tříd MotoGP. Úroveň výkonu motoru je MotoE zhruba na úrovni Moto2. Motocykl MotoE je limitován především vysokou hmotností, která je jednoznačně nejvyšší ze všech tříd. V motorsportu obecně hraje hmotnost velkou roli a všichni usilují, aby jejich závodní stroje byly co možná nejlehčí. Vysoká hmotnost motocyklu zhoršuje ovladatelnost a neumožňuje hbité průjezdy zatáčkami. Každý kilogram navíc také ztlačně zhoršuje akceleraci a zpomalování. Nabízí se otázka, jak si povede MotoE v časech na jedno kolo.

V tabulce 6 jsou vypsány nejrychlejší časy dosažené během všech závodních víkendů sezóny 2021 napříč všemi třídami doplněné maximálními rychlostmi. Na dosažených časech je vidět, že motocykly MotoE prozatím nejsou schopné porážet ani motocykly Moto3, které sice mají nejmenší výkon motoru, ale zato jsou lehké a mrštné, což jim umožňuje rychlé průjezdy zatáčkami. Maximální rychlosti motocyklů MotoE jsou pouze o trochu vyšší než u motocyklů Moto3 a za motocykly třídy Moto2 v tomto porovnání výrazně zaostávají. Na obrázku 24 je viditelné porovnání průběhu nárůstu rychlosti při akceleraci ze zatáčky mezi třídami Moto3, Moto2 a MotoE.

Motocykly ostatních tříd jsou na viditelné na obrázku 25, obrázku 26 a obrázku 27.

Dosažované výkony jsou jistě za původními očekáváními a ovlivnily následující osud těchto motocyklů.

2.2.8 Plány do budoucna

Od sezóny 2023 dojde k náhradě stávajících motocyklů Energice Ego Corsa unifikovanými motocykly značky Ducati [92].

O novém motocyklu není prozatím známo mnoho detailnějších informací. Proběhly již ale první testy motocyklu na závodní dráze. Testovací pilot Ducati nový motocykl velmi chválí a přirovnává ho ke stroji třídy MotoGP i přes to, že motocykl byl během testů provozován se sníženým výkonem na 70 % [93].

Prototyp nového motocyklu je vyobrazen na obrázku 28.

2.3 Bridgestone World Solar Challenge

2.3.1 Historie

Solární průkopníci v roce 1982 přišli s myšlenkou přejet Austrálii ze západu na východ pomocí podomácku vyrobeného vozidla na solární pohon. Tímto byl položen základní kámen sérii WSC, jejíž první závod se uskutečnil v roce 1987 [94].

Od té doby se závod konal každé 3 roky, později byl rozestup mezi závody snížen na 2 roky [95]. Výjimkou byl rok 2021, kdy se závod nekonal kvůli omezením souvisejícími s covidem-19. Následující závod je tedy v plánu na rok 2023 [96].

2.3.2 Trať

Závodní trasa vede napříč celou Austrálií. Start závodu je umístěn na severu Austrálie v Darwinu. Cíl závodu se nachází na jihu Austrálie v Adelaide vzdáleném od místa startu přes 3 000 km [97]. Závod probíhá na pozemních komunikacích za plného provozu [98]. Mapa znázorňující trasu závodu je na obrázku 29.

2.3.3 Týmy

Závod má celosvětový význam. Zastoupení zde mají především týmy tvořené univerzitními studenty. Posledního uskutečněného závodu v roce 2019 se zúčastnilo celkem 44 týmů z 21 zemí [99].

2.3.4 Třídy a vozidla

Mezi každými dvěma ročníky série dojde k drobné úpravě pravidel, která má za úkol zamezit kopírování nápadů mezi jednotlivými týmy [100].

V průběhu let v sérii závodilo mnoho vozidel s velmi rozličným vzhledem, který kladl důraz především na co největší plochu pro umístění solárních panelů a co nejmenší aerodynamický odpor. Při návrhu a konstrukci vozidel nebyl brán zřetel na jejich praktickou využitelnost [100].

Závod je vypsán pro 3 třídy solárních vozidel: Challenger, Cruiser a Adventure [101].

Vozidla třídy Challenger jsou pouze jednomístná. Hlavním cílem je postavit stroj, který zvládne absolvovat závod co nejefektivněji. Pravidla omezují maximální délku vozidla na 5 m a šířku na 2,2 m. Soutěžní vozidla musí mít minimálně 3 kola a solární panely mohou zabírat plochu maximálně 4 m² [102]. V průběhu závodu nesmí být baterie dobíjena odjinud než ze solárních panelů umístěných na vozidle nebo z elektromotoru v generátorovém chodu při zpomalování. Pravidla umožňují dobíjet baterii pomocí solárních panelů i v době mimo

dovolený závodní časový limit. Nabíjení ale musí být ukončeno nejdéle 15 minut po západu slunce [98].

Při stavbě vozidel třídy Cruiser je kladen důraz na možnost, aby podobná vozidla mohla být využita i pro každodenní provoz. Nesmí to tedy být pouze prototypy, do kterých se stěží vejde i řidič. Tato třída byla založena až v roce 2013 v rámci podpory udržitelné dopravy. Omezení vnějších rozměrů je shodné jako u třídy Challenger. Solární panely ale mohou zabírat plochu maximálně 5 m² a vozidlo musí mít minimálně 4 kola. Vozidla musí být schopné kromě řidiče přepravit ještě minimálně jednoho pasažéra [103]. Baterie je možné dobíjet i z povolených externích zdrojů, ale množství takto spotřebované energie je přísně kontrolováno a promítne se do výsledného hodnocení [98]. V roce 2017 vítězné vozidlo přepravilo 3 osoby, přičemž v průběhu celé cesty spotřebovalo pouze 46 kWh elektrické energie, což znamenalo náklady na dopravu pro každého cestujícího menší než 5 \$ [103].

Do poslední třídy Adventure spadají vozidla, která nemohou být zařazena do žádné z předchozích tříd. Může se jednat například o vozidla využitá již při některém z předchozích ročníků závodu. Vozidla absolvují shodnou trasu jako vozidla třídy Challenger [104].

Na obrázku 30 jsou vidět rozdílné vzhledy vozidel napříč všemi třídami.

Nejúspěšnějším týmem ve třídě Cruiser je tým z nizozemského Eindhovenu, který prozatím ovládl všechny závody v této třídě. Vůz postavený pro rok 2019 pojmenovaný Stella Era navázal na své úspěšné předchůdce, kteří se jmenovali Stella Vie (2017), Stella Lux (2015) a Stella (2013) [106], [107], [108], [109].

Všechna novější vozidla vycházejí z původního modelu Stella a jsou si navzájem velmi podobná. Stella Vie měřila na délku 5 m a na šířku 1,65 m a přitom vážila pouze 375 kg. Dle týmu bylo vozidlo schopné urazit vzdálenost 1 000 km na energii získanou ze slunečního záření během jednoho slunečního dne v Nizozemsku. Efektivní aerodynamika umožnila dosáhnout maximální rychlosti 125 km/h [109]. Stella Lux disponovala baterií o kapacitě 15 kWh a byla poháněna dvěma elektromotory s axiálním tokem o maximálním výkonu 15 kW [107].

Vozidlo Stella Vie je vyobrazeno na obrázku 31.

2.3.5 Závod

Aby se vozidla mohla postavit na start závodu, musí úspěšně absolvovat statickou a dynamickou technickou přejímku. Během statické přejímky je na každém vozidle podrobně zkontrolováno, zda splňuje všechny pravidly předepsané technické požadavky.

Kontrolují se například mechanické části jako je řízení nebo brzdy, ale i části elektrické, mezi něž patří například pohonné ústrojí, použité solární panely nebo osvětlení vozidla. Dynamická zkouška prověří rychlost, stabilitu a brzdou schopnost vozidel. Pravidla stanovují maximální čas, za který musí vozidlo absolvovat slalom mezi kužely o určité vzdálenosti nebo dráhu ve tvaru osmičky. Startovní pozice je určena podle třídy a v závislosti na předvedeném výkonu v této části [98].

Všechna vozidla startují z Darwinu s plně nabitými bateriemi. Vzhledem k tomu, že závod vede po pozemních komunikacích, které jsou současně využívány i ostatními vozidly, je nutné dodržovat veškerá pravidla silničního provozu. Startovní pozice hraje velmi důležitou roli, protože předjetí soupeřů na trati je obtížné. Vozidla při předjíždění spotřebují určité množství energie navíc, kterou by během dalších fází závodu mohly využít mnohem efektivněji [98].

Spolu se závodním vozidlem jedou současně podpůrná vozidla, která vyhodnocují snímaná data a v závislosti na aktuálních podmínkách přemýšlí nad co nejideálnější strategií pro využití dostupné energie. Podpůrné vozidlo musí jet před i za závodním strojem [98].

Posádka každého vozidla musí tvořit minimálně 2 řidiči, kteří se v průběhu závodu střídají. Minimální předepsaná hmotnost každého řidiče včetně oblečení a helmy je 80 kg. V případě, že je řidič lehčí než předepsaná úroveň, je nutné dovyvážení vozidla, aby nedocházelo ke vzniku hmotnostní výhody oproti ostatním týmům. Řidič může být během závodu kdykoliv převážen [98].

Týmy neabsolvují celou závodní vzdálenost bez přerušení. Každý den se smí podle pravidel závodit pouze v čase od 8:00 do 17:00. Za překročení dovoleného časového limitu jsou týmům udělovány časové penalizace v podobě posunutí startovního času pro následující den. Po uplynutí časového limitu určeného pro závodění si celý tým postaví provizorní tábořiště na libovolném místě podél silnice, kde přenocuje. Závodní speciály mohou být dobíjeny pomocí solárních panelů i po vypršení času, proto je potřeba vybrat lokaci, kam dopadá dostatečné množství slunečních paprsků i ve večerních hodinách. Vozidla jsou vybavena speciálním mechanismem, který umožňuje naklopit sluneční panely tak, aby pohltily co nejvíce sluneční energie [98]. Průběh takového dobíjení je vidět na obrázku 32.

Vozidla tříd Challenger a Adventure absolvují trať o délce přes 3 000 km, která je znázorněna na obrázku 29. Pro třídu Cruiser platí mírně odlišná pravidla. Celková vzdálenost závodu je rozdělena na 3 dílčí úseky po 1 200 km [103]. Tato třída má předem

stanovená místa, kde vždy končí dílčí úseky závodu. Do těchto míst musí týmy dorazit během předem stanovených časů [98].

Podél cesty jsou rozmístěny kontrolní body, které zároveň slouží i jako časomíry. Zde mají vozidla všech tříd povinnost zastavit na 30 minut [98].

Nejlepší týmy jsou schopné absolvovat závod za 5 dnů [110].

2.3.6 Systém hodnocení

Systém hodnocení se odlišuje pro jednotlivé závodní třídy [98].

Ve třídě Challenger se stává vítězem posádka, která zvládne závodní vzdálenost absolvovat za nejkratší čas [98].

Ve třídě Cruiser obdrží každá posádka bodové ohodnocení, které je vypočteno z předem stanovené rovnice. Ta zohledňuje například počet osob přepravených na kilometr nebo množství elektrické energie využité z externího zdroje. Při konstrukci vozů této třídy je kladen důraz na praktickou použitelnost, proto je součástí hodnocení také vzhled, praktická využitelnost, velikost prostoru pro cestující nebo snadnost obsluhy a ovládání vozidla. Vyhrává tým, který obdrží nejvyšší skóre [98].

Třída Adventure je nesoutěžní, tudíž zde neexistuje systém hodnocení [98].

2.3.7 Startovné

Aby se tým mohl závodu zúčastnit, musí pořadateli zaplatit vstupní poplatek, který se odlišuje v závislosti na třídě a termínu zaplacení [98]. Hodnota vstupních poplatků je uvedena v tabulce 7.

2.3.8 Podobné závody

Existují různé obdoby Bridgestone WSC, které se konají v rozdílných lokacích po celém světě. Jedná se například o American Solar Challenge [111] nebo South African Solar Challenge [112]. V Evropě probíhá série iLumen European Solar Challenge. Zde vozidla neporovnávají své síly ve volné přírodě, ale na okruhu [113].

3 Závody na nezpevněném povrchu

3.1 Extreme E

3.1.1 Historie

V roce 2018 se setkal spoluzakladatel FE Alejandro Agag s bývalým závodním jezdcem a svým dobrým přítelem Gilem de Ferranem. V jejich hlavách se zrodila myšlenka vytvořit celosvětovou závodní sérii elektricky poháněných terénních vozidel, jejíž závody by se konaly v odlehlých místech po celém světě [114].

V lednu následujícího roku byla koncepce série představena veřejnosti [115]. V červenci roku 2019 byl na festivalu rychlosti v Goodwoodu představen světu první prototyp terénního vozu určeného pro Extreme E [116]. Myšlenka šampionátu zaujala mnoho týmů, které přislíbily svoji účast [117], [118]. První sezóna série byla naplánována na rok 2021 [115].

3.1.2 Okruhy

Závody této série se konají v různých částech celého světa. Lokace jsou vybírány záměrně tak, aby došlo mezi lidmi ke zvýšení povědomí o důsledcích změn klimatu a vlivu obyvatel na životní prostředí [114]. Všeobecným cílem série je snížení uhlíkové stopy na minimum, zastavení globálního oteplování, ochrana přírody a její zachování pro budoucí generace. Svým chováním by ráda ovlivnila i ostatní lidi, aby si více vážili prostředí, ve kterém žijí [119].

Pro sezónu 2022 byly vybrány 4 destinace. Jedná se o Saudskou Arábii, Sardinii, Chile, a Uruguay. Každý závodní víkend nese určité poselství, které se nějakým způsobem dotýká dané oblasti [120]. Například závod v Saudské Arábii se koná na písečné poušti a má za cíl poukázat na příčiny desertifikace a ztráty biologické diversity [121].

Povrchy závodních okruhů jsou velmi různorodé. Závodí se na písečné poušti, na břehu oceánu, v bahně nebo na šterku [120]. Některé okruhy mohou mít v jednotlivých částech rozdílný povrch. Okruh je vytyčen kontrolními průjezdnými bránami, které jsou rozmístěny po oblasti, a závodníci jsou povinni jimi projet. Dráha mezi bránami není pevně stanovena, ale velmi často je omezena okolním terénem, který nedává jezdcům mnoho možností výběru jízdni stopy. Okruhy jsou charakteristické převýšeními a velkým množstvím nerovností [122], [123].

Na každém okruhu je vyčleněn úsek označovaný jako super sektor. Posádka, která zaznamená v průběhu celého závodního víkendu v tomto úseku nejrychlejší čas, získá

bonusové body do celkového hodnocení šampionátu. To představuje motivaci pro všechny týmy bez ohledu na pozice, ve kterých se nacházejí [124].

Jak takový závodní okruh pro Extreme E vypadá, ilustruje dobře obrázek 33, obrázek 34, obrázek 35 a obrázek 36.

3.1.3 Týmy

Extreme E se v sezóně 2022 účastní 10 týmů. Všechny týmy jsou soukromé. Určitou zajímavostí je, že některé týmy patří bývalým mistrům světa F1, což jistě přidává sérii na atraktivitě [127].

Pozoruhodné je také složení závodníků, které nemá prozatím v motorsportu obdoby. Kromě ochrany životního prostředí podporuje série také zrovnoprávnění žen a mužů v motorsportu. Z tohoto důvodu musí posádka každého týmu tvořit jedna žena a jeden muž [127].

3.1.4 Průběh závodního víkendu a systém hodnocení

Závodní víkend trvá dva dny, během kterých probíhá několik kratších závodů [124].

Každý dílčí závod je vypsán na vzdálenost zhruba 14 km, což na většině okruhů odpovídá 2 kolům. Všechny závody jsou odstartovány z pevných pozic. Pokud startuje více posádek naráz, jsou všechna vozidla seřazena na startovních pozicích umístěných vedle sebe v jedné pomyslné řadě. Každý z jezdců absolvuje pouze jeden okruh. Do závodů je zahrnuta procedura výměny jezdců za volantem. Pro tyto účely je vytvořena speciální zóna s omezenou maximální rychlostí, ve které závodníci na určených pozicích zastaví a vymění si pozici za volantem s kolegou/kolegyní z týmu. Jak takový proces probíhá je vidět na obrázku 37. Výměna má z bezpečnostních důvodů určený minimální časový limit. Pořadí jezdců je libovolné a závisí pouze na strategii týmů. Navíc je tajné a až na startovním roštu se ostatní dozvědí volbu každého týmu. Tím je zajištěno, že se na trati mohou potkat ženy s muži a zazávodit si spolu. Každý jezdec má k dispozici v každém kole závodu jedno časově omezené navýšení výkonu nazývané hyperdrive, jehož správné načasování může významně ovlivnit výsledné pořadí v cíli [124].

Celý první den je věnován dvojici kvalifikací [124]. Během první kvalifikace zaznamená každá posádka rychlý čas. V době rychlého kola se každé vozidlo nachází na trati samo. Pořadí, ve kterém vozidla startují do první kvalifikace, je dáno náhodným rozlosováním. Podle dosažených časů jsou určeny 2 skupiny po 5 posádkách pro druhou kvalifikaci. Do skupin jsou posádky rozřazeny v závislosti na tom, zda se v pořadí nejrychlejších časů

umístily na liché nebo sudé pozici. Pořadí v první kvalifikaci rozhodne o množství bodů, které posádky získají [128]. Bodové ohodnocení podle dosaženého umístění je uvedeno v tabulce 8.

Druhá kvalifikace je tvořena dvěma rozjížděkami. Během každé z nich se na okruhu nachází najednou 5 posádek. O bodovém přidělu z této části rozhoduje pořadí v cíli. Hodnocení probíhá odděleně pro každou skupinu [129]. V tabulce 9 je rozepsáno získatelné bodové ohodnocení z druhé kvalifikace.

Pořadí v obou kvalifikacích je velmi důležité pro další části závodního víkendu. Součet bodů získaných v kvalifikacích stanoví pořadí, podle nějž jsou následně posádky rozděleny do třech skupin. První, čtvrtá a pátá posádka se utkají v semifinále 1. Do semifinále 2 postupují posádky z druhé, třetí a šesté pozice. Zbylé posádky se utkají v části nazývané bláznivá jízda (crazy race) [124].

Druhý den jsou na programu dvě semifinále, bláznivá jízda a finále. V obou semifinále se vzájemně utkají tři vozy. První a druhá posádka z každé semifinálové rozjížděky postupuje do finále. Pátým účastníkem finále se stává vítězná posádka bláznivé jízdy. Pro všechny poražené posádky tímto závodní víkend končí. Vrcholem závodního víkendu je finále, ve kterém se utká 5 nejúspěšnějších posádek dosavadního průběhu. Vítězem se stává posádka, která jako první protne cílovou čáru [124].

Prvních pět pozic celkového pořadí závodu obsadí posádky podle umístění ve finále. Posádky nepostoupivší ze semifinále si rozdělí pozice 6 a 7 na základě dosaženého rychlejšího času v super sektoru. Zbylé pozice v celkové klasifikaci zaplní posádky podle pořadí z bláznivé jízdy [124].

Body získané během kvalifikací sloužily pouze pro rozřazení a ve výsledném hodnocení nehrají roli. O počtu bodů přidělených posádkám do šampionátu rozhoduje dosažená pozice v celkovém pořadí závodu. Bodování probíhá podle klíče uvedeného v tabulce 10. Posádka, která během závodního víkendu zaznamená nejrychlejší čas v super sektoru, obdrží navíc 5 bodů [124].

3.1.5 Logistika

Zázemí celé série je tvořeno lodí pojmenovanou Svatá Helena. Ta je využívána k převozu závodních vozidel a potřebné infrastruktury do přístavu, který se nachází nejbližší závodní destinaci. Loď disponuje upravenými motory, které produkují minimum škodlivých látek. Na palubě lodi se nachází laboratoř, která umožňuje vědecký výzkum i na odlehlých místech [130]. Loď je vyobrazena na obrázku 38.

3.1.6 Odyssey 21

V šampionátu Extreme E jsou využívány vozy pojmenované Odyssey 21. Všechny týmy mají k dispozici téměř shodnou techniku. Vozidla jednotlivých týmů se odlišují vnějším zbarvením karoserie, která nese loga sponzorů [131].

Každý vůz obsahuje standardizované komponenty vyrobené společností SRT. Jedná se například o trubkový rám a ochrannou klec [131]. Tyto pasivní bezpečnostní prvky jsou velmi důležité zejména pro ochranu pilotů během případných nehod, při kterých často dochází k převrácení vozidla na střechu [132]. Další společnou částí jsou baterie od společnosti Williams Advanced Engineering. Týmy mají možnost využít unifikované karoserie nebo společný podvozek osadit karoserií vytvořenou od nějakého automobilového partnera [131].

Vozidlo vážící 1 780 kg je schopno zrychlit z 0 na 100 km/h za 4,5 vteřiny díky dvojici elektromotorů, které poskytují celkový výkon 400 kW [131]. Maximální krouticí moment dosahuje 1 000 Nm. Vozidlo disponuje pohonem všech 4 kol. První elektromotor se nachází nad přední nápravou a druhý nad zadní nápravou. Závodníci mají z kokpitu možnost upravovat si rozložení krouticího momentu mezi přední a zadní nápravu podle okolního terénu. Vozidlo dosahuje maximální rychlosti 200 km/h [132]. Použité baterie mají kapacitu 54 kWh, ale využitelných je pouze 40 kWh [131]. Baterie o váze 400 kg a výstupním napětí 800 V se nacházejí za pilotovými zády. V zadní části vozidla je umístěn nabíjecí konektor [133]. K dobíjení vozidel může být využívána pouze elektrická energie získaná ze solárních panelů nebo z vodíkových generátorů [132].

Na délku měří vozidlo 4,4 m a na šířku 2,3 m. Světlá výška 45 cm umožňuje vozidlu skvělou průchodnost terénem. Při vhodném povrchu je vozidlo schopné zdolat stoupání až 130 % (odpovídá úhlu 53°) [131].

Pro sérii bylo potřeba navrhnout a následně i dodávat speciální vysoké pneumatiky, které odolají extrémním a velmi rozmanitým podmínkám. Závodí se na rozdílných površích a za velkého rozsahu teplot. Výzvy se ujala firma Continental. Týmy obdrží na každý závodní víkend jednu zbrusu novou sadu pneumatik a dvě pneumatiky použité již při předchozím závodě [131].

Na obrázku 39 je možné si prohlédnout Odyssey 21 zvenku. Obrázek 40 a obrázek 41 znázorňují pohled na vozidlo bez karoserie.

3.2 WORLD RX1E

3.2.1 Historie

Po vzoru některých motoristických sérií se i promotéři rallycrossu rozhodli udělat krok k elektrifikaci závodních vozidel. Impulsem se stala poptávka ze strany automobilek po použití elektrického pohonu v rallycrossu. Původní plány počítaly s vytvořením elektrické třídy pro rok 2020 [135]. Později byl plán odložen na rok 2021, aby dostali výrobci dostatek času na přizpůsobení se novým technickým pravidlům [136]. Kvůli pandemii covid-19 ale došlo ke vzniku nové třídy označené RX1E až v roce 2022 [137].

Mistrovství světa v rallycrossu je pořádáno pod hlavičkou FIA [137].

3.2.2 Okruhy

Během sezóny 2022 se koná 7 závodních víkendů na okruzích nacházejících se pouze na území Evropy [138]. V minulosti šampionát navštěvoval i mimoevropské lokace, například Kanadu nebo Jihoafrickou republiku. Největší oblibu má rallycross v severských zemích, proto se zde koná mnoho závodů.

Rallycross je způsob závodění, který kombinuje okruhové závody a rally. Většina tratí je tvořena kombinací více typů povrchů, častá je například kombinace asfaltu a hlíny. Závodí se na více kol, tudíž okruhy nejsou příliš dlouhé, typicky okolo 1 km. Existují speciální okruhy, které jsou postaveny pouze pro rallycrossové závodění. Některé okruhy jsou přidruženy ke klasickým závodním okruhům a využívají část jejich závodní dráhy. Většinu zatáček projíždějí rallycrossové speciály smykem. Pro zvýšení divácké atraktivnosti jsou na tratích obvykle vytvořeny skokánky, které umožňují vozidlům letět i několik desítek metrů vzduchem.

Zvláštností používanou v rallycrossu je tzv. Joker lap. Princip spočívá ve vytvoření dvou rozdílných úseků v jedné části okruhu. Průjezd jedním z nich je oproti druhému výrazně pomalejší. Zdržení při průjezdu Joker lapem oproti normální jízdě se liší v závislosti na okruhu a pohybuje se obvykle v jednotkách vteřin. Pro lepší pochopení je vhodné si prohlédnout obrázek 42, na kterém je červenou šipkou vyznačena normální dráha a modrou šipkou dráha vedoucí joker lapem.

3.2.3 Týmy

Série se účastní pouze soukromé týmy. Většina z nich má ale k dispozici finanční podporu od automobilky, jejíž vozidla využívá. Velké týmy jsou schopné navštěvovat

všechny závodní víkendy. Řada dalších menších týmů nemá dostatek financí na absolvování celé sezóny, a tak navštěvuje pouze vybrané závodní víkendy [140].

Pole pro novou éru rallycrossu má již potvrzeno 14 závodníků z mnoha různých týmů. Postupně se očekává rozšíření startovního pole o další jezdce [141].

3.2.4 Průběh závodního víkendu a systém hodnocení

Závodní víkend trvá 2 dny, které jsou vzhledem k používanému formátu nabitě akcemi a na trati se stále něco děje. Během některých závodních víkendů probíhají dokonce hned 2 závody, přičemž pro každý z nich je vyčleněn zvláštní den [138].

Formát závodního víkendu prošel pro ročník 2022 oproti předešlým sezónám poměrně razantními obměnami [142].

Nejprve jsou na programu tréninky, po nichž následuje rozstřel označovaný jako SuperPole. V této části závodníci absolvují pouze jedno měřené kolo s pevným startem. Pořadí nejrychlejších dosažených časů rozhodne o rozřazení závodníků pro první rozjížděku [142].

Závodní víkendy s jedním závodem obsahují 3 rozjížděky, v případě dvojzávodů je tento počet z časových důvodů omezen pouze na 2. Každá rozjížděka je rozdělena do několika dílčích jízd. V rozjížděkách jsou jezdci rozděleni do skupin, protože v každé jízdě smí najednou startovat maximálně 5 vozidel. Počet rozjížděkových skupin je závislý na počtu závodníků, který se daný víkend zúčastní závodu. Do všech jízd se startuje z pevných pozic, které jsou všechny na stejné úrovni (viz obrázek 43). Podle dosažených časů mají jezdci možnost si zvolit startovní pozici. Tato volba je velmi důležitá, protože každá startovní pozice se nachází v jiné poloze vůči první zatáčce. Jezdec ze špatné strany startovního roštu může být i přes výborný start zablokovaný ostatními vozidly, která mu znemožní projet první zatáčku v ideální závodní stopě. Jezdec je tak po první zatáčce často odsouzen k umístění na poslední pozici. Každá jízda je vypsána minimálně na 5 kol. Ve všech jízdách dochází k měření celkových časů. Podle dosažených časů napříč všemi skupinami dojde vždy k novému rozřazení závodníků do skupin pro následující rozjížděku. Pořadí tvořené nejrychlejšími časy napříč všemi skupinami rozhodne také o bodovém ohodnocení, které probíhá pro každou rozjížděku zvlášť. Bodový přiděl v závislosti na pozici je uveden v tabulce 11. Po odjetí všech rozjížděk jsou jezdcům sečteny veškeré získané body a je vytvořeno souhrnné pořadí. V případě rovnosti bodů rozhoduje lepší dosažená pozice, popřípadě jejich počet [143].

Následuje postupový závod, který probíhá podle stejného systému jako rozjížd'ky. Už zde nerozhodují časy ale pořadí v cíli závodu. Startovní pozice si jezdci rozdělí podle souhrnného pořadí vytvořeného z výsledků všech rozjížděk. Desítku pilotů čeká postup do semifinále. Podle počtu zúčastněných je určen počet jezdců, kteří postoupí z každé skupiny přímo do semifinále. Doplní je nejrychlejší z jezdců, kteří se umístili na prvních nepostupových pozicích [143].

Jezdci se rozdělí do 2 semifinálových skupin po 5. Princip závodu je shodný jako v postupovém závodě. První dva jezdci z každé skupiny postupují přímo do finále. Poslední místo ve finále zaplní jezdec s rychlejším časem, který skončil třetí v jedné ze semifinálových jízd [143].

Pět postoupivších se utká ve finále, které opět probíhá shodným způsobem. Vítězem se stává závodník, který projede cílem jako první [143].

Na základě výsledků ze všech částí se sestaví konečné pořadí závodu, podle kterého jezdci obdrží body do šampionátu. Účastníci finále si rozdělí prvních pět pozic podle výsledků z této části. Pozice 6 až 10 obsadí závodníci podle pořadí a lepších dosažených časů, kteří vypadli v semifinále. Zbylé pozice si závodníci rozdělí podle výsledků z postupového závodu [143]. Bodový zisk podle jednotlivých pozic je uveden v tabulce 12.

Pravidla stanovují klíč, podle kterého jsou jezdci rozřazováni v jednotlivých fázích závodního víkendu do skupin v závislosti na počtu účastníků [143]. Například na obrázku 44 je uveden postup při 16 závodnících.

V každé jízdě mají všichni jezdci povinnost projet jedenkrát Joker lapem [143]. Jezdci dostávají možnost taktické volby načasování průjezdu, což dělá závody více atraktivní. Kdyby nebyl využíván Joker lap, závody by se většinou rozhodovaly už na startu, protože předjetí jezdce před sebou je v rallycrossu velmi obtížné. Každý jezdec má svého Spottera, což je člověk, který má z vyvýšeného místa a časomíry detailní přehled o dění na trati. Je propojený s jezdcem vysílačkou a doporučuje mu nejvhodnější chvíli pro zjetí do Joker lapu [145]. Spotteři při rallycrossových závodech jsou na obrázku 45.

Joker lap je využíván také při penalizacích. Například když nějaký jezdec odstartuje předčasně, dostane trest v podobě jednoho průjezdu Joker lapem navíc [143].

3.2.5 Vozidlo a pohonné ústrojí

V sérii jsou používána vozidla velkého množství značek, například Seat, Volkswagen nebo Peugeot [146], [147], [148]. Všechny týmy jsou ale povinny využívat shodná elektrická pohonná ústrojí dodávaná rakouskou firmou Kreisel Electric. Týmy dostaly možnost

zabudovat nová pohonná ústrojí do vozidel využívaných v minulých sezónách nebo postavit od základu zbrusu nová vozidla [137].

Vozidla používaná pro sérii RX1E jsou sériově vyráběným vozidlům shodného modelu podobná pouze vzhledem. Jedná se o podvozek s pohonným ústrojím doplněný sedačkou pro řidiče, volantem a ochranou klecí. Vůz je překryt karoserií, která má stejný vzhled jako sériově vyráběné modely.

Vozidla pro nejvyšší třídu světového rallycrossu mají poháněná všechna čtyři kola. Každá náprava je osazena vlastním měničem a elektromotorem. Každý elektromotor poskytuje maximální výkon 250 kW, takže výsledný celkový maximální výkon je 500 kW [137]. Krouticí moment elektromotorů dosahuje 880 Nm. Měnič zhotovený z karbidu křemíku dosahuje účinnosti 99,5 % a váží necelých 6 kg. Energii dodává baterie o kapacitě 52,65 kWh, která má výstupní napětí 860 V. Vozidlo váží 1 300 kg, přičemž 330 kg z této hmotnosti tvoří baterie [137], [149].

Vozidla třídy RX1E dosahují jednoho z nejlepších zrychlení z 0 na 100 km/h napříč všemi motoristickými sériemi. Akcelerace zabere pouhých 1,8 vteřiny [150].

Požizovací cena pohonného ústrojí byla stanovena na 300 000 €. Dalších 100 000 € stojí následná čtyřletá technická podpora, která bude týmům poskytnuta [137].

Již proběhla zkouška prototypu vozu, kdy bylo unifikované pohonné ústrojí umístěno do vozidla Škoda Fabia [151]. Společnost Kreisel Electric dodala pro prototyp pohonné ústrojí s nižším výkonem o hodnotě 260 kW. Zajímavostí je, že prototyp měl v zadní části vozu umístěný zvukový modul, který generoval během jízdy zvuk. Vytvářený zvuk ovšem neměl napodobovat spalovací motor, ale pouze doprovázet jízdu vozidla [152]. Provedení závodního speciálu je vidět na obrázku 46.

3.2.6 Porovnání s ostatními třídami

Při každém závodním víkendu je třída RX1E doplněna některou z doprovodných tříd. Jedná se o různé třídy slabších vozidel nebo juniorských sérií [138]. Nejzajímavější třídou je RX2E, která je méně výkonnou obdobou RX1E. Série RX2E posloužila jako předskokan RX1E, protože její premiéra na světové úrovni proběhla již v sezóně 2021 [153].

V sérii RX2E mají všichni jezdci k dispozici shodnou techniku, takže rozhodují pouze schopnosti řidiče. Elektromotor má v porovnání s RX1E pouze poloviční výkon, což odpovídá 250 kW a krouticí moment 510 Nm. Baterie má kapacitu 30 kWh. To vše při velmi podobné váze, která činí 1 290 kg [154]. Vozidlo RX2E je vidět na obrázku 47.

Třída RX1E je následníkem vozů se spalovacími motory třídy označované Supercar. Ty měly pod kapotou čtyřválcové přeplňované spalovací motory o objemu 2 l, které dosahovaly výkonu okolo 600 koní a krouticího momentu 840 Nm. Hmotnost vozidla byla stejná jako u současných vozidel třídy RX1E [155].

4 Letecké závody

4.1 Air Race E

4.1.1 Historie

V dubnu roku 2018 byla představena koncepce nové letecké závodní série, jejíž promotérem se stal Jeff Zaltman, který se v minulosti podílel na zrodu světoznámé letecké série Air Race 1 [156]. Air Race E se tak stala první sérií využívající pro závodění elektricky poháněná letadla. Jedná se bezpochyby o revoluční počín, protože elektrifikace začíná do letecké dopravy teprve pronikat [157].

Ještě v listopadu téhož roku bylo oznámeno, že Nottinghamská univerzita sestrojí první prototyp elektrického letadla. Prototyp umožnil provést potřebné testování a pomohl při tvorbě technických regulí [158].

Přední společnosti v oblasti letectví byly vyzvány, aby se staly partnerem nově vzniklé série [156]. V roce 2019 se nadnárodní letecká společnost Airbus spojila s Air Race E [157].

Úvodní sezóna je na programu až v roce 2023. I přes to doposud vzniklo již velké množství partnerství s různými společnostmi a mnoho měst má případný zájem o pořádání závodů. Účast přislíbilo mnoho týmů z celého světa a některé z nich už dokonce zahájily stavbu svého letadla [159].

4.1.2 Okruh

Formát závodů Air Race E je založen na stejném principu jako Formula One Pylon Air Racing [160]. Závody probíhají na oválném okruhu vytyčeném 6 pylony, které musí letadla z vnější strany obléhat. Pylony musí mít výrazné zbarvení, aby byly snadno rozpoznatelné i z větší vzdálenosti. Závodní okruh měří 5 km. Jsou rozlišovány 2 typy okruhů podle poloměru zatáček, které vytváří rozdílné maximální přetížení působící na piloty. Výchozí směr průletu závodního okruhu je pravidly stanoven proti směru hodinových ručiček. Pokud je trať dostatečně bezpečná v opačném směru, je možné okruh prolétat také po směru hodinových ručiček [161]. Podoba leteckého okruhu je znázorněna na obrázku 48, obrázku 49 a obrázku 50.

4.1.3 Týmy

Prozatím potvrdilo svoji účast 7 týmů. Mnoho dalších týmů je v současnosti pouze registrováno a na oficiální potvrzení účasti se čeká. Měl by mezi nimi být i jeden tým z České republiky, o němž ale nejsou prozatím známy žádné bližší informace [162].

4.1.4 Průběh závodního víkendu

Organizátoři série si kladou za cíl, aby se ze závodů konajících se po celém světě staly obrovské akce, které přilákají velké kvantum lidí. Každý rok bude stanoveno jedno hlavní hostitelské město, které bude domovem série. Ostatní závody se budou konat v jiných městech jako samostatné pohárové akce. Předpokládá se, že v průběhu dalších let začnou postupně přibývat závody. Tím by došlo k vytvoření série, kde by se během každého závodu rozdávaly body do celkového hodnocení a na konci sezóny by byl korunován šampión série [163].

Během kvalifikace absolvuje každý pilot 2 měřené okruhy. Do výsledku kvalifikace se počítá rychlejší z dvojice zaznamenaných časů [161].

Piloti si podle pořadí z kvalifikace volí startovní pozice, přičemž začíná vítěz kvalifikace. Najednou proti sobě závodí 8 letadel. Startovní rošt je znázorněn na obrázku 51. Start závodu probíhá z nulové rychlosti ze země odměvnutím zelenou vlajkou. Závod je vypsán na 4 okruhy. Letadla prolétají pouze 10 m nad zemí a přitom dosahují rychlostí atakujících 400 km/h. Během závodu má každý pilot možnost využít navýšení výkonu na 30 vteřin [161]. Vyhrává pilot, který protne cíl jako první [160].

Pokud se během závodního víkendu konají 2 závody, o startovním roštu do druhého závodu rozhodují výsledky prvního závodu [161].

4.1.5 Třídy

V sérii se rozlišují 3 rozdílné třídy: otevřená (Open class), výkonnostní (Performance class) a vertikální (Vertical class). V prvních dvou zmíněných třídách poměřují síly klasická letadla, zatímco ve vertikální třídě jsou využívány speciální stroje [164].

V otevřené třídě mohou všichni výrobci konstruovat libovolné varianty pohonných ústrojí až do výkonu 150 kW [164].

Výkonnostní třída využívá standardizovaných pohonných jednotek. Týmy se zaměřují na optimalizaci a co nejefektivnější využití pohonného ústrojí [164].

Vertikální třída je zcela odlišná od předešlých tříd. Jedná se o světové prvenství závodů ve vertikálním směru. Jsou zde používána speciální letadla s označením eVTOL, která umožňují vzlet i přistání ve vertikálním směru. Formát a pravidla této třídy budou oproti ostatním odlišné, ale podrobnější informace nebyly dosud zveřejněny [164].

4.1.6 Letadlo

Letadla používaná v sesterské sérii Formula One Pylon Air Racing byla vybavena čtyřválcovým spalovacím motorem o objemu 3,28 l poskytujícím výkon zhruba 150 kW. Minimální hmotnost letadla bez provozních kapalin byla 227 kg. Letadla byla schopna dosáhnout maximální rychlosti 320 km/h [165].

Převážná většina letadel slouží k přesunu pasažérů nebo zboží na velké vzdálenosti. Kdyby takováto letadla byla poháněna elektromotorem, vznikal by při letech problém s nedostatečnou kapacitou baterií, které by navíc byly neúnosně těžké. U jednomístných letadel určených pro závodění je ale situace zcela odlišná. Letadla potřebují uletět pouze několik desítek kilometrů a navíc jsou velmi lehká. Informace a data získaná při vývoji těchto letadel by v budoucnu mohla posloužit při případné elektrifikaci letecké dopravy [165].

Každý tým má svůj speciální recept na stavbu letadla. Některé týmy se rozhodly postavit letadlo od prvního šroubku, zatímco jiné týmy přestavují starší letadla na elektrický pohon, aby si zjednodušily práci a nemusely celé letadlo stavět od začátku [162].

Už od počátku byl týmům umožněn volný vývoj letadel. Organizátoři nechtějí, aby se v sérii vyskytovaly unifikované stroje jako tomu bylo například v prvopočátcích FE. Pořadatele zajímá, jak se týmy popasují s uložením elektromotoru a baterií a zda se neobjeví nějaké revoluční řešení, které by následně našlo široké uplatnění i v sériové výrobě [165].

Spalovací motor vážil okolo 110 kg, což byla polovina minimální povolené hmotnosti letadla. Použití elektromotoru dává možnost dosáhnout stejného výkonu při poloviční hmotnosti [165]. Elektromotor by měl poskytovat výkon 150 kW s možností navýšení na 175 kW po omezenou dobu [161]. Po připočtení hmotnosti příslušenství, které je k provozu letadla potřeba (měnič, baterie, různé chladicí systémy...), je hmotnost obou pohonných ústrojí na podobné úrovni. Elektrický pohon má navíc mnoho potenciálu pro zlepšení, zatímco spalovací motory svého limitu již dosáhly [165]. Celé letadlo by mělo vážit okolo 250 kg [166].

I přes neustálý progres se dá předpokládat, že hlavním problémem letadel bude kapacita baterií. Dle prvních zpráv by letoun měl být schopen na jedno nabití letět v plném závodním režimu pouze 5 minut [167].

Na obrázku 52 je vyobrazeno letadlo pro Air Race E.

5 Závody vodních člunů

5.1 E1 series

5.1.1 Historie

Na počátku roku 2020 se sešli dva blízcí přátelé Alejandro Agag a Rodi Basso. První zmíněný je zastáncem udržitelného motoristického sportu, který se již podílel na spoluvytvoření série FE a Extreme E. Rodi Basso působí jako inženýr v motoristickém sportu. Jeho největšími zálibami jsou moře, lodě a inovace. Jako místo setkání si vybrali okolí řeky Temže v Londýně. Prostředí je přivedlo na myšlenku vytvoření závodní série elektrických vodních člunů. Rozhodli se podpořit elektrifikaci lodní dopravy pomocí motoristické série, protože sport má velký vliv na okolní svět a smýšlení lidí [168].

E1 series je jediná série elektricky poháněných vodních dopravních prostředků na celém světě [168].

V září 2021 byl představen první skutečný prototyp závodní lodě v životní velikosti. Během roku 2022 jsou na programu první zkušební plavby. První sezóna série by měla podle plánů proběhnout v roce 2023 [169].

5.1.2 Týmy, destinace a závodní okruhy

Předpokládá se, že by v sérii mohlo soupeřit až 12 týmů [169].

Série má v plánu pořádat závody konající se po celém světě. Během jedné sezóny by mohlo proběhnout až 10 závodů. Pro premiérovou sezónu byl prozatím potvrzen pouze závod v Monaku. Podle pořadatelů ale probíhají jednání až se 70 různými lokacemi, které by měly o uspořádání závodu zájem [169]. Pro přepravu mezi destinacemi by měla být využívána mateřská loď Svatá Helena, která by byla sdílena se sérií Extreme E. Proto zde existuje možnost, že některé závodní destinace by byly shodné pro obě série [170].

V každé destinaci bude na vodní hladině vytvořen závodní okruh. Formát závodů by měl zahrnovat rozřazovací klání, kde budou soutěžit 4 lodě. Následovat bude vyřazovací systém složený z duelů, který vyústí do finále [171].

5.1.3 RaceBird

RaceBird je elektricky poháněný člun, který byl vytvořen speciálně pro sérii E1. Vnější vzhled člunu byl inspirován přírodou a vznášejícími se ptáky nad vodní hladinou. Člun je vybaven závěsným motorem, uzavřenou kabinou a speciální křídlovou technologií, která umožňuje snazší plavbu [172].

Čluny používající křídlovou technologii vypadají na první pohled shodně jako čluny bez této technologie. Pod vodní hladinou má člun skrytá křídla, která jsou podobná těm využívaným u letadel. S postupným zvyšováním rychlosti vytvářejí křídla vztlak, který zvedne člun nad vodní hladinu. Tím se znatelně sníží odpor člunu vůči vodě, což umožní člunu dosahovat vyšších rychlostí při zachování stejného výkonu [172].

Člun na délku měří 7 m a na šířku 2 m (3 m včetně křídel). Člun o váze 800 kg je schopen dosahovat maximální rychlosti až 93 km/h. Při plavbě se člun pohybuje 0,5 m nad vodní hladinou [172]. Pohonné ústrojí poskytuje maximální výkon 150 kW a kapacita baterií dodávaných od společnosti Kreisel Electric je 35 kWh [169].

V prvních sezónách by měly všechny týmy využívat shodné lodě. V dalších letech je v plánu udělit týmům volnost ve vývoji svého plavidla [171].

Prototyp člunu RaceBird je vidět na obrázku 53.

Závěr

Cílem této práce bylo zjistit a vypsát co nejvíce informací o závodních sériích elektricky poháněných dopravních prostředků. Závodní série jsou zařazeny do kategorií podle místa a povrchu, na kterých probíhají. O každé sérii je zde uvedeno krátké pojednání, které je rozděleno do několika podkapitol. Pro lepší představu je u všech sérií zmíněna historie, charakteristika závodní tratě a parametry závodních speciálů. Ostatní podkapitoly se liší podle jednotlivých sérií. U některých je podrobně popsán průběh závodního víkendu spolu se systémem hodnocení, finanční náročnost nebo jsou uvedeny typické lokace, ve kterých se závody konají. U většiny sérií jsou také zmíněny zúčastněné týmy, aby bylo zřejmé, zda v sérii soupeří pouze soukromé týmy využívající unifikované závodní stroje nebo zde mají zastoupení týmy podporované některou z velkých firem, které udávají trendy ve své oblasti působení. Na závěr je ještě u sérií, které mají svůj ekvivalent v závodech se spalovacími motory, uvedeno porovnání dosahovaných výkonů a výsledků.

V této práci jsem zmínil velké množství sérií, které se v aktuální době konají a jsou velmi dobře známé na celosvětové úrovni. To ovšem neznamená, že by byl výčet sérií kompletní. Koná se nebo je v procesu přípravy ještě velké množství dalších sérií, které zde nejsou kvůli omezenému rozsahu práce zmíněny. Některé série se konají již mnoho let a je o nich známo mnoho informací, ale i přes to nejsou k dispozici například detailnější technické informace o závodním stroji nebo použitém pohonném ústrojí. Ještě komplikovanější je to s informacemi o sériích, ve kterých prozatím existuje nanejvýš prototyp závodního stroje a není znám ani formát závodů.

Porovnání dosahovaných parametrů a výkonů ukazuje, že elektricky poháněné závodní stroje prozatím zaostávají za stroji se spalovacími motory. Tento fakt dobře ilustruje série MotoE a její porovnání se zbylými třídami spadajícími pod MotoGP. Výkon elektromotoru je dostatečný, ale největší problém činí vysoká hmotnost baterií a omezený dojezd na jedno nabití. Na druhou stranu rozvoj elektrického motorsportu zažívá největší rozmach zhruba v posledním desetiletí a za tuto dobu došlo k významným pokrokům napříč všemi oblastmi. Pokrok je viditelný na FE, která má za sebou již mnoho sezón a v té příští budou závodit formule již třetí generace. Navíc postupně dochází k nárůstu dosahovaných výkonů a dojezdu, které jsou nyní mnohem vyšší než v první sezóně.

Literatura

- [1] EMADI, Ali. Advanced Electric Drive Vehicle. 1. vyd. CRC Press, 2014. 616 s. ISBN 9781138072855.
- [2] TONG, Wei. Mechanical Design of Electric Motors. CRC Press, 2014. 736 s. ISBN 9781420091441.
- [3] Tuev-nord. A brief history of the Internal combustion engine. 18.4.2019. [online]. [cit. 14.4.2022]. Dostupné z: <https://www.tuev-nord.de/explore/en/remembers/a-brief-history-of-the-internal-combustion-engine/>
- [4] Automotostory. First Electric Car. [online]. [cit. 14.4.2022]. Dostupné z: <https://www.automotostory.com/first-electric-car.htm>
- [5] Gregwapling. Camille Jenatzy. [online]. [cit. 14.4.2022]. Dostupné z: <https://www.gregwapling.com/hotrod/land-speed-racing-history/land-speed-racing-camille-jenatzy.html>
- [6] Fiaformulae. HISTORY OF FORMULA E. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/discover/history>
- [7] Fiaformulae. EXPLAINED: HOW FORMULA E RACE TRACKS ARE DESIGNED AND BUILT. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/news/2021/september/watch-explained-how-formula-e-designs-and-builds-its-race-tracks>
- [8] Fiaformulae. RACE CALENDAR. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/championship/race-calendar>
- [9] Evreporter. Formula E – Electric Cars race on the city streets circuits. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://evreporter.com/formula-e/>
- [10] Racingcircuits.info. London ExCel. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://www.racingcircuits.info/europe/united-kingdom/london-excel.html>
- [11] Collantine, Keith. Formula E will return to London in 2020 on part-indoor track. 5.3.2019. [online]. [cit. 18.4.2022]. Dostupné z: <https://www.racefans.net/2019/03/05/formula-e-will-return-to-london-in-2020-on-part-indoor-track/>
- [12] Fiaformulae. TEAMS&DRIVERS. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/championship/teams-and-drivers>

-
- [13] Smith, Sam. AUDI TO LEAVE FORMULA E AFTER 2021 FOR LE MANS AND DAKAR. 30.11.2020. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://the-race.com/formula-e/audi-to-leave-formula-e-at-end-of-2021-season/>
- [14] Cobb, Haydn. BMW to quit Formula E after 2020/21 season. 2.12.2020. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/formula-e/news/bmw-to-end-formula-e-programme-/4920008/?nrt=208>
- [15] Renaultgroup. Formula E: Renault passes the torch to Nissan. [online]. [cit. 17.3.2022]. Dostupné z: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/formula-e-renault-passes-the-torch-to-nissan/>
- [16] Fiaformulae. RACE RESULTS. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/results/race-results/?championship=2022014>
- [17] Fiaformulae. RULES AND REGULATIONS. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/championship/rules-and-regulations>
- [18] Fia. 2021-2022 fia fe sporting regulations. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: https://www.fia.com/sites/default/files/2021-2022_fia_fe_sporting_regulations_s8_clean_15122021_v1.pdf
- [19] Chokhani, Darshan. FORMULA E SHARES PUEBLA CIRCUIT WHICH WILL HOST THE MEXICAN ROUND. 14.6.2021. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://formularapida.net/formula-e-shares-puebla-circuit-which-will-host-the-mexican-round/>
- [20] Scarborough, Craig. In-depth: the Formula E powertrain explained. 30.7.2020. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.carmagazine.co.uk/electric/formula-e-powertrain/>
- [21] Sparkracingtechnology. Our missions. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.sparkracingtechnology.com/>
- [22] Motorsport. McLaren the power behind Formula E. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/formula-e/news/mclaren-the-power-behind-formula-e/440037/>
- [23] Fiaformulae. THE EVOLUTION OF FORMULA E: GEN1, GEN2 AND THE FUTURE. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/news/2020/september/world-ev-day-progress>
- [24] Fiaformulae. CARS AND TECHNOLOGY. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/discover/cars-and-technology?season=2022017>

-
- [25] O’Kane, Sean. FORMULA E’S WILD NEW RACECAR MAKES ELECTRIC RACING LOOK COOL. 6.3.2018. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2018/3/6/17084496/formula-e-gen-2-car-specs-geneva-motor-show-2018>
- [26] Fiaformulae. ATTACK MODE. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/championship/attack-mode>
- [27] Giordmaina, Jack. Formula E’s GEN 2 EVO Car Cancelled. 19.8.2020. [online]. [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://formulaezone.com/2020/08/19/formula-es-gen-2-evo-car-cancelled/>
- [28] Daley, Dan. Electric Open-Wheel Cars Are Changing the Sound of Racing on Television. 16.12.2016. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.sportsvideo.org/2016/12/16/electric-open-wheel-cars-are-changing-the-sound-of-racing-on-television/>
- [29] Bird, Sam. Gen2 and Gen2 EVO comparison. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/FormulaE/comments/eyo44y/gen2_and_gen2_evo_comparison/
- [30] Automobilsport. Audi presents e-tron FE07 for Formula E World Championship. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.automobilsport.com/race-categories--24,216569,Audi-presents-e-tron-FE07-for-Formula-E-World-Championship,news.htm>
- [31] Butcher, Lawrence. Audi shows off lightweight Formula E motor-inverter. 27.11.2020. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.enginetechologyinternational.com/news/electric-powertrain-technologies/audi-shows-off-lightweight-formula-e-motor-inverter.html>
- [32] Motorsport. Insider’s guide: What is parc fermé and what does it mean?. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/f1/news/what-is-f1-parc-ferme-police/6863921/>
- [33] Hlawiczka, Petr. Ferrari odhalilo vůz F1-75. V Maranellu s ním cílí na tituly + FOTO. 17.2.2022. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://f1news.autoroad.cz/novinky/102490-ferrari-odhalilo-vuz-f1-75-v-maranellu-s-nim-cili-na-tituly>
- [34] Honda. Seznamte se s modelem RA619H. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://www.honda.cz/cars/world-of-honda/present/honda-racing-f1/technology.html>
- [35] Tridentmotorsport. Formula 3. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://www.tridentmotorsport.com/en/gp3/>

-
- [36] Collie, Scott. Formula E: How electric racing is improving your tyres. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://www.drive.com.au/news/formula-e-how-electric-racing-is-improving-your-tyres/>
- [37] Formula1. Pirelli conclude on-track development programme for new 18-inch tyres with Paul Ricard test. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://www.formula1.com/en/latest/article.pirelli-conclude-on-track-development-programme-for-new-18-inch-tyres-with.5zIRImalPuSxEcRkRe2vwN.html>
- [38] F1chronicle. 2022 Bahrain Grand Prix Tyre Compounds. 15.3.2022. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://f1chronicle.com/2022-bahrain-grand-prix-tyre-compounds/>
- [39] Youtube. The Science Behind All-Weather Formula E Tyres. [online]. [cit. 7.4.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=mtbVRBMA25Q>
- [40] Tapasvi, Parth. What does DRS Mean in F1? Rules Explained for New Fans. 26.3.2022. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.thetealmango.com/sports/what-does-drs-mean-in-f1/>
- [41] Šlégl, Jiří. Kdo bude mistrem světa? Na titul ve formuli E útočí 18 jezdců. 13.8.2021. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://f1sport.auto.cz/clanek/kdo-bude-mistrem-sveta-na-titul-ve-formuli-e-utoci-18-jezdcu>
- [42] Motorsportstats. formula e summary. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://motorsportstats.com/series/formula-e/summary/2020>
- [43] Košta, Jiří. Formule E a formule 1 jednájí o společné budoucnosti. 20.4.2021. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://formulee.cz/formule-e-a-formule-1-jednaji-o-spolecne-budoucnosti/>
- [44] Fiaformulae. RACE RESULTS. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/results/race-results/?championship=2022020&race=20200207&session=Practice2>
- [45] Formula1. ARCHIVE 1950-2021. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.formula1.com/en/results.html/2021/races/1067/monaco/qualifying.html>
- [46] Fiaformula2. Standings. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformula2.com/Results?raceid=1028>
- [47] Scott, Mitchell. FIA reveals cost details for new Formula E car for 2018/19 season. 5.1.2018. [online]. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: <https://www.autosport.com/formula-e/news/fia-reveals-cost-details-for-new-formula-e-car-for-2018-19-season-4988400/4988400/>

- [48] SYLT, Christian. How Much Does It Really Cost To Run A Formula E Team?. 31.12.2019. [online]. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/csylv/2020/12/31/how-much-does-it-really-cost-to-run-a-formula-e-team/?sh=501735b85924>
- [49] Southwell, Hazel. Formula E Will Seriously Limit How Much Teams Can Spend. 17.12.2021. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: <https://www.thedrive.com/accelerator/43544/formula-e-will-seriously-limit-how-much-teams-can-spend>
- [50] Smith, Sam. FORMULA E'S GEN3 REGENERATION CONCEPT AGREED. 18.6.2020. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://the-race.com/formula-e/formula-es-gen3-regeneration-concept-agreed/>
- [51] Fiaformulae. GEN3 IS COMING. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/news/2021/november/gen3-introduction>
- [52] Fia. THE FIA AND FORMULA E TO BUILD AN EVER MORE RELEVANT FUTURE. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fia.com/news/fia-and-formula-e-build-ever-more-relevant-future>
- [53] Fiaformulae. FORMULA E AND FIA REVEAL ALL-ELECTRIC GEN3 RACE CAR IN MONACO. [online]. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaformulae.com/en/news/2022/april/gen3-launch-in-monaco>
- [54] Košta, Jiří. Kapské město bude hostit závod formule E už příští rok. 4.3.2022. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://formulee.cz/kapske-mesto-bude-hostit-zavod-formule-e-uz-pristi-rok/>
- [55] Košta, Jiří. Formule E bude závodit v Brazílii. 4.5.2022. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://formulee.cz/formule-e-bude-zavodit-v-brazilii/>
- [56] Košta, Jiří. Indie se chystá pořádat závod formule E. 23.1.2022. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://formulee.cz/indie-se-chysta-poradat-zavod-formule-e/>
- [57] Goldmannová, Bára. Proč dalo Audi přednost Rallye Dakar před formulí E?. 20.4.2021. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://formulee.cz/proc-dalo-audi-prednost-rallye-dakar-pred-formuli-e/>
- [58] Kew, Matt. Mercedes to officially leave Formula E after 2022. 18.8.2021. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/formula-e/news/mercedes-official-exit-2022-announced-gen3/6649755/>

-
- [59] McLaren. McLAREN RACING TO COMPETE IN FORMULA E FROM SEASON NINE. 14.5.2022. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://www.mclaren.com/racing/team/mclaren-racing-compete-formula-e-season-nine/>
- [60] Košta, Jiří. Porsche se rozhoduje mezi formulí E a formulí 1. 8.12.2021. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://formulee.cz/porsche-se-rozhoduje-mezi-formuli-e-a-formuli-1/>
- [61] Motor1. Porsche And Audi To Power Formula 1 Cars From 2026: Official. 2.5.2022. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://www.motor1.com/news/583212/porsche-audi-formula-1-official/>
- [62] Maserati. Maserati: back to racing. The First Italian Brand to compete in the ABB FIA Formula E World Championship from 2023. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.maserati.com/international/en/news/maserati-back-to-racing-formula-e>
- [63] Motogp. FIM Enel MotoE World Cup: a new class of competition. 6.2.2018 [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/news/2018/02/06/fim-enel-motoe-world-cup-a-new-class-of-competition/249159>
- [64] Khorounzhiy, Valentin. Dorna: MotoE 2019 season will go ahead despite cancelled opener. 14.3.2019. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.autosport.com/motogp/news/dorna-motoe-2019-season-will-go-ahead-despite-cancelled-opener-5280837/5280837/>
- [65] Motogp. New MotoE calendar announced. 26.3.2019. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/news/2019/03/26/new-motoe-calendar-announced/287184>
- [66] Motogp. FIM Enel MotoE World Cup. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/FIM+Enel+MotoE+World+Cup>
- [67] Motogp. calendar. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/calendar>
- [68] Puigdemont, Oriol. MotoGP set to adopt ‚Long Lap Penalty‘ rule. 24.2.2019. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/motogp/news/long-lap-penalty-qatar-test/4343230/>
- [69] Motogp. TEAMS. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/teams/MotoE>
- [70] Motogp. Two races and new qualifying format coming to MotoE in 2022. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/news/2021/09/21/two-races-and-new-qualifying-format-coming-to-motoe-in-2022/394887>

-
- [71] Motogp. España schedule. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/event/Espa%C3%B1a#schedule>
- [72] Motogp. Results. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/Results+Statistics>
- [73] Epaddock. Specifications and data sheet of the MotoE. [online]. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: <https://www.epaddock.it/en/motoe-technical-data/motoe-specifications-and-data-sheet/>
- [74] Viegas, Goncalo. What's new for the 2022 MotoE season?. 27.4.2022. [online]. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: <https://www.motorcyclesports.net/articles/what-s-new-for-the-2022-motoe-season>
- [75] Youtube. MotoE bikes: Tech Talk with Simon Crafar. 14.5.2021. [online]. [cit. 3.5.2022]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=s7zIM_nY308
- [76] Epaddock. Overview. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.epaddock.it/en/technique/MotoE-Overview/>
- [77] Epaddock. Braking system. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.epaddock.it/en/motoe-technical-data/braking-system/>
- [78] Epaddock. Motor brake. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.epaddock.it/en/motoe-technical-data/motor-brake/>
- [79] Epaddock. The MotoE bike. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.epaddock.it/en/motoe-technical-data/>
- [80] Energicamotor. ALL EGO CORSA MACHINES TO BE READY BY THE END OF MAY. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.energicamotor.com/11171-ego-corsa-machines-ready-end-may/>
- [81] Yamaha-racing. What is MotoGP?. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.yamaha-racing.com/motogp/about/>
- [82] Riders.drivemag. 2020 KTM MotoGP Bike Unveiled. 265+ Hp and 157 Kg. 18.2.2020. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://riders.drivemag.com/news/2020-ktm-motogp-bike-unveiled-265-hp-and-157-kg/>
- [83] Motogp. Desmosedici Stradale: a V4 for Ducati sport bikes. [online]. 7.9.2017. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/news/2017/09/07/desmosedici-stradale-a-v4-for-ducatti-sport-bikes/238912>
- [84] Motogp. What is the official outright MotoGP speed record?. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/news/2021/05/27/what-is-the-official-outright-motogp-speed-record/364051>

-
- [85] Marcvds. MOTO2 BIKE. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://marcvds.com/moto-2/#bike>
- [86] Triumph-mediakits. MOTO2™ WORLD CHAMPIONSHIP RACE REALLY HOTS UP AFTER BINDER TAKES THIRD WIN OF THE SEASON. MOTO2™ TOP SPEED RECORD BROKEN AGAIN. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://triumph-mediakits.com/en/news-articles/moto2%E2%84%A2-world-championship-race-really-hots-up-after-binder-takes-third-win-of-the-season.-moto2%E2%84%A2-top-speed-record-broken-again.html>
- [87] Competition.totalenergies. Moto3 rules. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://competition.totalenergies.com/en/moto/moto3/moto3-rules>
- [88] Leopardracing. moto3 bike. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://leopardracing.com/moto3-bike>
- [89] Honda.racing. Leopard racing. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://honda.racing/moto-3/machines/leopard-racing-nsf-250-rw>
- [90] Vičík, Radek. Salač letos ani na třetí pokus nebodoval. Aprilia poprvé vyhrála závod MotoGP. 3.4.2022. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://sport.aktualne.cz/motorismus/motocykly/vc-argentin-y-2022-salac/r~151f53ceb36211ec94760cc47ab5f122/>
- [91] Motogp. GALLERY: 2022 Monster Energy Yamaha MotoGP bikes. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://www.motogp.com/en/news/2022/02/04/gallery-2022-monster-energy-yamaha-motogp-bikes/404823>
- [92] Ducati. Ducati MotoE bike takes to the track for the first time on the Misano circuit. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: <https://www.ducati.com/ww/en/news/ducati-motoe-bike-takes-to-the-track-for-the-first-time-on-the-misano-circuit>
- [93] Motorcyclespecs. Ducati V21L Electric. [online]. [cit. 20.3.2022]. Dostupné z: https://www.motorcyclespecs.co.za/model/ducati/ducati_v21L_electric.html
- [94] Worldsolarchallenge. history. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/about/history>
- [95] Worldsolarchallenge. HONOUR ROLL. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/about/history/honour-roll>
- [96] Worldsolarchallenge. 2021 SOLAR CHALLENGE UPDATE. 12.2.2021. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/news/2021-challenge-update>

-
- [97] Worldsolarchallenge. ROUTE MAP. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/the-challenge/map>
- [98] Worldsloarchallenge. Regulations. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/the-challenge/regulations>
- [99] Worldsolarchallenge. Agoria claims first title. 17.10.2019. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://www.worldsolarchallenge.org/news/agoria-claims-first-title>
- [100] Youtube. 2021 Regulations Preview with Chris Selwood | Bridgestone World Solar Challenge. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=saQpFR0Ye5U>
- [101] Worldsolarchallenge. classes. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://www.worldsolarchallenge.org/the-challenge/classes>
- [102] Worldsolarchallenge. CHALLENGER CLASS. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/the-challenge/classes/challenger-class>
- [103] Worldsolarchallenge. CRUISER CLASS. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/the-challenge/classes/cruiser-class>
- [104] Worldsolarchallenge. ADVENTURE CLASS. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/the-challenge/classes/adventure-class>
- [105] Theguardian. Chasing the sun: the World Solar Challenge 2019 – in pictures. 19.10.2019. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/gallery/2019/oct/20/chasing-the-sun-the-world-solar-challenge-2019-in-pictures>
- [106] Worldsolarchallenge. IT'S CRUISE CONTROL ALL THE WAY FOR SOLAR TEAM EINDHOVEN. 21.10.2019. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://worldsolarchallenge.org/news/it-s-cruise-control-all-the-way-for-solar-team-eindhoven>
- [107] Mybroadband. The 4-seater solar-powered family car of the future. 17.7.2015. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://mybroadband.co.za/news/motoring/131948-the-4-seater-solar-powered-family-car-of-the-future.html>
- [108] Dezeen. Solar-powered family car wins race across Australia. 13.10.2013. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://www.dezeen.com/2013/10/13/solar-powered-family-car-wins-race-across-australia/>

- [109] Collie, Scott. Dutch students target solar-powered three-peat with five-seat Stella Vie. 26.6.2017. [online]. [cit. 21.3.2022]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20170627132359/http://newatlas.com/university-eindhoven-stella-vie-world-solar-challenge/50159/>
- [110] Reuters. Belgian solar car team wins 3000-km race through Australian outback. 17.10.2019. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/us-solar-challenge-race-idUKKBN1WW142>
- [111] Americansolarchallenge. Home. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.americansolarchallenge.org/>
- [112] Solarchallenge. ABOUT. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.solarchallenge.org.za/about-us/overview>
- [113] Europeansolarchallenge. about. [online]. [cit. 22.3.2022] Dostupné z: <https://www.europeansolarchallenge.eu/blog/about/>
- [114] Extreme-e. history. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/history>
- [115] Kalinauckas, Alex. Extreme E unveils full series concept ahead of 2021 launch. 31.1.2019. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.autosport.com/formula-e/news/extreme-e-unveils-full-series-concept-ahead-of-2021-launch-5283311/5283311/>
- [116] O’Kane, Sane. Formula E’s electric off-road SUV is an absolute unit. 6.7.2019. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/2019/7/6/20684239/formula-e-extreme-offroad-suv-goodwood>
- [117] Kalinauckas, Alex. Long-time Audi affiliate ABT Sportsline joins Extreme E off-road series. 10.7.2019. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.autosport.com/formula-e/news/long-time-audi-affiliate-abt-sportsline-joins-extreme-e-off-road-series-4991485/4991485/>
- [118] Richards, Giles. Lewis Hamilton to enter his own team in new Extreme E all-electric racing series. 8.9.2020. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/sport/2020/sep/08/lewis-hamilton-to-enter-his-own-team-in-new-extreme-e-all-electric-racing-series>
- [119] Extreme-e. SUSTAINABILITY. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/sustainability>
- [120] Extreme-e. RACE CALENDAR. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/race-calendar>

-
- [121] Extreme-e. desert xprix. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/events/desert-xprix>
- [122] Youtube. Track Guide with Continental | 2022 Extreme E Desert X Prix. 19.2.2022. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6kw7tDzc6Fs>
- [123] Youtube. Track Reveal by Continental | Extreme E | Jurassic X Prix. 16.12.2021. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=UqiyKIzVOdQ>
- [124] Extreme-e. RACE FORMAT. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/race-format>
- [125] Horncastle, Rowan. Opinion: Extreme E brought more questions than answers. 8.4.2021. [online]. [cit. 8.4.2021]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.topgear.com/car-news/electric/opinion-extreme-e-brought-more-questions-answers>
- [126] Wood, Ryan. Extreme E unveils Ocean XPrix course and Super Sector. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsportweek.com/2021/05/28/extreme-e-unveils-ocean-xprix-course-and-super-sector/>
- [127] Extreme-e. TEAMS. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/teams>
- [128] Youtube. LIVE Qualifying 1 | 2022 Extreme E Desert X Prix. [online]. [cit. 22.3.2022]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Xswhu_JIq1s
- [129] Youtube. LIVE Qualifying 2 | 2022 Extreme E Desert X Prix. [online]. [cit. 23.3.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=TQ7Rm3pxO0Q>
- [130] Extreme-e. ST. HELENA. [online]. [cit. 23.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/the-ship>
- [131] Extreme-e. ODYSSEY 21. [online]. [cit. 23.3.2022]. Dostupné z: <https://www.extreme-e.com/en/the-car>
- [132] Youtube. Everything You Need To Know About the Odyssey 21 | Extreme E Explained. 31.3.2022. [online]. [cit. 4.5.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=yhba6BGNs1k>
- [133] Youtube. ODYSSEY 21 eSUV Tour | Extreme E. [online]. [cit. 4.5.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Xz-GIeLJStw>

- [134] Nekvinda, Josef. Extreme E znovu umožní bitvu na ostří nože. Hamiltona vyzve Rosberg. [online]. [cit. 23.3.2022]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/extreme-e-znovu-umozni-bitvu-na-ostri-noze-hamiltona-vyzve-rosberg-6011>
- [135] Ridge, Hal. World Rallycross set to add electric cars in future. 2.8.2017. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/world-rx/news/world-rallycross-set-to-add-electric-cars-in-future-937612/937612/>
- [136] Ridge, Hal. World Rallycross delays electric switch until 2021. 16.8.2018. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.motorsport.com/world-rx/news/world-rallycross-delays-electric-switch-until-2021/3159404/?nrt=210>
- [137] Fia. TECHNICAL DETAILS OF FIA WORLD RX1E POWERTRAIN REVEALED. 4.12.2020. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fia.com/news/technical-details-fia-world-rx1e-powertrain-revealed>
- [138] FiaWorldRallycross. WorldRX CALENDAR 2022. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaWorldRallycross.com/world-rx/championship/calendar/>
- [139] Youtube. Joker Lap 101: FIA World Rallycross Championship. 16.5.2015. [online]. [cit. 8.4.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=cMgwbtpXcn4>
- [140] FiaWorldRallycross. WORLD RX TEAMS. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaWorldRallycross.com/world-rx/championship/teams-drivers/rx1-teams/>
- [141] FiaWorldRallycross. THE FUTURE STARTS HERE: 14-CAR GRID TO ELECTRIFY WORLD RX ACTION IN 2022. 30.9.2021. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaWorldRallycross.com/world-rx/news/world-rx/2021/14-car-grid-to-electrify-world-rx-in-2022/>
- [142] FiaWorldRallycross. FORMAT CHANGES SET TO ENHANCE THE RACING IN 2022. 15.12.2021. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaWorldRallycross.com/world-rx/news/world-rx/2021/format-changes-set-to-enhance-the-racing-in-2022/?mobile>
- [143] Fia. REGULATIONS. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fia.com/regulation/category/120>
- [144] Fia. WORLD RX – RALLYCROSS OF LYDDEN HILL: DAY 1. 24.5.2014. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fia.com/news/world-rx-rallycross-lydden-hill-day-1>
- [145] Šulčík, Petr. Kouzlo joker lapu. 20.6.2017. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.rallycross.cz/novinky/kouzlo-joker-lapu-r1841r>

- [146] Fiaworldrallycross. HANSEN MOTORSPORT COMMITS TO MULTI-YEAR FUTURE IN WORLD RX'S ELECTRIC ERA. 10.2.2022. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaworldrallycross.com/world-rx/news/world-rx/2022/hansen-motorsport-commits-to-multi-year-future/>
- [147] Ridge, Hal. Kristofferson's team commits three cars for first electric World Rallycross season. 6.10.2021. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.autosport.com/world-rallycross/news/kristofferssons-team-commits-three-cars-for-first-electric-world-rallycross-season/6681965/?nrt=210>
- [148] Fiaworldrallycross. TWO-CAR WORLD RX ENTRY FOR ALL-INKL.COM MUENNICH MOTORSPORT IN 2022. 21.10.2021. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaworldrallycross.com/world-rx/news/world-rx/2021/two-car-world-rx-entry-for-all-inkl-com-muennich-motorsport-in-2022/>
- [149] Kreiselectric. E-MOTORSPORTS. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.kreiselectric.com/e-motorsports/>
- [150] Rallycross. The electrification of Rallycross is around the corner, 1.10.2021. [online]. [cit. 9.4.2021]. Dostupné z: <https://rallycross.com/2021/10/01/the-electrification-of-rallycross-is-around-the-corner/>
- [151] Fiaworldrallycross. MIKKELSEN: WORLD RX'S ELECTRIC FUTURE 'ON ANOTHER LEVEL'. 10.5.2021. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.fiaworldrallycross.com/world-rx/news/world-rx/2021/mikkelsen-rx1e-test/>
- [152] Youtube. ELECTRIC RALLYCAR explained | START, BRR & Kreisel Electric. 8.7.2021. [online]. [cit. 5.5.2022]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=v-c7QzVzNtsg>
- [153] Fia-rx2e. The Championship. [online]. [cit. 10.4.2022]. Dostupné z: <https://fia-rx2e.com/championship/>
- [154] Fia-rx2e. The Car. [online]. [cit. 10.4.2022]. Dostupné z: <https://fia-rx2e.com/car/>
- [155] Rallyx. About RallyX. [online]. [cit. 10.4.2022]. Dostupné z: <https://www.rallyx.se/about-rallyx/>
- [156] Pilotweb.aero. Plans for world's first all-electric racing championship revealed. 4.4.2018. [online]. [cit. 24.3.2022]. Dostupné z: <https://www.pilotweb.aero/news/plans-for-world-s-first-all-electric-racing-championship-revealed-6285866>
- [157] Airracee. ABOUT AIR RACE E. [online]. [cit. 24.3.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/about/>

-
- [158] Pridmore, Oliver. Electric plane to be built in Nottingham for pioneering air race. 2.11.2018. [online]. [cit. 24.3.2022]. Dostupné z: <https://www.nottinghampost.com/news/electric-plane-built-nottingham-pioneering-2175047>
- [159] Airracee. AIR RACE E: THE YEAR IN REVIEW. 5.1.2022. [online]. [cit. 24.3.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/air-race-e-the-year-in-review/>
- [160] Airracee. CIRCUIT. [online]. [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/content/the-circuit/>
- [161] Airracee. ARE – Rulebook. [online]. [cit. 19.5.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/wp-content/uploads/2020/03/ARE-Rulebook-Feb-2020.pdf>
- [162] Airracee. AIR RACE E TEAMS. [online]. [cit. 24.3.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/teams/>
- [163] Airracee. HOST CITIES. [online]. [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/content/host-cities/>
- [164] Airracee. RACE CATEGORIES. [online]. [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://airracee.com/classes/>
- [165] Nathan, Stuart. Air Race E: Electric air racing looking to take flight. 13.5.2019. [online]. [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://www.theengineer.co.uk/air-race-e-electric-air-racing/>
- [166] O'Donoghue, Shane. AIR RACE E: WE MEET THE MAN BRINGING ELECTRIC MOTOR SPORT TO THE SKIES. 10.9.2021. [online]. Dostupné z: <https://www.driving.co.uk/news/interview/air-race-e-meet-man-bringing-electric-motor-sport-skies/>
- [167] Byrtus, Filip. V Dubaji představili elektrický speciál pro seriál závodů Air Race E. 19.11.2019. [online]. [cit. 25.3.2022]. Dostupné z: <https://www.aeroweb.cz/clanky/7-100-v-dubaji-predstavili-elektricky-special-pro-serial-zavodu-air-race-e>
- [168] E1series. ABOUT E1. [online]. [cit. 26.3.2022]. Dostupné z: <https://www.e1series.com/about>
- [169] E1series. E1 series unveils full-size model of electric RaceBird powerboat. 20.9.2021. [online]. [cit. 26.3.2022]. Dostupné z: https://www.e1series.com/news/12_E1-Series-unveils-full-size-model-of-electric-RaceBird-powerboat
- [170] Russo, Jonathan. worth. Speedboat Racing Goes Electric. 14.7.2021. [online]. [cit. 26.3.2022] Dostupné z: <https://www.worth.com/e1-series-electric-speedboat-racing/>

- [171] Bliss, Dominic. The E1 world electric powerboat series: everything you need to know. 30.9.2021. [online]. [cit. 26.3.2022]. Dostupné z: <https://www.gq-magazine.co.uk/lifestyle/article/e1-world-electric-powerboat-series>
- [172] E1series. MEET THE RACEBIRD. [online]. [cit. 26.3.2022]. Dostupné z: <https://www.e1series.com/meet-racebird>
- [173] Levine, Charlie. RaceBird: The Electric Boat That Could Change Powerboating. 6.12.2021. [online]. [cit. 26.3.2022]. Dostupné z: <https://www.powerandmotoryacht.com/blogs/racebird-the-electric-boat-that-could-change-powerboating>

Seznam obrázků

Obrázek 1: První elektrické vozidlo (převzato z [4])	I
Obrázek 2: Okruh v Londýně (převzato z [11])	I
Obrázek 3: Formát kvalifikace FE (převzato z [17]).....	II
Obrázek 4: Závodní trať v mexickém Pueblu (převzato z [19]).....	II
Obrázek 5: Systém Halo na voze FE (převzato z [26])	III
Obrázek 6: Formule GEN1 (převzato z [28]).....	IV
Obrázek 7: Formule GEN2 (převzato z [29]).....	V
Obrázek 8: Formule GEN2 EVO (převzato z [29]).....	V
Obrázek 9: Umístění pohonného ústrojí ve FE (převzato z [20]).....	VI
Obrázek 10: Umístění pohonného ústrojí ve FE zezadu (převzato z [31])	VI
Obrázek 11: Pohonné ústrojí FE (převzato z [30]).....	VII
Obrázek 12: Vůz F1 pro sezónu 2022 (převzato z [33])	VII
Obrázek 13: Pohonné ústrojí F1 (převzato z [34])	VIII
Obrázek 14: Pneumatiky pro FE (převzato z [36]).....	VIII
Obrázek 15: Pneumatiky pro F1 (převzato z [37])	IX
Obrázek 16: Barevné označení pneumatik pro F1 (převzato z [38]).....	IX
Obrázek 17: Porovnání pneumatik FE a F1 (převzato z [39]).....	X
Obrázek 18: DRS na voze F1 (převzato z [40])	X
Obrázek 19: Formule GEN3 zepředu (převzato z [53])	XI
Obrázek 20: Formule GEN3 zezadu (převzato z [53]).....	XII
Obrázek 21: Long lap (převzato z [68])	XII
Obrázek 22: Motocykl MotoE (převzato z [79]).....	XIII
Obrázek 23: Odstrojený motocykl MotoE (převzato z [80]).....	XIV
Obrázek 24: Porovnání akcelerace motocyklů tříd MotoGP (převzato z [73]).....	XV
Obrázek 25: Motocykl Moto3 (převzato z [89])	XVI
Obrázek 26: Motocykl Moto2 (převzato z [90])	XVI
Obrázek 27: Motocykl MotoGP (převzato z [91])	XVII
Obrázek 28: Ducati V21L Electric (převzato z [93])	XVII
Obrázek 29: Mapa závodu WSC (převzato z [97])	XVIII
Obrázek 30: Vozidla WSC (převzato z [105])	XIX
Obrázek 31: Stella Vie (převzato z [109]).....	XIX
Obrázek 32: Dobíjení vozidla po skončení časového limitu (převzato z [105])	XX

Obrázek 33: Průjezd kontrolní bránou (převzato z [122]).....	XXI
Obrázek 34: Prudké klesání na okruhu Extreme E (převzato z [125]).....	XXI
Obrázek 35: Závod Extreme E na pobřeží oceánu (převzato z [126])	XXII
Obrázek 36: Okruh Extreme E s vyznačeným super sektorem (převzato z [126])	XXII
Obrázek 37: Proces výměny jezdců během závodu Extreme E (převzato z [125])	XXIII
Obrázek 38: Svatá Helena (převzato z [130])	XXIV
Obrázek 39: Odyssey 21 (převzato z [134]).....	XXIV
Obrázek 40: Vnitřní uspořádání vozidla Odyssey 21 zezadu (převzato z [133]).....	XXV
Obrázek 41: Vnitřní uspořádání vozidla Odyssey 21 zepředu (převzato z [132])	XXV
Obrázek 42: Joker lap (převzato z [139])	XXVI
Obrázek 43: Startovací pozice v rallycrossu (převzato z [144])	XXVI
Obrázek 44: Rozdělení do skupin pro 16 zúčastněných (převzato z [143]).....	XXVII
Obrázek 45: Spotteři při rallycrossových závodech (převzato z [145])	XXVIII
Obrázek 46: Prototyp vozidla pro RX1E (převzato z [151]).....	XXVIII
Obrázek 47: Vozidlo RX2E (převzato z [154]).....	XXIX
Obrázek 48: Okruh Air Race E (převzato z [160]).....	XXIX
Obrázek 49: Okruh Air Race E varianta 1 (převzato z [161]).....	XXX
Obrázek 50: Okruh Air Race E varianta 2 (převzato z [161]).....	XXX
Obrázek 51: Startovní rošt Air Race E (převzato z [161])	XXXI
Obrázek 52: Letadlo Air Race E (převzato z [163]).....	XXXI
Obrázek 53: RaceBird (převzato z [173]).....	XXXII

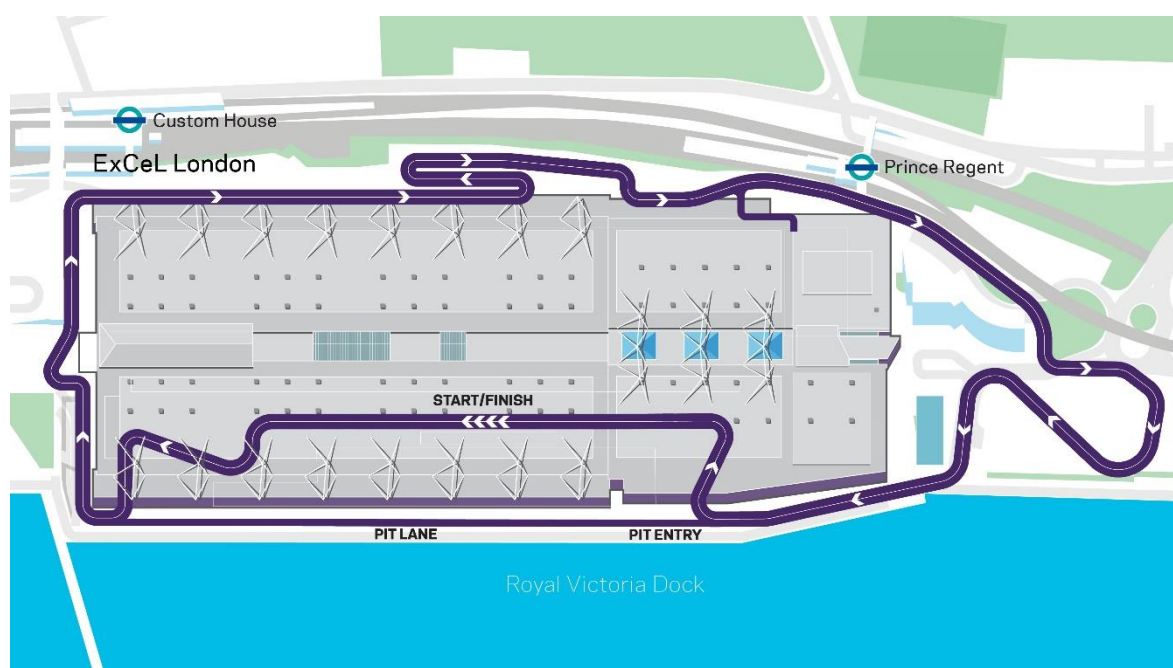
Seznam tabulek

Tabulka 1: Body udělované v závodě (překresleno podle [17]).....	III
Tabulka 2: Porovnání vlastností GEN1 a GEN2 (překresleno podle [24]).....	IV
Tabulka 3: Nejrychlejší časy zaznamenané na Monacké trati.....	XI
Tabulka 4: Bodové hodnocení podle pozice v cíli (překresleno podle [72]).....	XIII
Tabulka 5: Porovnání údajů jednotlivých tříd (*dosažené).....	XIV
Tabulka 6: Nejlepší časy a maximální rychlosti závodů (převzato z [72])	XV
Tabulka 7: Vstupní poplatky pro Bridgestone WSC (překresleno podle [98]).....	XX
Tabulka 8: Bodové ohodnocení první kvalifikace (překresleno podle [128]).....	XXIII
Tabulka 9: Bodové ohodnocení druhé kvalifikace (překresleno podle [129])	XXIII
Tabulka 10: Body udělované podle celkového pořadí (překresleno podle [124])	XXIII
Tabulka 11: Bodový příděl udělovaný v rozjížděcích (překresleno podle [143])	XXVII
Tabulka 12: Bodové ohodnocení (překresleno podle [143]).....	XXVII

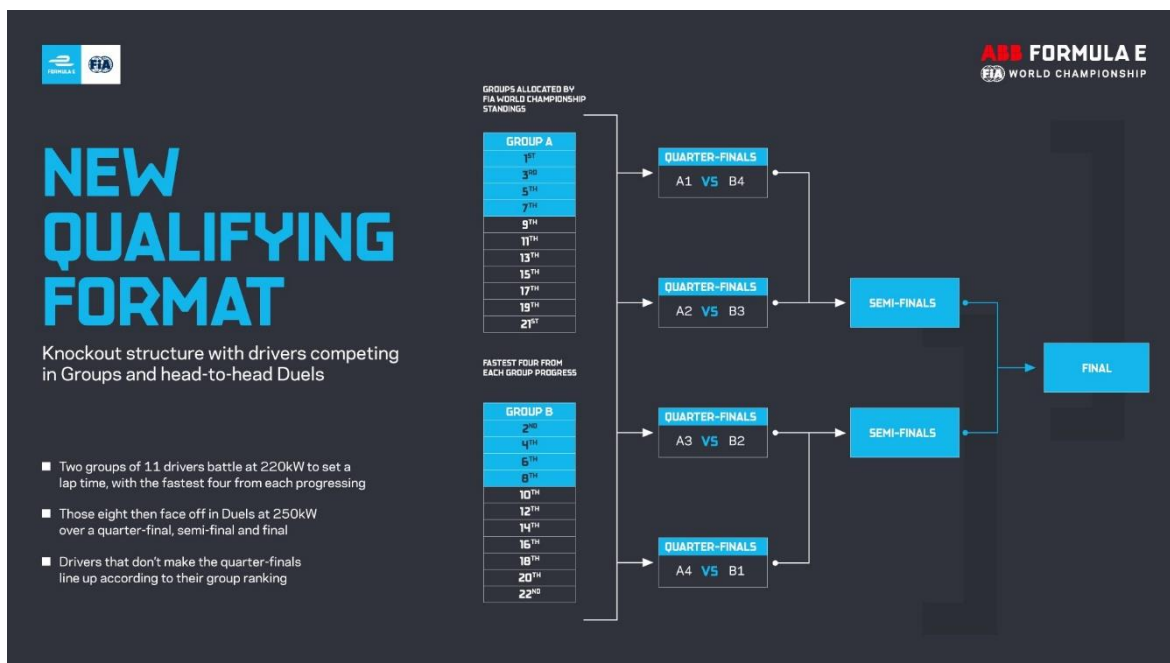
Přílohy



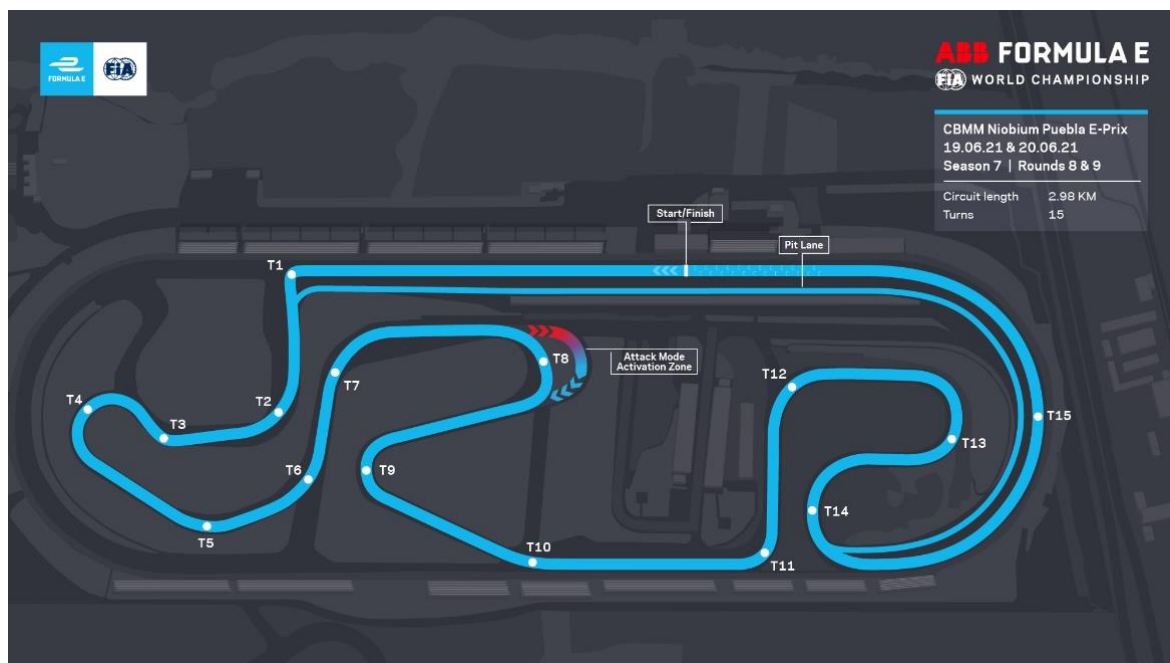
Obrázek 1: První elektrické vozidlo (převzato z [4])



Obrázek 2: Okruh v Londýně (převzato z [11])



Obrázek 3: Formát kvalifikace FE (převzato z [17])



Obrázek 4: Závodní trať v mexickém Pueblu (převzato z [19])

Tabulka 1: Body udělované v závodě (překresleno podle [17])

Pozice	Počet bodů
1	25
2	18
3	15
4	12
5	10
6	8
7	6
8	4
9	2
10	1



Obrázek 5: Systém Halo na voze FE (převzato z [26])

Tabulka 2: Porovnání vlastností GEN1 a GEN2 (překresleno podle [24])

Vlastnost	GEN2	GEN1
Délka (mm)	5160	5000
Šířka (mm)	1770	1780
Výška (mm)	1050	1050
Rozchod předních kol (mm)	1553	1528
Rozchod zadních kol (mm)	1505	1492
Světlá výška (mm)	maximálně 75	maximálně 75
Rozvor kol (mm)	3100	3100
Minimální hmotnost včetně jezdce (kg)	903	880
Hmotnost baterií (kg)	385	320
Maximální výkon (kW)	250	200
Výkon v závodním režimu (kW)	220	180
Maximální rekuperační výkon (kW)	250	150
Maximální rychlost (km/h)	280	225
Akcelerace z 0 na 100 km/h (s)	2,8	3



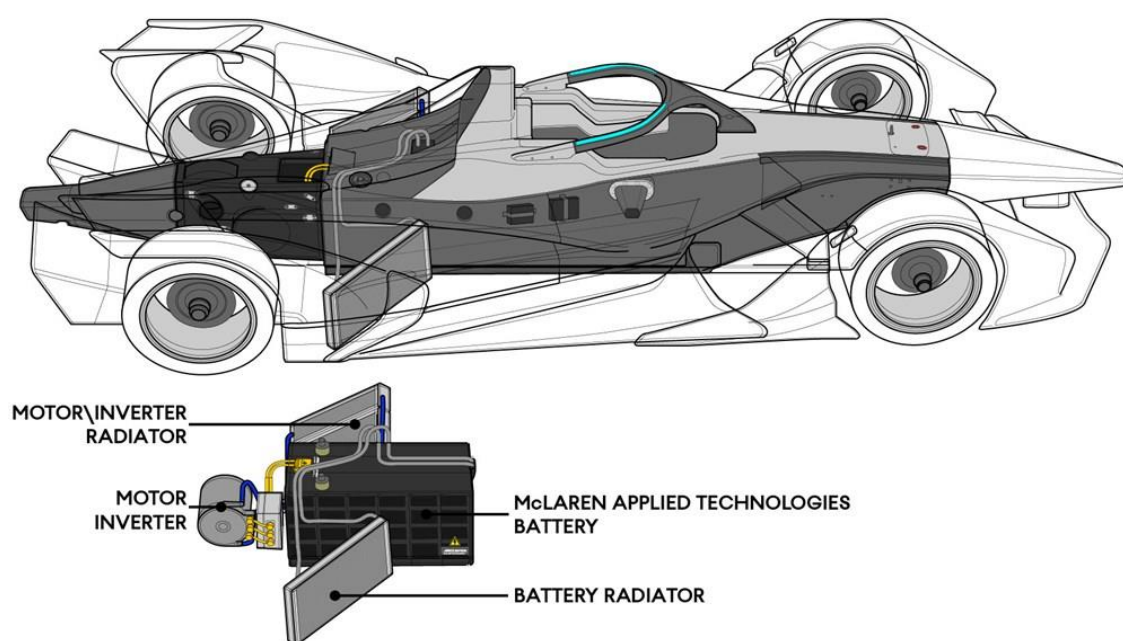
Obrázek 6: Formule GEN1 (převzato z [28])



Obrázek 7: Formule GEN2 (převzato z [29])



Obrázek 8: Formule GEN2 EVO (převzato z [29])



Obrázek 9: Umístění pohonného ústrojí ve FE (převzato z [20])



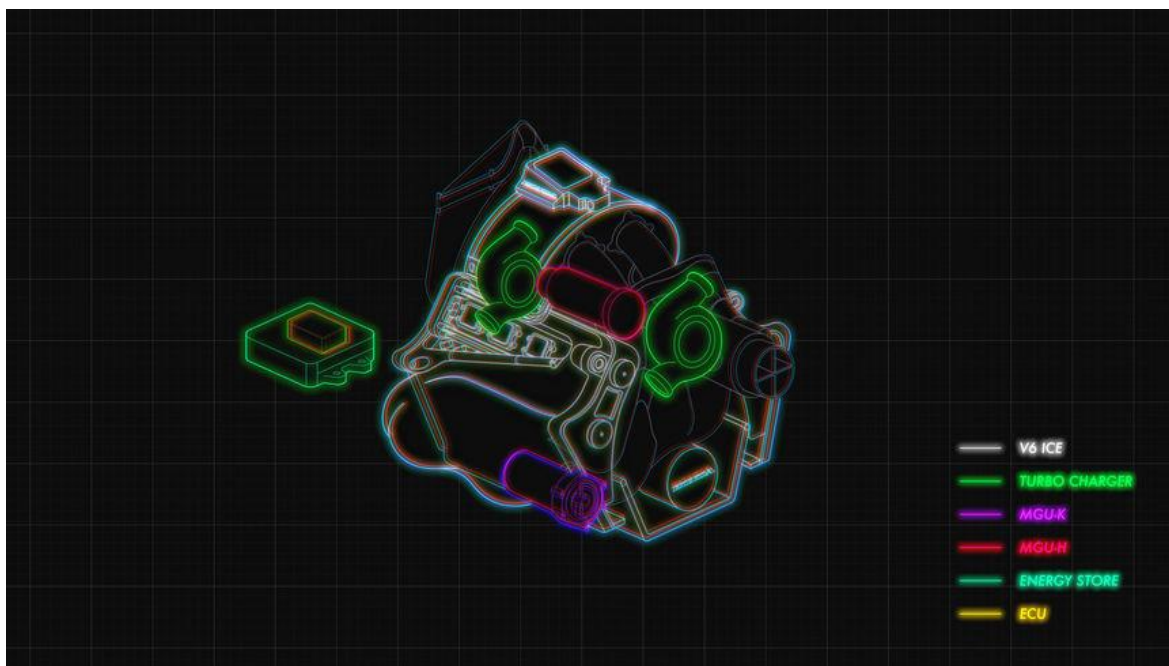
Obrázek 10: Umístění pohonného ústrojí ve FE zezadu (převzato z [31])



Obrázek 11: Pohonné ústrojí FE (převzato z [30])



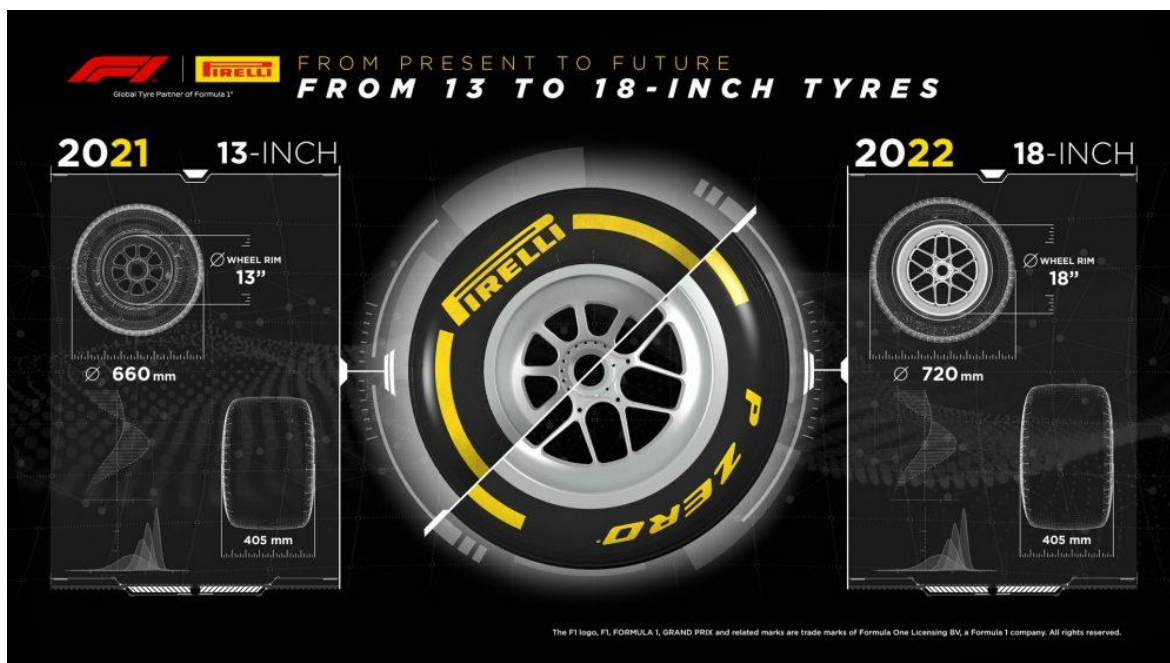
Obrázek 12: Vůz F1 pro sezónu 2022 (převzato z [33])



Obrázek 13: Pohonné ústrojí F1 (převzato z [34])



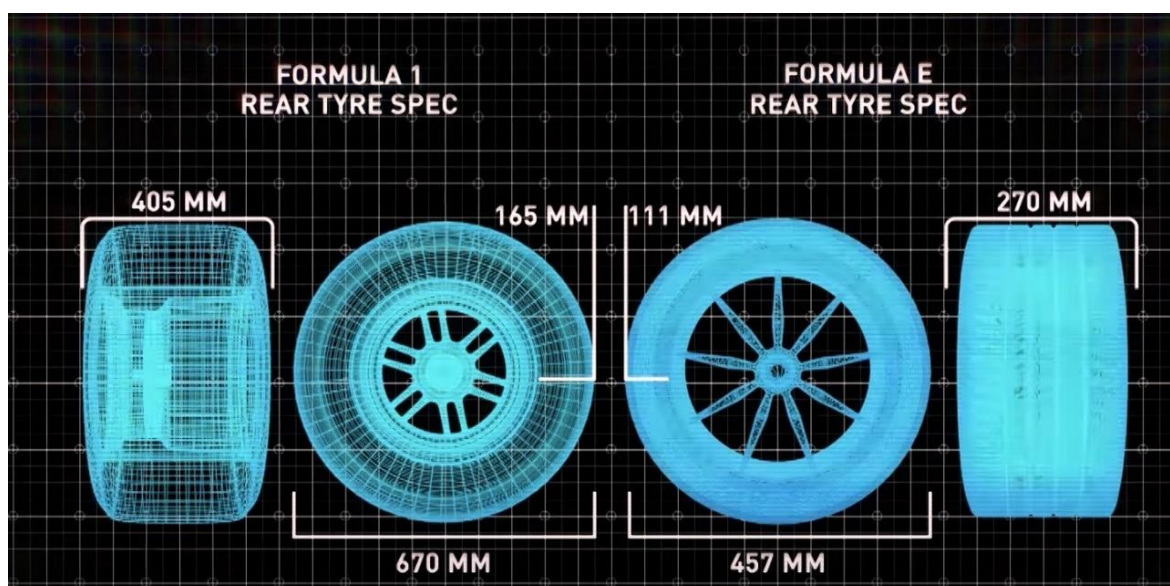
Obrázek 14: Pneumatiky pro FE (převzato z [36])



Obrázek 15: Pneumatiky pro F1 (převzato z [37])



Obrázek 16: Barevné označení pneumatik pro F1 (převzato z [38])



Obrázek 17: Porovnání pneumatik FE a F1 (převzato z [39])



Obrázek 18: DRS na voze F1 (převzato z [40])

Tabulka 3: Nejrychlejší časy zaznamenané na Monacké trati

FE	1:31.118 [44]
F1	1:10.346 [45]
F2	1:20.985 [46]



Obrázek 19: Formule GEN3 zepředu (převzato z [53])



Obrázek 20: Formule GEN3 zezadu (převzato z [53])



Obrázek 21: Long lap (převzato z [68])

Tabulka 4: Bodové hodnocení podle pozice v cíli (překresleno podle [72])

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Body	25	20	16	13	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1



Obrázek 22: Motocykl MotoE (převzato z [79])



Obrázek 23: Odstrojený motocykl MotoE (převzato z [80])

Tabulka 5: Porovnání údajů jednotlivých tříd (*dosažené)

	MotoGP	Moto2	Moto3	MotoE
Počet válců	4 [81]	3 [85]	1 [87]	-
Zdvihový objem (cm³)	1000 [81]	765 [85]	250 [87]	-
Výkon (kW)	přes 190 [82]	přes 104 [85]	44 [88]	120 [73]
Krouticí moment (Nm)	přes 120 [83]	přes 85 [85]	23 [88]	přes 200 [73]
Hmotnost (kg)	minimálně 158 [81]	přes 140 [85]	82,5 [88]	247 [73]
Maximální rychlost (km/h)	362,4* [84]	301,8* [86]	260 [88]	270 [73]

Tabulka 6: Nejlepší časy a maximální rychlosti závodů ⁵ (převzato z [72])

Okruh	MotoGP		Moto2		Moto3		MotoE	
Jerez	1:36.755	298,3	1:40.667	252,3	1:44.988	217,3	1:47.778	224,5
LeMans	1:32.600	323,7	1:36.307	270,9	1:42.150	227,1	1:43.909	236,3
Catalunya	1:38.853	355,2	1:42.977	298,3	1:47.597	245,4	1:50.399	262,1
Assen	1:31.814	315,4	1:36.356	260,9	1:41.194	216,3	1:42.676	229,2
Spielberg	1:22.643	319,5	1:28.153	263,4	1:35.838	222,2	1:35.137	240
San Marino	1:31.065	300,8	1:36.264	250,5	1:41.680	212,1	1:43.265	221,3



Obrázek 24: Porovnání akcelerace motocyklů tříd MotoGP (převzato z [73])

⁵ Časy ve formátu mm:ss.ccc
Maximální rychlosti v km/h



Obrázek 25: Motocykl Moto3 (převzato z [89])



Obrázek 26: Motocykl Moto2 (převzato z [90])



Obrázek 27: Motocykl MotoGP (převzato z [91])



Obrázek 28: Ducati V21L Electric (převzato z [93])



Obrázek 29: Mapa závodu WSC (převzato z [97])



Obrázek 30: Vozidla WSC (převzato z [105])



Obrázek 31: Stella Vie (převzato z [109])



Obrázek 32: Dobíjení vozidla po skončení časového limitu (převzato z [105])

Tabulka 7: Vstupní poplatky pro Bridgestone WSC (překresleno podle [98])

Třída	Včasný vstupní poplatek	Standartní vstupní poplatek
Challenger	13 500 Au\$	15 000 Au\$
Cruiser	13 500 Au\$	15 000 Au\$
Adventure	11 500 Au\$	12 500 Au\$



Obrázek 33: Průjezd kontrolní bránou (převzato z [122])



Obrázek 34: Prudké klesání na okruhu Extreme E (převzato z [125])



Obrázek 35: Závod Extreme E na pobřeží oceánu (převzato z [126])



Obrázek 36: Okruh Extreme E s vyznačeným super sektorem (převzato z [126])



Obrázek 37: Proces výměny jezdců během závodu Extreme E (převzato z [125])

Tabulka 8: Bodové ohodnocení první kvalifikace (překresleno podle [128])

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Body	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabulka 9: Bodové ohodnocení druhé kvalifikace (překresleno podle [129])

Pozice	1	2	3	4	5
Body	10	8	6	4	2

Tabulka 10: Body udělované podle celkového pořadí (překresleno podle [124])

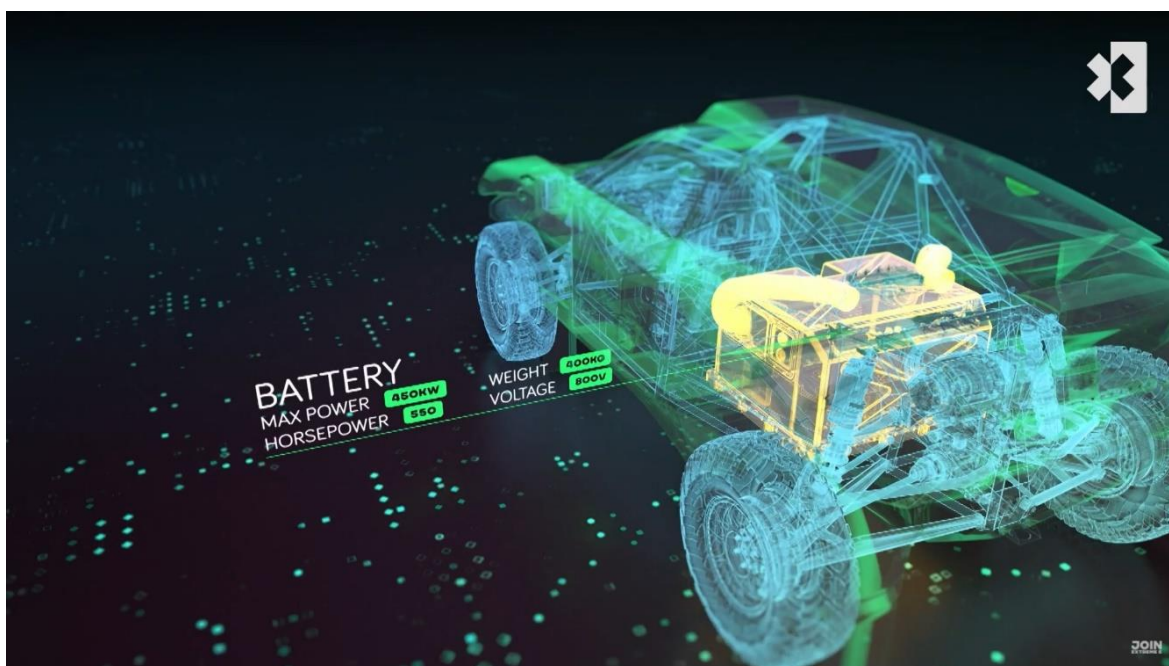
Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Body	25	18	15	12	10	8	6	4	2	1



Obrázek 38: Svatá Helena (převzato z [130])



Obrázek 39: Odyssey 21 (převzato z [134])



Obrázek 40: Vnitřní uspořádání vozidla Odyssey 21 zezadu (převzato z [133])



Obrázek 41: Vnitřní uspořádání vozidla Odyssey 21 zepředu (převzato z [132])



Obrázek 42: Joker lap (převzato z [139])



Obrázek 43: Startovací pozice v rallycrossu (převzato z [144])

Tabulka 11: Bodový přiděl udělovaný v rozjíždkách (překresleno podle [143])

Pozice	1	2	3	4	5	6	...
Body	50	45	42	40	39	38	...

Tabulka 12: Bodové ohodnocení (překresleno podle [143])

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Body	20	16	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

16 cars, 4-car grids																										
Heat One				Heat Two				Heat Three				Starters by Ranking														
H1-R1	SP	SP	SP	SP	H2-R1	H1-R4	H1-R3	H1-R2	H1-R1	H3-R1	H2-R4	H2-R3	H2-R2	H2-R1	Progression Race 1	1,5,9,13	SF1	SF2				P1	P2	P3	P4	P5
H1-R2	SP	SP	SP	SP	H2-R2	H1-R4	H1-R3	H1-R2	H1-R1	H3-R2	H2-R4	H2-R3	H2-R2	H2-R1	Progression Race 2	2,6,10,14	SF2	SF1								
H1-R3	SP	SP	SP	SP	H2-R3	H1-R4	H1-R3	H1-R2	H1-R1	H3-R3	H2-R4	H2-R3	H2-R2	H2-R1	Progression Race 3	3,7,11,15	SF1	SF2								
H1-R4	SP	SP	SP	SP	H2-R4	H1-R4	H1-R3	H1-R2	H1-R1	H3-R4	H2-R4	H2-R3	H2-R2	H2-R1	Progression Race 4	4,8,12,16	SF2	SF1								

Obrázek 44: Rozdělení do skupin pro 16 zúčastněných (převzato z [143])



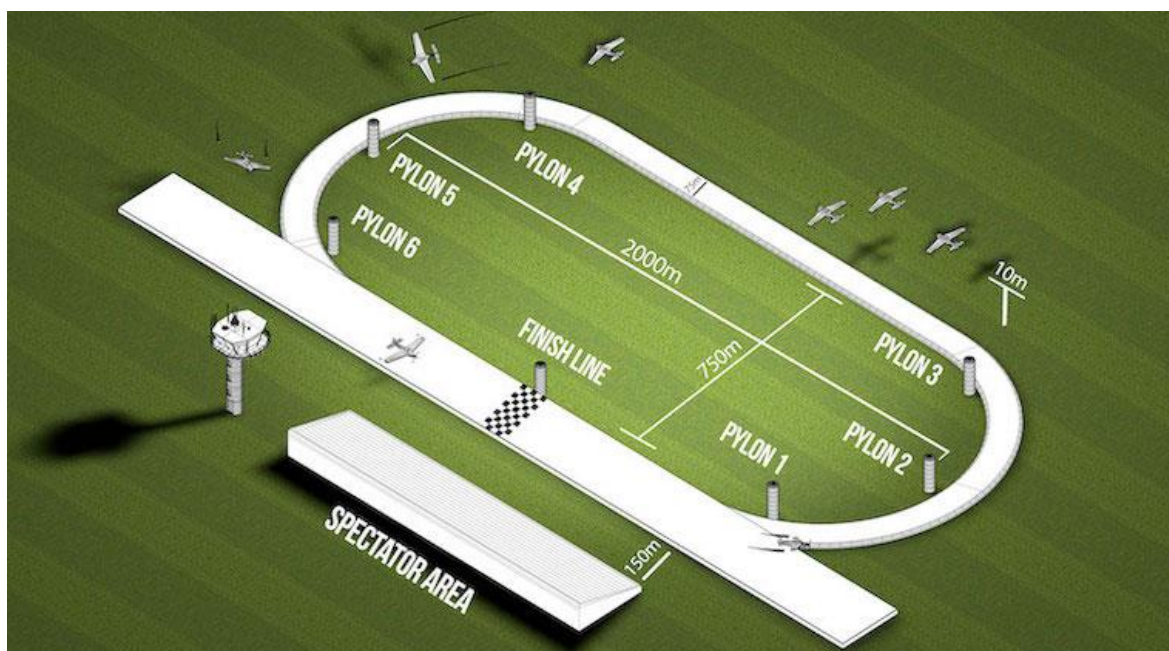
Obrázek 45: Spotteri při rallycrossových závodech (převzato z [145])



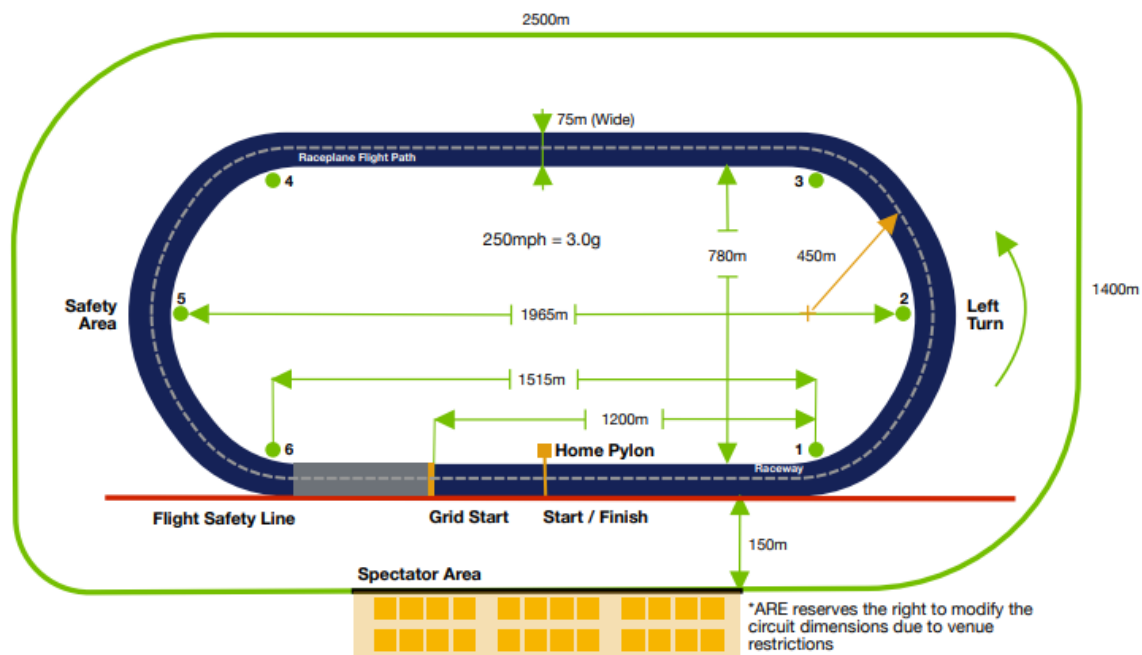
Obrázek 46: Prototyp vozidla pro RX1E (převzato z [151])



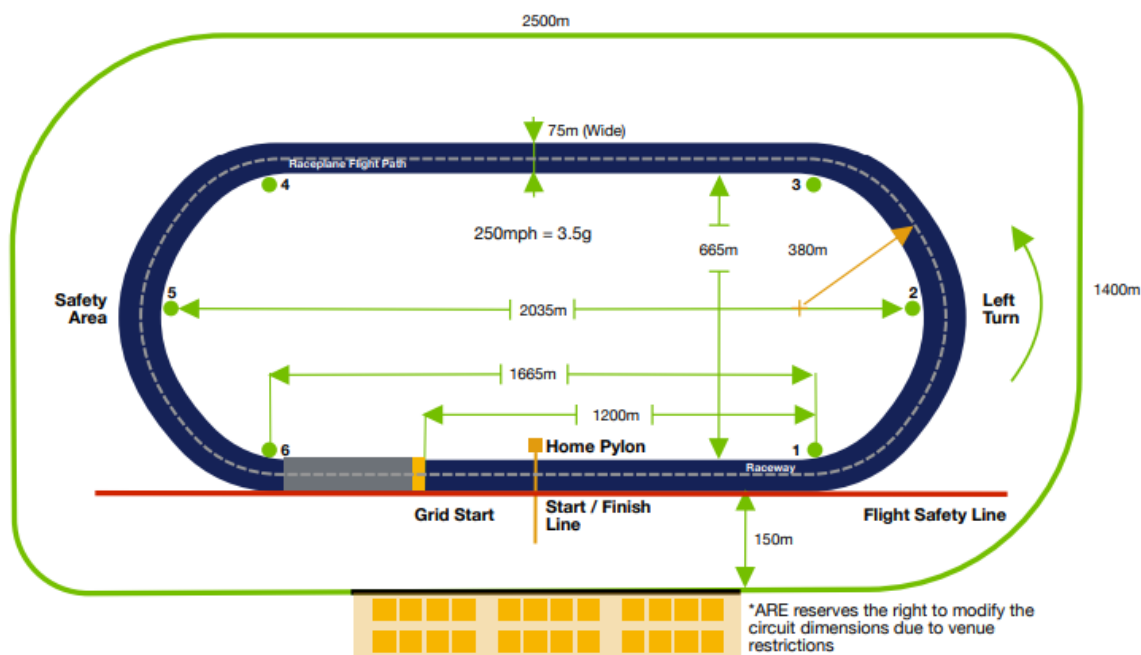
Obrázek 47: Vozidlo RX2E (převzato z [154])



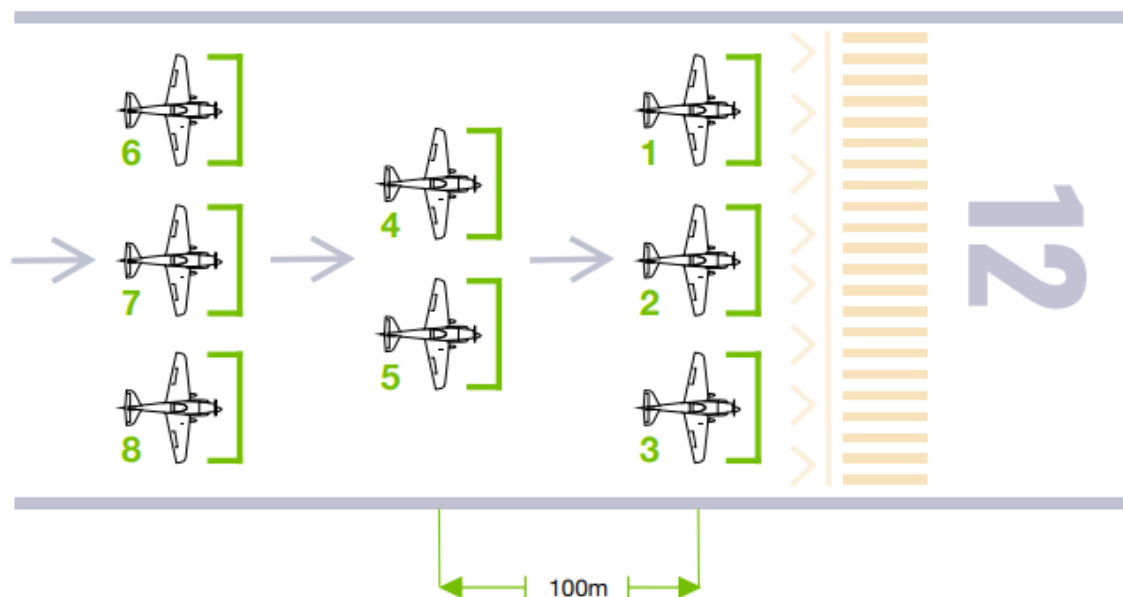
Obrázek 48: Okruh Air Race E (převzato z [160])



Obrázek 49: Okruh Air Race E varianta 1 (převzato z [161])



Obrázek 50: Okruh Air Race E varianta 2 (převzato z [161])



Obrázek 51: Startovní rošt Air Race E (převzato z [161])



Obrázek 52: Letadlo Air Race E (převzato z [163])



Obrázek 53: RaceBird (převzato z [173])