

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Diplomová práce

Koncepty ionizace a jejich využití v interiéru vozidla

Bc. František Paur

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. František Paur

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Koncepty ionizace a jejich využití v interiéru vozidla

Název anglicky

Ionization concepts and their use in vehicle interior

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza stávajících konceptů ionizace, které se využívají v interiéru vozidel. Praktická část práce se bude zabývat měřením distribuce iontů v interiéru vozidla při zvolení různých zdrojů ionizace a při nastavení různých režimů proudění vzduchu. Závěrem budou zhodnoceny a vybrány nejvhodnější koncepty z hlediska distribuce iontů.

Dílní cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat jednotlivé principy a základní funkce ionizátorů a ionizace jako takové,
- zhodnotit zdroje ionizace
- zhodnotit a vybrat nejvhodnější koncept z hlediska distribuce iontů

Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na porovnání stávajících konceptů ionizace. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Osnova:

- 1 Úvod
 - 2 Cíl práce
 - 3 Metodika práce
 - 4 Přehled řešené problematiky
 - 5 Praktická část práce
 - 6 Výsledky a diskuse
 - 7 Závěr a doporučení
 - 8 Seznam použitých zdrojů
 - 9 Přílohy
-

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

ionizace, kabina vozidla, ionty, konvenční ionizátory

Doporučené zdroje informací

HEŘMAN, J., et al.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace. Praha: Verlag Dashöfer, 2008. ISSN 1803-0475.

JAN, Z. – ŽDÁNSKÝ, B. – KUBÁT, J. *Automobily. (6), Elektrotechnika motorových vozidel II.* Brno: Avid, spol. s r.o., 2013. ISBN 978-80-87143-27-8.

JAN, Z. – ŽDÁNSKÝ, B. – KUBÁT, J. – ČUPERA, J. *Automobily. (5), Elektrotechnika motorových vozidel I.* Brno: Avid, spol. s r.o., 2018. ISBN 978-80-87143-38-4.

KORYTA, J. – ŠTULÍK, K. *Iontově-selektivní elektrody.* PRAHA: ACADEMIA, 1984.

VESELÝ, J. – WEISS, D. – ŠTULÍK, K. *Analýza iontově selektivními elektrodami.* Praha: SNTL, 1979.

VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 1.* Brno: František Vlček, 2002. ISBN 80-238-7282-6.

VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 2.* Brno: František Vlček, 2002. ISBN 80-238-7282-6.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2022

doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

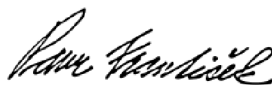
Děkan

V Praze dne 10. 02. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci *Koncepty ionizace a jejich využití v interiéru vozidla* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2023



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Štěpánu Grofovi z oddělení EKC/4 Škoda Auto a.s. a docentu Ing. Janu Hartovi, Ph.D. z Katedry vozidel a pozemní dopravy ČZU v Praze za odborné vedení diplomové práce.

Koncepty ionizace a jejich využití v interiéru vozidla

Anotace

Práce se věnuje problematice změn parametrů iontového mikroklimatu interiéru vozidel. Konkrétně se zabývá změnami koncentrace ionizovaných částic v kabině vozidla v závislosti na nastavení režimu klimatizace, nastavení intenzity ventilátoru, umístění samotného generátoru iontů a dalších faktorech daného prostředí. Rešeršní část práce je zaměřena na obecnou definici ionizovaných částic, historii elektricky nabitých částic a výskyt vzdušných iontů v atmosféře. Dále je také zaměřena na fyzikální podstatu vzniku a zániku vzdušných iontů, druhy vzdušných iontů, zdroje ionizační energie a činitele ovlivňující koncentraci iontů v atmosférickém vzduchu. Řeší se zde vliv vzdušných iontů na lidský organismus a konkrétní účinky vyvolané změnou přirozené koncentrace ionizovaných částic ve vzduchu. Dále je zde popsáno využití umělé ionizace vzduchu a druhy zařízení, která jsou k tomuto účelu využívána. Jsou zde uvedena doporučení pro využívání ionizace vzduchu v uzavřených prostorách budov, která lze převzít pro využití ionizace v interiérech vozidel. Práce se také detailněji zabývá prostředím interiéru vozidla, tedy celkovým mikroklimatem, elektro-iontovým mikroklimatem, hodnocením kvality a čistoty daného mikroklimatu vozidla, systémy kontroly kvality vzduchu a bezpečností jízdy v souvislosti s iontovým mikroklimatem. Závěrem rešeršní části je ucelený přehled konceptů ionizace ve vozidlech. Praktická část práce se zabývá měřením koncentrace vzdušných iontů v interiéru vozidla za použití několika konceptů ionizace. Z výsledků je patrná závislost koncentrace negativních vzdušných iontů na umístění ionizátoru v proudu vzduchu (distribuce částic), stupni ventilátoru a elementech usměřujících proud ionizovaného vzduchu. Na základě analýzy výsledků měření byla sestavena kritéria pro hodnocení jednotlivých konceptů v závislosti na nastavení klimatizace, režimu měření, stupni ventilátoru a parametrů daných konceptů ionizace včetně jejich umístění. Dle výsledků byl vybrán nejvhodnější koncept z hlediska distribuce iontů a bylo stanoveno obecně ideální umístění ionizátoru.

Klíčová slova: iont, koncepty ionizace, koncentrace ionizovaných částic, záporné vzdušné ionty, interiér vozu, klimatizační systém, distribuce částic v interiéru, komfort, bezpečnost provozu, kvalita vzduchu

Ionization concepts and their use in vehicle interior

Annotation

The thesis deals with the problem of changes in the ionic microclimate parameters of vehicle interiors. Specifically, it deals with the changes in the concentration of ionized particles in the vehicle cabin depending on the setting of the air conditioning mode, the fan intensity setting, the location of the ion generator itself and other environmental factors. The review part of the thesis focuses on the general definition of ionized particles, the history of electrically charged particles and the occurrence of airborne ions in the atmosphere. It also focuses on the physical nature of the formation and disappearance of air ions, types of air ions, sources of ionization energy, and factors affecting the concentration of ions in atmospheric air. The effect of air ions on the human body and the specific effects caused by changes in the natural concentration of ionized particles in the air are addressed. It also describes the use of artificial ionisation of air and the types of equipment used for this purpose. Recommendations for the use of air ionisation in indoor areas of buildings are given, which can be adopted for the use of ionisation in vehicle interiors. The paper also looks in more detail at the vehicle interior environment, i.e. the overall microclimate, the electro-ionic microclimate, the assessment of the quality and purity of a given vehicle microclimate, air quality control systems and driving safety in relation to the ionic microclimate. The research section concludes with a comprehensive overview of ionisation concepts in vehicles. The practical part of the thesis deals with the measurement of air ion concentrations in the vehicle interior using several ionization concepts. The results show the dependence of the concentration of negative air ions on the location of the ionizer in the air stream (particle distribution), the fan stage and the elements directing the ionized air stream. On the basis of the analysis of the measurement results, criteria for the evaluation of the individual concepts depending on the air conditioning settings, the measurement mode, the fan stage and the parameters of the ionization concepts including their location were established. According to the results, the most suitable concept in terms of ion distribution was selected and the generally ideal ionizer location was determined.

Keywords: ion, ionization concepts, concentration of ionized particles, negative air ions, car interior, air-conditioning system, distribution of particles in the interior, comfort, safety, air quality

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíl práce	2
3.	Metodika práce	3
4.	Přehled řešené problematiky	4
4.1	Vzdušné ionty	4
4.1.1	Historie výzkumu elektricky nabitých částic ve vzduchu	5
4.1.2	Plynný obal Země	6
4.1.3	Vertikální členění atmosféry	6
4.1.4	Ionosféra	8
4.1.5	Mechanismus vzniku a zániku iontů	8
4.1.6	Dělení iontů	10
4.1.7	Poměr kladných a záporných iontů	11
4.1.8	Zdroje ionizační energie	11
4.1.9	Činitelé ovlivňující koncentraci iontů	16
4.2	Vliv vzdušných iontů na lidský organismus	22
4.2.1	Účinky vyvolané působením negativních iontů na lidský organismus	25
4.3	Využití umělé ionizace vzduchu	27
4.3.1	Druhy ionizátorů	27
4.3.2	Doporučení pro vhodné používání ionizátoru a udržení iontového mikroklimatu	30
4.4	Prostředí interiéru vozidla	32
4.4.1	Mikroklima interiéru vozidel	32
4.4.2	Elektro-iontové mikroklima v interiéru vozidel	32
4.4.3	Hodnocení kvality a čistoty mikroklimatu	33
4.4.4	Systémy kontroly kvality vzduchu ve vozidlech	38
4.4.5	Bezpečnost jízdy v souvislosti s iontovým mikroklimatem interiéru vozidla	38
4.4.6	Koncepty ionizace ve vozidlech	39

5.	Vlastní řešení	42
5.1	Popis parametrů měření	42
5.1.1	Posádka vozidla	42
5.1.2	Vozidla použitá k měření	43
5.1.3	Režim měření	43
5.1.4	Nastavení polohy ofukovačů a režimu klimatizace	44
5.2	Měření koncentrace vzdušných iontů pomocí přístrojů	46
5.2.1	Použité měřicí přístroje	46
5.2.2	Pozice a orientace měřicího přístroje Holbach	47
5.2.3	Použitá klimatizační jednotka	49
5.2.4	Použité ionizátory a jejich umístění ve voze	50
5.2.5	Příprava měření	58
5.2.6	Počáteční podmínky měření	59
5.2.7	Zpracování naměřených dat	59
5.2.8	Vizualizace topologie systému klimatizace vozidla Škoda Enyaq iV	60
6.	Zhodnocení výsledků	61
6.1	Stanovení báze měření	61
6.2	Hodnocení měřených konceptů ionizace	66
6.3	Umístění ionizátorů v experimentálním uspořádání	75
6.4	Porovnání jednotlivých ionizátorů – měření koncentrací na jednotlivých místech pasažérů	77
6.5	Obecně ideální umístění ionizátoru v interiéru vozidla	79
7.	Závěr	81
	Seznam použitých zdrojů	83
	Seznam obrázků	86
	Seznam tabulek	87
	Seznam příloh	87
	Seznam zkratk	87
	Seznam veličin	88
	Přílohy	90

1. Úvod

Množství aerosolového znečištění atmosférického vzduchu se zejména v průmyslových oblastech a městech neustále zvyšuje. Vdechování této směsi mikroskopických pevných a kapalných částic rozptýlených ve vzduchu má za následek pocit diskomfortu přerůstající v respirační problémy až v onemocnění. Těmto negativním vlivům na lidský organismus je v uzavřených prostorech předcházeno použitím různých zařízení pro úpravu vzduchu (klimatizace, čistička vzduchu). Jedním ze současných trendů je úprava a zlepšení kvality vzduchu pomocí ionizace. Vědecky podložených účinků záporných vzdušných iontů na zdraví člověka a celkové zlepšení kvality mikroklimatu je využíváno také výrobci automobilů.

Koncepty ionizačních zařízení v automobilech se u jednotlivých výrobců vozidel liší. Avšak jejich společným cílem je vytvoření komfortního mikroklimatu pro pasažéry a s tím související snížení prašnosti a výskytu biogenních částic v interiéru vozidla za současného zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. Výsledný vliv na vytvoření komfortního mikroklimatu z pohledu zvýšení koncentrace záporných iontů má umístění samotného ionizátoru, nastavení klimatizace a ofukovačů, okolní materiály, parametry interiérového vzduchu a další faktory, jejichž působením je ovlivněna životnost záporných iontů a schopnost interiéru jejich kumulace.

Ve vozidlech se jedná o synergii klimatisačního a ionizačního systému vozidla. Vývoj obou těchto prvků by měl být současný a navzájem se doplňovat, a to z důvodu maximalizace užité hodnoty klimatisačního systému a opodstatnění využití ionizace a distribuce ionizovaných částic v objemu vzduchu interiéru vozidla.

Aktuálně je ionizace interiérového vzduchu implementována do vozidel luxusnějšího charakteru a je považována za prémiovou a nadstandardní výbavu.

Vzhledem k aktuálnosti tématu znečištěného ovzduší a jeho negativního vlivu na pasažéry vozidel se tato práce zabývá jedním z řešení zlepšení interiérového mikroklimatu, a to pomocí ionizace.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je analýza stávajících konceptů ionizace, které se využívají v interiéru vozidel. Praktická část práce se bude zabývat měřením distribuce iontů v interiéru vozidla při zvolení různých zdrojů ionizace a při nastavení různých režimů proudění vzduchu. Závěrem budou zhodnoceny a vybrány nejvhodnější koncepty z hlediska distribuce iontů. Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat jednotlivé principy a základní funkce ionizátorů a ionizace jako takové,
- zhodnotit zdroje ionizace,
- porovnat dostupné koncepty ionizace v koncernu Volkswagen,
- obecně definovat doporučení pro ideální umístění zdroje záporných iontů,
- vybrat nejvhodnější koncept z hlediska distribuce iontů,
- vytvořit virtuální model vozidla Škoda Enyaq iV pro vizualizaci klimatizační jednotky s ionizátorem

3. Metodika práce

První část práce, tedy přehled řešené problematiky, vychází z analýzy odborné literatury, která se zabývá fyzikální podstatou ionizovaných částic, vznikem iontů, přirozenými a umělými zdroji vzdušných iontů a činiteli ovlivňujícími jejich koncentraci v ovzduší. V této části práce bude také podrobněji popsán vliv ionizovaných částic na lidský organismus a konkrétní koncepty využívané v automobilech s ohledem na komfort a bezpečnost provozu. Seznam odborné literatury, ze které bylo čerpáno, bude uveden v seznamu použitých zdrojů.

Druhá část je zaměřena na vlastní řešení práce a bude založena na výběru různých variant umístění odlišných konceptů ionizace a následné měření distribuce a změn koncentrace ionizovaných částic v interiéru vozidel. V této části budou popsány režimy měření a jejich parametry. Přesněji tedy osádka vozidla, vozidla použitá k měření, poloha ofukovačů a nastavení klimatizace. Popsány budou také jednotlivé koncepty ionizace a měřící aparatura včetně umístění a orientace daných přístrojů. Budou definovány a popsány výchozí podmínky a postupy, za kterých budou všechna měření uskutečněna. Bude zde popsán proces zpracování naměřených dat a proces tvorby virtuálního modelu vozidla Škoda Enyaq iV, použitého k vizualizaci klimatizačního systému. Pomocí grafického vyhodnocení budou porovnány a hodnoceny jednotlivé koncepty ionizace a jejich umístění. Na základě výsledků bude obecně definováno doporučení pro ideální umístění zdroje záporných iontů. Metodika bude podrobněji popsána v praktické části (kapitola *Vlastní řešení*).

4. Přehled řešené problematiky

Teoretická část práce se zabývá rešerší využití ionizace vzduchu v interiéru vozidla za cílem zlepšení kvality vzduchu a komfortu posádky. Přehled této problematiky je zaměřen na vzdušné ionty, mechanismy jejich vzniku, faktory ovlivňující přítomnost iontů, vliv iontů na člověka, požadované parametry mikroklimatu interiéru vozidla a koncepční využití ionizace vzduchu v automobilovém průmyslu.

4.1 Vzdušné ionty

V atmosférickém vzduchu jsou kromě neutrálních molekul atmosférických plynů přítomny také monopolární molekuly (ionty), tedy kladně nebo záporně elektricky nabitě částice. Přítomnost těchto volně pohybujících se částic v ovzduší způsobuje nezanedbatelnou elektrickou vodivost vzduchu. Poměr mezi koncentrací kladně a záporně nabitými vzdušnými ionty se neustále mění. Hlavními přirozenými zdroji ionizační energie, která iniciuje vznik iontů, je elektromagnetické záření (kosmické a sluneční) a radioaktivní záření radionuklidů obsažených v zemské kůře. (1) (2) (3) (4)

Z objemového zastoupení prvků v atmosféře, popsaného v kapitole *Plynný obal Země*, vychází výskyt vzdušných iontů. Kladné ionty se v atmosféře nejčastěji vyskytují v podobě iontů dusíku. V případě iontů záporných se jedná o ionty kyslíku. Negativní vzdušné ionty jsou zejména na bázi iontů O_2^- jako například HCO_3^- , NO_3^- , CO_3^- , NO_2^- , OH^- , jejichž reakce s molekulami vody tvoří negativní iontové shluky, jako například $O_3^-(H_2O)_n$ a $O^-(H_2O)_n$. (1) (5) (6)

4.1.1 Historie výzkumu elektricky nabitých částic ve vzduchu

Jedna z prvních zmínek o elektricky nabitých částicích a elektrických jevech pochází ze 6. století od řeckého filozofa Thaléta z Milétu, který pozoroval projevy přitažlivých a odpudivých sil vznikajících třením jantaru. Přibližně o 2000 let později (v 16. století) provedl pokusy na podobném principu renesanční badatel William Gilbert, který tyto jevy nazval jako elektrické jevy podle řeckého slova elektron (řecky jantar). (7) (8)

Kolem roku 1830 popsal Michael Faraday elektricky nabitě částice, které putovaly dle polarity k záporně či kladně nabitě elektrodě, což můžeme považovat za první teorii o existenci a chování iontů. Na přelomu 19. a 20. století byla několika fyziky zjištěna skutečnost, že právě elektricky nabitě částice v atmosférickém vzduchu (vzdušné ionty) způsobují samovolné vybíjení nabitého elektroskopu jako indikátoru přítomnosti elektrického náboje. (9) (10)

Počátkem 20. století se řada vědců věnovala analýze vzdušných iontů a jejich rozdělení dle hmotnosti, velikosti a pohyblivosti. Fyzikální a chemické vlastnosti vzdušných iontů měnící se v závislosti na kosmickém záření a radioaktivitě zemského povrchu byly měřeny na různých místech a v různých výškách od zemského povrchu, k čemuž bylo využito lodí, horkovzdušných balónů, vzducholodí a letadel Letectva Armády Spojených států. Mezi nejvýznamnější vědce tohoto období patří H. Israël, J.J. Nolan, P.J. Nolan a František Běhounek. (11) (12) (13)

V období mezi 50. a 70. lety 20. století byly dosavadní přístroje pro měření i pro generování vzdušných iontů značně zdokonalovány a zejména zmenšovány. Zájem o výzkum elektricky nabitých částic v atmosféře se stal celosvětovým trendem, a proto vznikaly specializované výzkumné ústavy zaměřené na ionizované prostředí. Výzkum se přesunul do oblastí lehkých negativních iontů a jejich účinků na lidský organismus, výkonnost a pobyt v uzavřených prostorech. Vzhledem k potvrzení blahodárných účinků nejen na člověka, ale také na rostliny a zvířata, byly již v 70. letech vyráběny bytové ionizátory. Jejich cílem bylo zvýšení koncentrace lehkých záporných iontů v interiérovém vzduchu. Od 70.let do současnosti je kladen důraz na přítomnost lehkých záporných iontů v uzavřených prostorech (bytových prostorech, kancelářích, interiérech vozidel). Tomuto tématu se věnovali MUDr. A. Lajčiková, M. Jokl a Z. Spurný. (1) (5) (12) (13) (14) (15)

V dnešní době je ionizace vzduchu využívána různými způsoby např. pro léčebné procesy, k čištění a dezinfekci vzduchu i povrchů, vytvoření komfortního prostředí v interiéru automobilů.

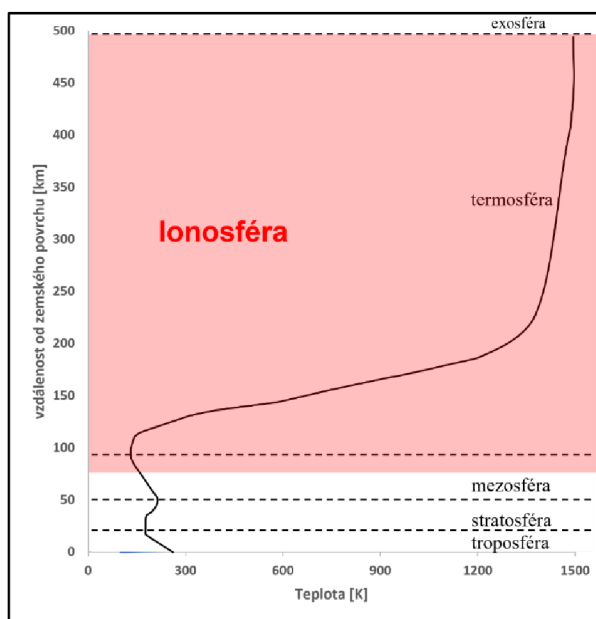
4.1.2 Plynný obal Země

Atmosféra, jakožto plynný obal Země, je složena z dusíku (78 obj. %), kyslíku (21 obj. %) a dalších prvků a sloučenin do 1 obj. % (oxid uhličitý, ozon, argon, neon, helium, vodík, metan, oxid siřičitý atd.). Přítomnost atmosféry je nezbytná pro existenci živých organismů, rostlin a bakterií na Zemi. Kyslík je živými organismy spotřebováván k dýchání a zpět do atmosféry je organismy dodáván jako vedlejší produkt fotosyntézy. Dusík, přítomný v atmosféře zejména kvůli vulkanické činnosti, je inertním plynem, který se nepodílí téměř na žádných látkových změnách a dějích pohlcování energie. Některé prvky a sloučeniny mezi sebou reagují, ale některé zůstávají netečné (např. neon). Všechny přítomné plyny společně se vzdušnou vlhkostí, větrným prouděním a teplotou tvoří v atmosféře prostředí ideální pro vznik a výskyt živých organismů. (16) (17)

4.1.3 Vertikální členění atmosféry

Atmosféru lze vertikálně rozdělit dle následujících kritérií: povaha fyzikálně chemických procesů, průběh teploty vzduchu s rostoucí výškou, charakter kinetických procesů a chemické složení. Nejčastěji je využíváno dělení dle závislosti změny teploty vzduchu na nadmořské výšce, kdy s přibývajícím nadmořskou výškou dochází nejen k poklesu tlaku a řidnutí vzduchu, ale také k fyzikálním a chemickým změnám atmosférického vzduchu. Dle závislosti změny teploty na výšce je atmosféra vertikálně členěna následovně: troposféra, stratosféra, mezoféra, termosféra, exosféra (viz obrázek 1). (17) (18)

Obrázek 1: Vertikální členění atmosféry Země s vyobrazeným teplotním profilem



Zdroj: Vlastní zpracování dle (19)

Troposféra je spodní vrstvou atmosféry přiléhající přímo k povrchu Země a místy dosahující výšky až 18 km. Přibližně 75 % hmotnosti atmosféry je soustředěno právě v oblasti troposférické vrstvy. Pokles vzdušné teploty se v závislosti na narůstající výšce pohybuje průměrně okolo 0,65 °C na 100 m, což je značně ovlivněno zemským povrchem a zeměpisnou šířkou v bodě měření. Taktéž se jedná o oblast s intenzivním vzdušným prouděním a obsahem většiny atmosférické vody. Na troposféru plynule navazuje stratosféra, vyskytující se ve výšce 18-55 km nad zemským povrchem. Spodní část stratosféry se vyznačuje až izotermickým charakterem, ale od 25 km výšky dochází s výškou k nárůstu teploty z důvodu zachytu a pohlcení UV záření molekulami ozónu. Samotný ozón (tříatomový kyslík – O₃) je v této vrstvě nepostradatelnou složkou, zejména z důvodu ochrany živých organismů před negativním působením UV záření na jejich zdraví. Další navazující vrstvou ve výšce 50-85 km je mezosféra. Teplota se v této vrstvě pohybuje až okolo -95 °C. Ve výškách nad 60 km dochází v mezosféře k ionizaci neutrálních molekul a atomů z důvodu zachytu ultrafialového, rentgenového slunečního a kosmického záření. Tuto vrstvu s vysokým obsahem iontů nazýváme ionosféra. K ionizaci dochází taktéž v předposlední vrstvě atmosféry, kterou nazýváme termosféra. V termosféře dochází k absorpci většiny slunečního a kosmického záření, následkem čehož zde teploty dosahují okolo 1500 °C. Každá z výše uvedených vrstev přechází do další vrstvy pozvolnými mezivrstvami: tropopauza, stratopauza, mezopauza, termopauza. (17) (18) (20)

Exosféra je poslední a nejvzdálenější vrstvou od zemského povrchu, kde dochází k výměně plynů mezi atmosférou a meziplanetárním prostorem. Tato vrstva se nachází ve vzdálenosti 450 km od povrchu Země a její horní hranice se vzhledem k plynulému přechodu na vesmírný prostor většinou neudává. (18) (21)

4.1.4 Ionosféra

Prostředí ionosféry, tedy oblast mezoféry a termosféry (viz obrázek 1), je charakteristické vznikem a přítomností velké koncentrace iontů. Vznik iontů v této oblasti je podmíněn slunečním zářením všech vlnových délek. Hustota ionosféry (koncentrace iontů) se mění s intenzitou slunečního záření, která úzce souvisí se vzdáleností od zemského povrchu, atmosférickým tlakem, směrem větru, ročním obdobím a s denní a noční dobou. Ionosféra, jakožto elektricky vodivá vrstva vzduchu, má pozitivní i negativní vliv na vysokofrekvenční radiovou komunikaci. (20) (22)

4.1.5 Mechanismus vzniku a zániku iontů

Děj charakteristický neustálým vznikem iontů je nazýván ionizace. Jak již bylo zmíněno výše, intenzita ionizace a z ní vyplývající koncentrace iontů ve vzduchu je v závislosti na nadmořské výšce, geologické struktuře Země, zeměpisné šířce a dalších faktorech rozdílná. Z důvodu neustálé a všudypřítomné ionizace vzduchu není možné na zemském povrchu najít zcela elektricky neutrální místo. (5) (3) (4)

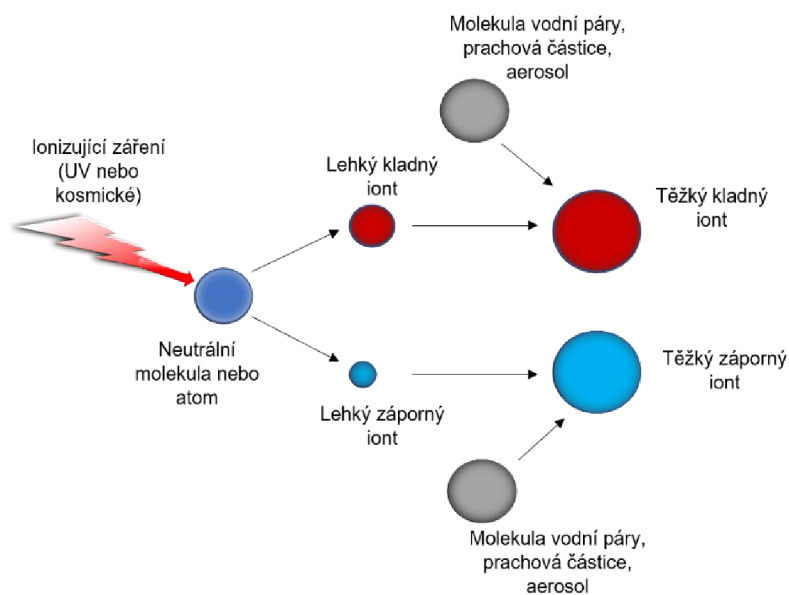
Vznik iontů

Atomy všech prvků se skládají z atomového jádra a atomového obalu. Jádro je tvořeno neutrony a protony. Obal je tvořen elektrony, které se pohybují v rámci daných drah a energetických hladin. Přirozeně se molekuly vzduchu vyskytují jako neutrálně nabitě částice. Elektrická neutralita částice vychází z rovnosti množství elektronů e^- a protonů p^+ . Číselné hodnoty nábojů se liší pouze opačným znaménkem (polaritou), tedy u elektronu $1 e^- = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ a u protonu $1 p^+ = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Ionty jsou atomy, v jejichž valenční vrstvě byl elektron odtržen nebo naopak přijat. Ke vzniku iontů dochází dodáním ionizační energie, která iniciuje proces vytržení elektronu z valenční vrstvy atomu. Ionizační energie, udávaná v elektronvoltech (eV), vyjadřuje, jakou silou jsou elektrony k atomu poutány. V případě pozitivních iontů dochází dodáním ionizační energie k odtržení jednoho nebo více valenčních elektronů z neutrální molekuly. Vznikají dvě nabitě částice: kladný iont (převládne kladná polarita jádra atomu) a volný odtržený elektron. Volný elektron není schopen existence po delší dobu ve stavu, kdy není vázán. Negativní ionty vznikají připojením volného elektronu do valenční vrstvy neutrálního atomu. Celý proces vzniku iontů, zobrazený na obrázku 2, probíhá velmi rychle, udává se čas vzniku 10^{-6} s . (1) (21) (2) (4) (23)

Sled fází vzniku iontů:

- vytržení elektronu z valenční vrstvy atomu dodáním ionizační energie a následný vznik kladného náboje částice
- navázání volného elektronu na neutrální atom (vznik záporně nabitě částice)
- vytvoření lehkého vzdušného iontu shlukem 10-30 plynných částic o stejném elektrickém náboji (3)

Obrázek 2: Schéma vzniku ionizovaných částic



Zdroj: Vlastní zpracování dle (24)

Zánik iontů

Rekombinace je pojem, kterým je označován zánik nabitých částic formou sloučení opačně nabitých částic v částici elektroneutrální. Rozlišujeme dva druhy rekombinace: elektron-iontová a iont-iontová. V případě elektron-iontové rekombinace se jedná o sloučení částice s kladným nábojem a volného elektronu. Při iont-iontové rekombinaci dochází ke sloučení iontů s opačnými elektrickými náboji. Rychlost a míra rekombinace iontů v ovzduší úzce souvisí s parametry vzduchu jako jsou: teplota, tlak, vzdušná vlhkost a přítomnost částic (ve formě prachu, kouře). V uzavřených prostorech jako je interiér vozidla je rekombinace ovlivněna nejen parametry vzduchu, ale také použitými materiály a elektronikou vyskytující se v interiéru. (3) (4) (25)

4.1.6 Dělení iontů

Vzdušné ionty jsou děleny do dvou základních kategorií, a to dle jejich polarit a podle hmotnosti. Dle polarit rozlišujeme ionty kladné a záporné. Hlavními představiteli kladných iontů v atmosféře je dusíkový iont a v případě záporných iontů se jedná o iont kyslíku nebo záporně nabitě částice vodní páry (viz. výše). Ionty vzniklé procesem ionizace jsou nestabilní molekuly, které se shlukují a reagují s okolními molekulami. Shlukováním molekul se celková hmotnost molekuly zvětšuje a tím se i snižuje jejich pohyblivost. Seskupení lehkých iontů o přibližně 10-30 molekulách je poměrně stabilní. Může docházet k vytvoření vazby se vzdušnými aerosoly. Navázáním lehkých iontů s aerosoly vznikají středně velké a Langevinovy ionty. Dělení iontů dle hmotnosti a atomového poloměru je rozdílné dle autora, nejčastěji jsou však ionty děleny viz. tabulka 1 a tabulka 2, kde jsou zobrazeny klasifikace iontů dle H. Israëla a U. Hõrraka v závislosti na velikosti, pohyblivosti a atomového poloměru iontů. (3) (24) (26) (11)

Tabulka 1 : Klasifikace iontů dle H. Israëla

<i>Druh iontu</i>	<i>k [cm².V⁻¹.s⁻¹]</i>	<i>d [nm]</i>
<i>Lehké</i>	<i>k ≥ 1,0</i>	<i>1,32 ≥ d</i>
<i>Malé střední</i>	<i>1,0 > k ≥ 0,01</i>	<i>1,32 < d ≤ 15,6</i>
<i>Střední</i>	<i>0,01 > k ≥ 0,001</i>	<i>15,6 < d ≤ 50,0</i>
<i>Langevinovy</i>	<i>0,001 > k ≥ 0,0025</i>	<i>50,0 < d ≤ 114</i>
<i>Těžké a ultra těžké</i>	<i>0,00025 > k</i>	<i>d > 114</i>

Zdroj: H. Israëil - Atmosphärische Elektrizität (11)

Tabulka 2 : Klasifikace iontů dle U. Hõrraka

<i>Druh iontu</i>		<i>k [cm².V⁻¹.s⁻¹]</i>	<i>d [nm]</i>
<i>Shluky iontů</i>	<i>Malé seskupení iontů</i>	<i>3,20 > k ≥ 1,28</i>	<i>0,36 < d ≤ 0,85</i>
	<i>Velké seskupení iontů</i>	<i>1,28 > k ≥ 0,50</i>	<i>0,85 < d ≤ 1,60</i>
<i>Aerosolové ionty</i>	<i>Střední ionty</i>	<i>0,500 > k ≥ 0,074</i>	<i>1,60 < d ≤ 4,80</i>
	<i>Lehké velké ionty</i>	<i>0,0740 > k ≥ 0,0042</i>	<i>4,80 < d ≤ 22,0</i>
	<i>Těžké velké ionty</i>	<i>0,00420 > k ≥ 0,00041</i>	<i>22,0 < d ≤ 79,0</i>

Zdroj: U. Hõrrak – Clasification of air ions (26)

Dělení iontů podle hmotnosti:

- **Lehké ionty** jsou vysoce pohyblivé shluky 10-30 molekul s životností v řádu jednotek sekund. Právě lehké ionty jsou z biologického hlediska nejvýznamnější.
- **Střední ionty** jsou tvořeny shluky až stovek molekul existenčně závislých na vzdušné vlhkosti s životností v řádu desítek minut až hodin.
- **Těžké ionty** a **Langevinovy ionty** jsou tvořeny shluky tisíců molekul a jsou velmi málo pohyblivé. Zánik spojený s rychlostí pohybu a sedimentací těžkých iontů závisí na hmotnosti tzv. „kondenzačního jádra“, které je tvořeno částicemi kouře, prachu nebo dýmu. (11) (3)

4.1.7 Poměr kladných a záporných iontů

Přirozeně jsou vznikající a již obsažené vzdušné ionty v atmosféře přibližně ve stejném množstevním poměru (stejný počet kladných i záporných iontů), ale ve specifických podmínkách se jejich poměr může výrazně lišit. Poměr kladných iontů ku záporným je označován jako koeficient unipolarity. Tento koeficient lze zároveň použít jako ukazatel čistoty vzduchu. Koeficient unipolarity nabývá v přirozeném prostředí hodnot větších než 1,0. Ve znečištěném prostředí, jako jsou průmyslové areály a okolí pozemních komunikací s vysokým vytižením, dosahují hodnoty koeficientu unipolarity přibližně od 2,0 do 6,0. Hodnoty pod 1,0 jsou dosahovány pouze v prostředí, které je cíleně obohacováno o záporné vzdušné ionty pomocí generátorů iontů (ionizátorů). Samotný poměr kladných a záporných iontů je ovlivňován velikostí ionizovaných částic, jejich rychlostí, zdroji ionizace a stavem daného prostředí (znečištění, teplota, tlak, vlhkost). (9) (27)

4.1.8 Zdroje ionizační energie

Ionizační energie, která je nezbytná pro iniciaci procesu vzniku a samotný vznik iontu, má několik zdrojů. Zdroje ionizační energie dělíme na přirozené a umělé. Hlavním přirozeným zdrojem ionizační energie je elektromagnetické záření, tedy kosmické záření a ultrafialové sluneční záření. Podstatným zdrojem je taktéž přirozené α , β a γ záření radionuklidů (uran, radium, thorium) v zemské kůře. Tyto dva zdroje záření se na ionizaci podílejí dle MUDr. Lajčíkové až z 95 %. Mezi přírodní zdroje ionizační energie patří taktéž elektrostatické pole Země, Lenardův efekt, Rogerův efekt, korónové výboje, víření písku a další elektricko-chemické procesy. Uměle lze přítomnost iontů ve vzduchu ovlivnit uměle

vytvořeným korónovým výbojem (ionizátor), používáním spalovacích motorů a přítomností elektroniky a přístrojů pod elektrickým napětím. (1) (4) (3) (24)

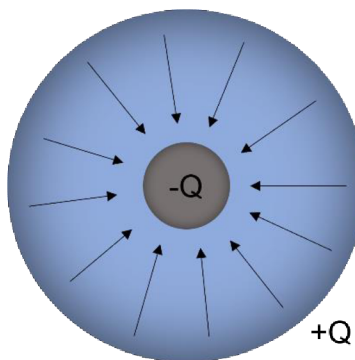
4.1.8.1 Přírodní zdroje

V této kapitole jsou popsány přírodní zdroje ionizační energie, tedy zdroje ionizovaných částic.

Elektrické pole Země

Elektrické pole Země má zásadní vliv na vznik a zánik atmosférických vzdušných iontů. Vodivost vzduchu exponenciálně stoupá s nadmořskou výškou. Intenzita elektrického pole je úzce spjata se zeměpisnou šířkou místa měření, kdy intenzita směrem od rovníku k polárním oblastem narůstá. Elektrické pole mezi ionosférou a povrchem Země má potenciální spád 400 000 V. Vezmeme-li v úvahu, že horní části ionosféry se nachází v 500 km, tak průměrný potenciální spád odpovídá 8 V/m. K přirozenému vzniku lehkých iontů dochází právě mezi povrchem Země a ionosférou, nejčastěji ve formě odtržení elektronu z valenční sféry atomu dusíku. Vzniklé pozitivní ionty jsou přitahovány k zemskému povrchu a tam neutralizovány. Naopak záporné ionty jsou vypuzovány do ionosféry. Pro zjednodušení celého procesu je možné považovat Zemi jako kulový kondenzátor (viz obrázek 3), kde vnitřní elektrodou je zemský povrch se záporným nábojem $-Q$, vnější vrstvu tvoří vrstva vzduchu s kladným nábojem $+Q$ (ionosféra) a špatně vodivý vzduch s charakterem dielektrika. Proces vzniku lehkých iontů tímto přirozeným způsobem probíhá v řádu několika sekund. (24) (28) (29)

Obrázek 3: Zjednodušené zobrazení Země ve formě kulového kondenzátoru



Zdroj: vlastní zpracování

Kosmické a radioaktivní záření

Zemská kůra, jejíž rozmanitá skladba obsahuje i radioaktivní prvky jako je uran, thorium a radium, představuje zásadní zdroj ionizační energie. Rozpadem jader těchto radionuklidů dochází k emisi α , β a γ záření, jejichž působení dlouhodobější působení může být pro živé organismy nebezpečné, ale zároveň jsou zdrojem ionizační energie pro odtržení elektronu z valenční sféry neutrální molekuly. Produktem rozpadu radia a uranu je nereaktivní plyn radon, který se může vyskytovat například ve stavebních materiálech, což pro člověka nepředstavuje nijak výraznou radiační zátěž. Pod pojem kosmické záření si lze představit sluneční záření a případně i protony a jádra hélia šířící se vesmírem po explozi supernov. Kosmické a radioaktivní záření jsou podstatnými zdroji ionizační energie jak v pevninské, tak i v oceánské oblasti. Ionizace dodáním ionizační energie ve formě kosmického a radioaktivního záření představuje až 20 % z celkové ionizace v atmosféře. K ionizaci dochází na zemském povrchu v koncentraci přibližně 500 iontů na cm^3 a v oblastech vzdálených od pevniny, tedy nad oceánem přibližně 1000 iontů na cm^3 . (1) (21) (6)

UV záření

Přírodním zdrojem ultrafialového (UV) záření je Slunce. Ultrafialové záření, přicházející do kontaktu s atmosférou Země, se skládá ze všech tří pásem (α , β a γ). K zachytu UV záření a následné ionizaci dochází ve vyšších vrstvách atmosféry, odkud záporně nabitě ionizované částice s malou rychlostí proudí směrem k zemskému povrchu. Dávka UV záření v nižších vrstvách atmosféry je z důvodu zachytu např. ozónovou vrstvou poměrně nízká, proto tento zdroj ionizační energie není považován za významný. (6) (24)

Lenardův efekt

Ionizaci vzduchu vyvolanou tříštěním vodních kapek poprvé popsal Phillip Lenard. Jeho objevy v oblasti této problematiky byly roku 1905 oceněny Nobelovou cenou. Ke vzniku iontů dochází rozprašováním vody do okolního vzduchu, tedy při prudkém nárazu vody na pevný povrch nebo při úniku a praskání bublin plynu na vodní hladině. Jedná se tedy o lokální zvýšení koncentrace iontů v ovzduší. Záporné ionty vznikají odtržením molekuly vody od vodní masy, tedy při jejím tříštění. Odtržením kapek o větších rozměrech nebo celé masy vody vznikají ionty s nábojem kladným. Výrazné rozdíly v množství vznikajících negativních iontů jsou dány přítomností částic rozpuštěných ve vodě. Nejvíce negativních iontů vzniká tříštěním destilované vody, až o 4/5 méně u vody vodovodní a u

minerálních vod je vznik iontů minimální. Množství vzniklých ionizovaných částic závisí na teplotě vody a vzduchu, čistotě vody a rychlosti vzduchu střeávajícího se s kapalinou. Při tomto procesu nedochází ke vzniku vedlejších nežádoucích produktů jako je ozón nebo oxidy dusíku. Běžně se s tímto procesem vzniku ionizovaných částic můžeme setkat u vodopádů, vlnobití, intenzivního odkapávání vody z krasových útvarů v jeskyních a v případě měst u fontán. (6) (24) (30)

Rogerův efekt

Vznik iontů v atmosférickém vzduchu zapříčiněný intenzivním vířením prachu, písku nebo mikroskopických krystalů ledu ve vzduchu je nazýván Rogerův efekt. K iniciaci vzniku iontů a dodání ionizační energie dochází třením pevných částic malých rozměrů o vzduch. Jedná se tedy o mechanickou ionizaci vzduchu, stejně jako je tomu v případě Lenardova efektu. (2)

Korónový výboj

Výboj s názvem koróna je klasifikován jako samostatný trsovitý výboj, vznikající v nehomogenním elektrickém poli v blízkosti prvků (hroty, dráty) s vysokým potenciálem. Nárůstem napětí na dvou elektrodách dochází k lavinové ionizaci, jejíž příčinou narůstá potenciální spád mezi elektrodami a následně prochází vzduchem ionizační proud. V atmosféře Země se elektrické pole neustále mění v závislosti na místních podmínkách, jako jsou např. mlha, déšť, bouřky, geografická poloha. Při dosažení velkých rozdílů mezi jednotlivými elektrickými poli dochází i v přírodě ke vzniku korónového výboje a s ním spojené ionizaci vzduchu. Specifickým a pro člověka nejlépe zaznamenanatelným procesem vzniku iontů v ovzduší tímto způsobem je bouřka, při které vzniká vysoké napětí a následně korónový výboj doprovázený vznikem velkého množství záporných iontů. Vyšší koncentraci záporných iontů ve vzduchu po bouřce vnímáme jako čerstvý a osvěžující vzduch. Účinky záporných iontů a pocity vyvolané jejich zvýšenou koncentrací budou popsány v kapitole *Vliv vzdušných iontů na lidský organismus*. (6) (28) (31)

4.1.8.2 Umělé zdroje

V této kapitole jsou popsány umělé zdroje ionizační energie, tedy cíleně vytvořené zdroje ionizovaných částic.

Účelově vytvořený korónový výboj

Korónový výboj, který je vytvořen uměle, je využíván k záměrné ionizaci vzduchu. Nejčastější využití je právě v domácích, průmyslových nebo osobních ionizátorech, jejichž cílem je vytvoření co nejvyšší koncentrace záporných iontů. Princip vytvoření umělého korónového výboje je identický jako v případě přírodou vytvořeného výboje popsaného v kapitole *Korónový výboj*.

Elektrické prvky pod vysokým napětím

Významnost vzniku ionizovaných částic u prvků pod vysokým napětím byla poprvé ověřena výzkumy v druhé polovině 20. století. Přítomnost velké koncentrace malých ionizovaných částic byla zjištěna v blízkosti vedení vysokého napětí a distribučních transformačních stanic. Vzhledem k unipolárnímu charakteru těchto dvou zdrojů jsou generovány zejména ionty kladné, jejichž koncentrace může lokálně převyšovat běžně měřitelné koncentrace kladných iontů ve městech a průmyslových lokalitách. Měření jsou prováděna v bezprostřední blízkosti objektů pod vysokým napětím a po větru ve vzdálenostech okolo 200 m. Vznik iontů tímto způsobem je principiálně založen na korónovém výboji. (32) (33)

Spalovací motory

Procesy, probíhající ve spalovacích motorech, jsou založeny na přeměně chemické energie na energii mechanickou a tepelnou. V případě spalovacích motorů vozidel dosahují teploty při hoření paliva až 2200 °C (vznětové motory), což pro celý agregát a prvky s ním spojené znamená velké tepelné namáhání související s termo-chemickými a elektrochemickými reakcemi. Jak bylo zmíněno v kapitole *Zdroje ionizační energie*, ionizované částice vznikají také na horkých površích a při hoření, pro což jsou spalovací motory a výfukové ústrojí ideálním prostředím. Ionizované částice jsou součástí výfukových plynů. Vzhledem k bipolárnímu charakteru zdroje ionizace při spalování jsou generovány jak kladné, tak i záporné ionty. Dle měření uskutečněných v přímé blízkosti rychlostních silnic

byly naměřeny koncentrace, jejichž hodnoty ve vzdálenosti od 30 m od komunikace neovlivňují lokální ovzduší. (32) (34)

Fotoelektrický jev

Princip fotoelektrického jevu je založen na interakci elektromagnetického záření s pevnou látkou (Comptonův jev), kdy po dopadu na pevnou látku dojde ke změně vlnové délky a k předání části energie atomům nebo elektronům dané látky. V případě dopadu elektromagnetického záření na kovový povrch je z jeho atomů odštěpen valenční elektron, který se následně spojí s molekulami vody (vzdušné vlhkosti) a společně vytvoří záporný „vzdušný“ iont. Již roku 1964 byl sestaven a patentován ionizátor využívající dopad UV světla na elektricky vodivý materiál. Tento koncept je však schopen generovat vyšší koncentrace iontů pouze v omezeném intervalu vlnových délek. S použitím tohoto konceptu se můžeme setkat u domácích ionizátorů integrovaných do čističek vzduchu. (6) (35)

4.1.9 Činitelé ovlivňující koncentraci iontů

Koncentrace iontů v atmosférickém vzduchu je ovlivněna řadou činitelů, jejichž působení může tvořit ideální prostředí pro vznik a existenci iontů ve vzduchu nebo naopak podporovat zánik ionizovaných částic. Koncentrace iontů v ovzduší je závislá na zdrojích ionizační energie (viz kapitola *Zdroje ionizační energie*) a na fyzikálních vlastnostech molekul a atomů, ale také na aktuálním stavu atmosféry (tlak, teplota, povětrnostní podmínky, intenzita slunečního záření, vlhkost vzduchu). Hlavními antropogenními činiteli, které ovlivňují koncentraci vzdušných iontů, jsou materiály okolních povrchů a aerosolové znečištění vzduchu. (2) (28)

Parametry ionizovaných částic

Základním činitelem ovlivňujícím životnost, a tedy i koncentraci iontů v ovzduší, jsou vlastnosti samotných ionizovaných částic. Koncentrace iontů v daném prostředí závisí na atomovém poloměru, rychlosti a pohyblivosti částic a na koeficientu unipolarity. Vznik a zánik iontů úzce souvisí s lokálními parametry atmosférického vzduchu, tedy s prostředím výskytu ionizovaných částic. (36) (37)

Parametry atmosférického vzduchu

Relativní vzdušná vlhkost, teplota a atmosférický tlak, tvořící hlavní parametry atmosférického vzduchu, mají vliv nejen na živé organismy, ale také na fyzikálně – chemické děje probíhající mezi atomy a molekulami vzduchu. Skutečný vliv těchto parametrů na koncentraci iontů v ovzduší není dle odborníků ve všech případech zcela jasný a definovatelný. (37) (38)

Například tchajwanská studie, zaměřená na výzkum závislosti koncentrace negativních iontů na relativní vzdušné vlhkosti, podhaluje skutečnost poměrně malého a nekoherentního vlivu na obsah ionizovaných částic ve vzduchu. Avšak v porovnání s prostředím s nízkou relativní vlhkostí se ve vlhkém prostředí vyskytuje ionizovaných částic méně. (37) (38)

Vlivem teploty na koncentraci vzdušných iontů se zabývala monitorovací stanice v estonském městě Tartu. Z naměřených dat byla zjištěna závislost koncentrace vzdušných iontů na teplotě atmosférického vzduchu. Výsledky měření dokazují, že s rostoucí teplotou vzduchu roste vždy i koncentrace vzdušných iontů. (37)

Atmosférický tlak ovlivňuje pohyblivost iontů, a tudíž i rychlost a míru jejich rekombinace. Na změnu koncentrace iontů v ovzduší mají vliv především změny tlaku nežli hodnoty tlaku absolutního. Změna tlaku a s ním spojená i změna koncentrace ionizovaných částic v ovzduší může způsobovat meteosenzitivním jedincům zdravotní potíže. (3) (39)

Aktuální stav atmosféry

Počasí, tedy aktuální stav atmosféry, ovlivňuje změnou parametrů atmosférického vzduchu (teplota, vlhkost, tlak) koncentraci iontů, a to nejen ve vnějších prostorech, ale vzhledem k větrání i v interiéru vozidel a budov.

Koncentrace iontů je také závislá na stupni pokrytí oblohy oblaky, protože oblačnost představuje překážku pro prostup slunečního (UV) záření do nižších vrstev atmosféry a pro následný vznik iontů. Výskyt srážkových mraků a déšť doprovázený poklesem teploty a nárůstem vzdušné vlhkosti napomáhá k usazování prachových částic a tím ovlivňuje koncentraci iontů. Při výskytu bouřkových mraků a následných výbojů blesků je koncentrace záporných iontů v ovzduší několikanásobně vyšší než před bouřkou. Důvodem je vznik elektrického pole silným bleskovým výbojem. Hodnoty záporných iontů v ovzduší po bouřce mohou dosahovat až 50 000 iontů / cm³. (1)

Pohyb vzduchových hmot má také vliv na změnu koncentrace iontů. Dochází k promíchávání a proudění atmosférického vzduchu, a to na rozloze řádově několika jednotek až desítek kilometrů. Vítr, jehož proudění je vyvoláno rozdíly tlaku vzduchu a rotací Země, můžeme považovat za lokálního distributora prachových a ionizovaných částic. Vířením prachových částic a písku mohou za určitých podmínek vznikat ionty viz Rogerův efekt. (16) (2)

Aerosolové znečištění ovzduší

Atmosférický aerosol lze definovat jako soubor kapalných, tuhých a směsných částic rozptýlených ve vzduchu. Velikost těchto částic se pohybuje od 1 nm do 100 μm a nejčastěji se ve vzduchu objevují ve formě prachu, dýmu, kouře, mlhy nebo smogu. (40)

Velké množství aerosolu rozptýleného ve vzduchu značně zkracuje životnost a z ní vyplývající koncentraci vzdušných iontů, které se na částice aerosolu naváží a následně u zemského povrchu sedimentují nebo jsou neutralizovány. Samotný pokles částice a následná rekombinace a sedimentace jsou zapříčiněny navázáním lehkého záporného iontu na částici aerosolu. Vznikají střední a těžké ionty, které jsou vzhledem k vyšší hmotnosti gravitačně přitahovány k zemskému povrchu. (41) (42)

Interiér vozidel je znečištěn aerosoly zejména antropogenního původu. Nejčastěji obsahuje částice vytvořené lokálně posádkou (cigaretový kouř, části lidské kůže) a prachové částice z venkovního prostředí (prach, pyl, mikroorganismy, popílek). Například prašnost vnějšího prostředí a následný přenos částic do interiéru je ovlivněn deštěm, který celkovou prašnost prostředí zmenšuje a napomáhá usazení prachových částic. Prašnost uzavřeného prostoru lze také snížit zvýšením intenzity větrání, a to až o 20 %. Využití ionizace ovzduší za cílem snížení prašnosti a zlepšení kvality vzduchu v interiéru vozidel se věnuje kapitola *Využití umělé ionizace vzduchu*. (1) (5)

Poloha na zemském povrchu

Naměřené koncentrace iontů na rozdílných místech na Zemi mohou být odlišné. Tyto rozdíly v přirozených koncentracích iontů (bez umělé ionizace) obsažených ve vzduchu jsou dány rozdílným složením geologického podloží, nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou daného místa. Z podloží unikají k zemskému povrchu radionuklidy ve formě plynů, jejichž rozpadem doprovázeným radiací dochází k ionizaci (podrobněji v kapitole *Zdroje ionizační energie: Kosmické a radioaktivní záření*). (4)

Nadmořská výška a ovlivnění koncentrace iontů souvisí s intenzitou dopadajícího kosmického a slunečního záření. Ve vyšších částech atmosféry je eliminován vliv oblaků, tudíž je dodáno více ionizační energie a ionizované částice vznikají ve větším množství. (21) (4)

Fáze měsíce, roční období a denní doba

MUDr. Lajčíková a prof. Jokl ve svých publikacích uvádí proměnlivost koncentrace iontů v ovzduší v závislosti na denní době, fázi měsíce a ročním období. Maxima koncentrace záporných iontů lze naměřit kolem 6 h ranní, v období úplňku a v období místního léta. Minima koncentrace dosahují mezi 12 a 14 h a v období zimy. Znatelně zvýšené hodnoty koncentrace záporných iontů jsou měřitelné v čistém prostředí. V případě sledování koncentrací ve znečištěném prostředí jsou rozdíly koncentrací ve zmíněných obdobích oproti běžným hodnotám neznatelné. (1) (5)

Přítomnost elektrických zařízení

Elektrická zařízení vytvářejí kolem sebe elektrické pole. Toto elektrické pole nedosahuje velkých vzdáleností od zařízení, ale je dostatečně silné, aby přitahovalo negativní ionty. Nejčastěji se můžeme setkat se zánikem záporných iontů na povrchu obrazovek nejrůznějších přístrojů, kde je vysoká hodnota kladného anodového napětí. Záporné ionty jsou tedy při průchodu v blízkosti obrazovky přitahovány a následně na jejím povrchu rekombinují. Při dlouhodobém pobytu v prostředí s elektrickými zařízeními a displeji je možné pociťovat únavu a diskomfort, právě z důvodu nízké koncentrace záporných iontů. (1)

Druh a mohutnost zdroje záporných iontů

Množství emitovaných záporných iontů závisí na druhu a množství ionizační energie. V případě uměle vytvořeného korónového výboje je možné uspořádáním elektrod a změnou napětí měnit množství záporných iontů a s ním spojené emise ozónu. Při dodávání ionizační energie ve formě UV záření záleží na jeho intenzitě, tedy čím nižší intenzita UV záření, tím méně ionizovaných částic vzniká. (6) (24)

O mohutnosti zdroje záporných iontů můžeme hovořit u zařízení, jejichž cílem je účelné vytvoření velkého množství záporně nabitých iontů. Mohutnost zdroje můžeme považovat za jeden z hlavních parametrů při výběru ionizátoru. Tento parametr, tedy množství emitovaných částic na určitý objem vzduchu, je většinou výrobců uváděn v jednotkách částic na cm^3 . Čím větší je mohutnost zdroje záporných iontů, tím více je daný objem vzduchu ionty nasycen a pokud nedojde k jejich náhlé rekombinaci, tak poskytují požadovaný blahodárný efekt.

Materiály povrchů v přímém kontaktu s ionizovaným vzduchem

Materiály, s jimiž přicházíme do kontaktu v interiérech vozidel a v budovách, celkově ovlivňují elektro-iontové mikroklima daného uzavřeného prostoru. Fyzikální podstatou zániku záporných iontů na různých površích je elektrostatický náboj samotného materiálu a jeho schopnosti odolávat elektrickému poli (permitivita). Důležitou vlastností použitých materiálů je také poréznost a hrubost. Porézní a hrubé materiály více zachytávají negativní ionty, které na daném povrchu následně rekombinují. (1) (28)

Obecně nejprůznivějšími materiály pro zachování vyšších koncentrací záporných iontů v interiéru jsou materiály přírodní, tedy dřevo, kámen, vápenec, hlína atd. Některé interiérové prvky budov např. z vápence jsou schopny záporné ionty generovat a dočasně i kumulovat. Naopak materiály s chemickými aditivami a syntetické materiály jako je např. PVC záporně nabitě částice přitahují a ty následně rekombinují. Nepříznivé vlastnosti materiálů lze dodatečně zlepšit nebo zcela eliminovat antistatickými a dalšími typy povrchových úprav. (1) (43)

Interiéry vozidel jsou převážně vyrobeny z různých druhů plastů a v některých případech mohou být doplněny o přírodní prvky. Například interiér vozidla Škoda Enyaq iV, použitého k měření, má prvky jejichž materiály nejsou pouze plastové, ale využívá recyklovaných materiálů, vlny (sedadla) a vláken cukrové řepy (výplně dveří). Vedení vzduchu (kanály rozvodu vzduchu) za skříní klimatizace je z většiny vyrobeno z PP T20 (polypropylen + 20 % mastku). (44)

Klimatizování vzduchu a intenzita větrání

V interiéru vozidel je vzduch klimatizován, filtrován a upravován. Tyto procesy jsou aplikovány z důvodu odstranění nežádoucích parametrů vzduchu (změna teploty, změna vlhkosti, odstranění pevných částic) a za cílem zvýšení komfortu posádky.

Průchodem ionizovaného vzduchu jednotlivými prvky klimatizačního systému (filtr, výparník, výměník, vedení vzduchu atd.) dochází při kontaktu s plochami z různých materiálů k rekombinaci prospěšných záporných iontů. Dle výzkumu prof. Jokla klesá koncentrace iontů až o 20 %, a to při průchodu 2 m dlouhým plechovým vzduchovodem o průměru 100 mm při rychlosti vzduchu 1,5 m/s. (1)

U vozidel se tato hodnota úbytku ionizovaných částic může lišit, a to zejména z důvodu různorodosti materiálů, druhem úpravy vzduchu a členitostí vedení vzduchu. V případě větrání otevřenými okny vozidla dochází k výměně poměrně velkého objemu vzduchu s ionizovanými částicemi, tedy v interiéru jsou následně měřitelné exteriérové (přirozené) hodnoty koncentrace nabitých částic. (43)

4.2 Vliv vzdušných iontů na lidský organismus

Dle lékařských studií je prokázáný pozitivní vliv iontů na fyzické i duševní zdraví. Účinky ionizovaných částic na lidský organismus byly zkoumány již od počátku 20. století a v rámci výzkumů a studií je jim věnována pozornost i nyní. Části lidského organismus v přímém kontaktu s ionizovanými částicemi (kůže, sliznice dýchacího ústrojí, plicní sklípky) jsou schopny s molekulami kyslíku účinně pracovat a vstřebávat je právě ve formě iontů. Samotná hodnota koncentrace ionizovaných částic je pro každého exponovaného jedince odlišná. Přirozeně se pohybujeme v prostředí s určitou hodnotou koeficientu unipolarity a jsme na tyto parametry vzduchu adaptováni. Dle studií je zvýšená koncentrace záporných iontů biologicky velmi příznivá. Příliš dlouhým pobytem v prostředí s vysokou koncentrací záporných nebo kladných ionizovaných částic může docházet k negativním jevům. Samotné posouzení účinků je velmi subjektivní záležitost a reakce na změny koncentrace vzdušných iontů je u každého jedince individuální. Snahou je posouzení těchto účinků objektivizovat např. formou standardizovaných měření a simulací. (1) (9) (3) (28)

Mechanismus absorpce iontů

Negativní vzdušné ionty jsou lidským tělem absorbovány dvěma způsoby. Prvním a nejvýznamnějším způsobem je přes dýchací soustavu, tedy vdechováním vzduchu s negativními ionty kyslíku a následná absorpce plicními alveolami až do krevního řečiště. Druhým způsobem je dermální absorpce přes epidermální vrstvu. Poměr absorpce záporných iontů plicními alveolami a kůží je přibližně 9/1. Schopnost tkání absorbovat molekuly z vnějšího prostředí se odvíjí od plochy dané tkáně, která u dospělého člověka činí v případě plicních sklípků přibližně 140 m² a 1,7 m² u kůže. Konkrétní účinky na lidský organismus jsou již mnoha výzkumy potvrzeny, avšak u každého jedince mohou být pozorovatelné v jiném časovém horizontu a v jiné intenzitě. V následujících odstavcích jsou popsány konkrétní procesy a následně vzniklé efekty vyplývající z absorpce ionizovaných částic lidským organismem. (1) (45)

Afinita dýchacích plynů

Transport a difuze dýchacích plynů probíhá na molekulární úrovni v krevním řečišti. Samotný transport je zajištěn krevními elementy, na které jsou dýchací plyny vázány ihned po jejich absorpci z alveolárního vzduchu do kapilární krve až po difuzi v cílových orgánech. Kyslík je v krvi vázán na hemoglobin a představuje klíčový prvek pro život. Negativní vzdušné ionty ovlivňují chemickou afinitu dýchacích plynů, tedy schopnost navázání kyslíku na hemoglobin. Prostetická (nebílkovinná) část hemoglobinu se nazývá hem a skládá se ze čtyř molekul Fe_{2+} , na které se mohou reverzibilně vázat molekuly kyslíku. V případě, že je kyslík ve formě záporného iontu, tak je vaznost na kladně nabitý hemoglobin snazší než v případě neutrálního atomu kyslíku. Následným efektem růstu afinity kyslíku a hemoglobinu je růst parciálního tlaku kyslíku a pokles parciálního tlaku oxidu uhličitého, tedy změna pH z důvodu okysličení krve. Okysličením organismu dochází k dostatečnému zásobení stěžejních orgánů a tkání a organismus je následně schopen čelit větší fyzické nebo psychické zátěži. Dostatečné zásobování orgánů kyslíkem přispívá k jejich správné funkčnosti a k zrychlení metabolických procesů různých hormonů a látek. (46) (47)

Vliv koncentrace iontů na změnu hladiny serotoninu

Serotonin (5-hydroxytryptamin, zkráceně 5-HT) je biogenní monoamin obsažený v trávicím traktu, v trombocytech a v centrální nervové soustavě. Největší význam má serotonin jako neurotransmitter, tedy přenašeč nervových vzruchů právě v oblasti prodloužené míchy, středního mozku, mezimozku a Varolova mostu. Důležitou roli má serotonin také při endokrinních a metabolických procesech a zároveň se podílí na regulaci nálady a spánku. V lidském organismu je serotonin udržován v optimální hladině vlastní biosyntézou, ale také lze jeho hladinu uměle zvýšit stravou nebo doplňky stravy ve formě aminokyselin (tryptofan). V těle dospělého člověka se nachází přibližně 5 až 10 mg serotoninu. Zvýšená hladina serotoninu je spouštěčem nežádoucích procesů a stavů jako jsou: zrychlená srdeční činnost, zvýšený krevní tlak, třes, bolest hlavy, zmatenost, zvracení pocení, agresivita, úzkost atd. V důsledku nevhodné kombinace léků na zvýšení hladiny serotoninu může nastat tzv. serotoninový syndrom, který je život ohrožující. (6) (48)

Vdechování negativních iontů a jejich následná přítomnost v krevním řečišti spouští a urychlují proces enzymatického rozkladu (oxidace) serotoninu na kyselinu 5-hydroxyindolactovou, která je tělem vyloučena jako odpadní kapalina ve formě moči. Tímto procesem je snížena hladina serotoninu v organismu a jsou eliminovány nežádoucí stavy a procesy viz výše. (1) (48)

Naopak pozitivní ionty fungují v procesu oxidačního a enzymatického rozkladu serotoninu jako inhibitory (zpomalovače), tedy zpomalují nebo zcela zastavují rozklad serotoninu na kyselinu 5-hydroxyindolactovou. Následně zvýšená koncentrace serotoninu v krvi a tkáních může způsobovat střevní potíže a zvětšuje pravděpodobnost tvorby trombů (krevních sraženin). (1) (28)

Stimulace autonomní nervové soustavy

Autonomní nervová soustava zajišťuje spojení nervového systému s vnitřními orgány, žlázami, cévami a hladkou svalovinou. Tato soustava je nezávislá na centrální nervové soustavě, tudíž není ovladatelná naší vůlí. Autonomní soustava je rozdělena na funkční celky sympatikus a parasympatikus, které fungují jako antagonisté. Sympatikus zrychluje dýchání, metabolismus a činnost srdce, zvyšuje teplotu a sekreci žláz. Parasympatikus má opačné účinky, tedy celkově zklidňuje organismus a zpomaluje procesy v něm probíhající. (28) (49)

Vzdušné ionty se výrazně podílí na stimulaci výše zmíněných funkčních celků autonomní nervové soustavy. Pozitivní ionty podporují činnost sympatiku, tedy zrychlují činnost hladké svaloviny a celkově urychlují procesy v organismu. Negativní ionty působí na autonomní systém opačným způsobem, tedy stimulací parasympatiku a následným zklidněním celého organismu. (1)

4.2.1 Účinky vyvolané působením negativních iontů na lidský organismus

Vzhledem k odlišnostem organismu každého člověka je vnímání a hodnocení účinků vyvolaných působením negativních iontů velmi individuální. Přesto lze vliv negativních iontů na mikroklima a jeho následných účinků na lidský organismus popsat poměrně přesně. Tyto účinky dělíme na přímé a nepřímé. (50)

Přímé účinky

Přítomnost negativních iontů ve vdechovaném vzduchu má přímý vliv na pocit komfortu a psychickou pohodu exponovaných jedinců. Komfortní zóna každého jedince je odlišná, tedy i pocit pohody a uspokojení nastává při odlišné době expozice a odlišných koncentracích záporných iontů. Hodnocení a kategorizace vlivů záporných iontů na lidský organismus a komfort je tedy velmi subjektivní. Obecně je osobami vzduch s převahou negativních iontů vnímán jako „řidký a chladný“. Vzduch s převahou iontů pozitivních popisují jako „těžký a dusný“. Vzduch s ideálním poměrem negativních a pozitivních iontů je charakterizován jako „lehký a čistý“. (1) (5) (50) Pocit komfortu s ohledem na dýchání vzduchu s vyšší koncentrací negativních iontů vychází z metabolického procesu snížení hladiny serotoninu. Podstatou tohoto procesu je větší okysličení krve a následné dostatečné zásobování orgánů kyslíkem. Výslednými účinky jsou: zvýšení výkonnosti, soustředěnosti a pozornosti se současným snížením únavy a stresu. Docílení pocitu komfortu a pohody posádky vozidla vhodným nastavením iontového mikroklimatu je v automobilovém průmyslu označován jako wellness efekt. (28) (50)

Nepřímé účinky

Změnou parametrů jednotlivých složek mikroklimatu daného prostředí jsou nepřímo vyvolávány účinky na lidský organismus. Změna a ovlivnění mikroklimatu negativními ionty se odehrává na částicové úrovni. Konkrétně se jedná o znečištění mikroklimatu (prach, pach, aerosoly a bakterie) na jehož přítomnost může lidský organismus reagovat alergickými nebo jinými nepříznivými reakcemi. Zvýšenou koncentrací negativních iontů ve vzduchu lze dosáhnout zlepšení mikrobiálního mikroklimatu, až baktericidních účinků. Negativní ionty mají také příznivý vliv na snížení prašnosti a rozptýlení aerosolů ve vzduchu (sedimentace těžkých molekul u zemského povrchu). Eliminací znečištění mikroklimatu nedochází k vdechování dráždivých elementů. Dochází k umocnění pocitu komfortu, jako je tomu u přímých účinků. (28) (50)

Těchto efektů je využíváno nejen v lékařství, ale také v automobilovém průmyslu pro vytvoření ideálního mikroklimatu interiéru vozidla a poskytnutí pasažérům individuálního, komfortního a zdravotně nezávadného prostředí.

4.3 Využití umělé ionizace vzduchu

Umělou ionizaci můžeme definovat jako proces obohacení vzduchu o nabité částice jiným nežli přirozeným způsobem. Zařízení pro generování ionizovaných částic nazýváme iontový generátor neboli ionizátor. Ionizátory jsou konstruovány s cílem generovat co největší koncentrace lehkých záporných iontů a zároveň s minimalizací produkce iontů kladných. Zaměření na generování lehkých záporných iontů je právě z důvodu jejich blahodárného působení na lidský organismus. Nevýhodou celého procesu ionizace je vznik vedlejších produktů, zejména ozónu, jehož přítomnost je ve vyšších koncentracích pro živé organismy nepříznivá, až toxická. Maximální povolená koncentrace ionizátorem generovaného ozónu nesmí dle legislativy přesáhnout 0,05 ppm. V dnešní době se můžeme setkat s ionizátory několika druhů, tvarů, principů fungování a zejména možností použití (ionizátor ve vozidle, ionizátor součástí čističky vzduchu, fén s ionizátorem, ionizace vzduchu ve stájích atd.). Mezi přednosti ionizátoru jako zařízení můžeme zařadit: jednoduchost obsluhy, snadnou údržbu (čištění elektrod), energetickou nenáročnost, bezhlučný provoz, nízké pořizovací náklady, kompaktnost – možnost implementace do jiných zařízení, rozmanitost použití. (3) (28)

4.3.1 Druhy ionizátorů

Ionizátory dělíme dle principu generování ionizovaných částic, tedy dle druhu dodané ionizační energie. Při provozu ionizátoru je pro uživatele důležitý výkon ionizátoru (počet vytvořených ionizovaných částic za časovou jednotku), stabilita jeho fungování a polarita emitovaných částic. Ionizátory jsou využívány zejména ke zvýšení koncentrace záporných iontů v interiéru budov nebo vozidel. V následujících odstavcích budou popsány jednotlivé druhy ionizátorů, jejich princip fungování a oblast použití.

- *Elektrický ionizátor*

Elektrické ionizátory fungují na principu nárazové ionizace. Konkrétně se jedná o výboj mezi elektrodami pod vysokým napětím s možností využití jak střídavého, tak stejnosměrného proudu. (51)

Nejběžněji používané jsou ionizátory na principu korónového výboje. Emitor se skládá ze dvou opačně nabitých elektrod. V případě konfigurace jedné velké a jedné výrazně menší elektrody dochází k výboji již při menších napětích, což zaručuje znatelně menší emitované koncentrace nežádoucích plynů (ozón, NO_x). Ve většině případů je ionizátor vybaven ventilátorem pro zaručení lepší distribuce ionizovaných částic do okolí. Vzhledem k malým rozměrům, jednoduchosti konstrukce a nízkým pořizovacím nákladům je tento druh ionizátoru využíván v následujících podobách: osobní ionizátor, ionizátor do vozidla, čistička vzduchu s ionizátorem, fén s ionizátorem, průmyslové ionizátory pro zabránění tvorby elektrostatického náboje na izolantech. (28) (51)

Ionizátory využívané v hospodářských chovech jsou na stejném principu jako výše popsané, tedy na tvorbě vysokého napětí mezi elektrodami. Hlavním rozdílem ve variantě pro hospodářské využití je počet emitorů, který může dosahovat až desítek kusů. Mezi specifické systémy řadíme systém hrot a parabola a systém lano s hroty. Je vědecky ověřeno, že ionizace ve stájích eliminuje emise amoniaku a zápachu a zároveň pozitivně ovlivňuje zdraví a přírůstky chovaných zvířat. (28) (42) (51)

- *Ultrafialový ionizátor*

Principiálně jsou ultrafialové ionizátory založeny na produkci UV-C záření o vlnových délkách kratších než 280 nm. Právě UV-C záření je zdrojem ionizační energie a zároveň má baktericidní účinky. Zdrojem UV záření v ionizátorech nejčastěji bývají rtuťové výbojky. Dále se ionizátory skládají z ventilátoru a selektivní elektrody pro odstranění kladných iontů. Kromě produkce UV záření a iontů obou polarit dochází i ke generování ozónu a NO_x, jejichž působení na lidské tělo je zdraví ohrožující. Z výše uvedených důvodů se ultrafialové ionizátory využívají zejména k dezinfekci prostor zdravotnických zařízení (bez přítomnosti personálu), sterilizaci nástrojů a pracovních ploch a dezinfekce vody (28) (51) (52)

- *Radioaktivní ionizátor*

Základem radioaktivních ionizátorů je radionuklidový zářič, který je zdrojem ionizujícího záření (ionizační energie). Dosah ionizujícího záření se pohybuje v řádu centimetrů až metrů, což závisí na druhu radionuklidového zářiče (α , β , γ). Vzhledem k nepříznivým účinkům radioaktivního záření na zdraví člověka jsou zařízení založená na tomto principu využívána pouze v laboratorních podmínkách, v lékařství (radiologie) a v experimentálních případech. (28)

- *Hydrodynamický ionizátor*

Hydrodynamické ionizátory jsou založeny na principu Lenardova efektu. Tříštěním vodního paprsku o pevný podklad dochází k rozkladu neutrálních molekul na záporné a kladné ionty. Hydrodynamické ionizátory mohou být prostorově náročné a zejména hlučné. Při procesu vzniku iontů tímto způsobem nedochází k produkci žádných nežádoucích látek (ozón, NO_x). Využití hydrodynamických ionizátorů spadá zejména do oblasti lázeňství a léčitelství. (51)

4.3.2 Doporučení pro vhodné používání ionizátoru a udržení iontového mikroklimatu

Vzhledem k absenci norem či předpisů pro používání zařízení generující vzdušné ionty, které definují optimální koncentrace ionizovaných částic v interiéru a zacházení se samotnými zařízeními, vycházíme z přirozených koncentrací ionizovaných částic v exteriérovém prostředí. Dle dostupné literatury a výsledků výzkumných měření lze odvodit specifická doporučení pro změnu interiérových podmínek na ideální nebo alespoň pro zlepšení aktuálního stavu daného prostředí. Zvýšených nebo ustálených koncentrací lehkých záporných iontů lze docílit vhodným umístěním ionizátoru, eliminací faktorů ovlivňujících rekombinaci iontů a zvýšením počtu ionizátorů nebo jejich výkonu. Definice obecně ideálního umístění ionizátoru v interiéru vozidla bude stanovena v kapitole *Vlastní řešení*. (3) (28)

Dle Státního zdravotního ústavu a MUDr. Lajčíkové lze obecně definovat doporučení pro používání ionizace vzduchu takto (3):

- Přístroj by měl být orientován na člověka tak, aby se k němu ionty dostaly.
- Mezi člověkem a ionizátorem by se neměla nacházet překážka.
- Přístroj by měl být od pevných povrchů umístěn v takové vzdálenosti, aby vzniklé ionty nebyly negativně ovlivněny daným materiálem (ideálně 50 cm).

Při používání umělé ionizace by koncentrace lehkých záporných iontů v uzavřeném prostoru neměla přesahovat hodnotu 5000 na cm^3 , tato hodnota je brána jako limitní pro krátkodobý pobyt v ionizovaném prostředí. Pro dlouhodobou expozici v ionizovaném prostředí je doporučena koncentrace okolo 1000 záporných iontů na cm^3 . V případě nepřítomnosti ionizátoru nebo nevhodnosti jeho použití lze iontové mikroklima uzavřeného prostoru obnovit na přirozené hodnoty dostatečným větráním. (2) (3) (4)

Návrh doporučených kritérií a hodnot ionizovaného vzduchu dle prof. Jokla se skládá z následujících tří parametrů: koncentrace lehkých záporných iontů, hodnota unipolárního koeficientu a čistota prostředí. Hodnoty (viz následující přehled) jsou stanoveny pro oblast obličeje, tedy oblast vdechování ionizovaného vzduchu. Vzhledem k průměrné výšce populace se jedná o oblast ve vzdálenosti od země 170 cm u stojící osoby a 110 cm u osoby sedící. (1)

Přehled návrhu parametrů dle prof. Jokla (1):

- 1) Koncentrace lehkých záporných iontů
 - a. Přípustná minimální koncentrace 200–300 lehkých iontů / cm³
Určeno z přirozených hodnot naměřených v čistém městském prostředí.
 - b. Optimální koncentrace pro dlouhodobý pobyt 1000–1500 lehkých iontů / cm³
Určeno z přirozených hodnot naměřených v lese.
 - c. Optimální koncentrace pro specifickou zátěž 2000–2500 lehkých iontů / cm³
Určeno pro zvýšenou psychickou a fyzickou zátěž organismu.
- 2) Hodnota unipolárního koeficientu (poměr kladných a záporných iontů)
 - a. Přípustná hodnota 0,2 – 2,0
 - b. Optimální (přirozená) hodnota 1,1 – 1,4
Určeno dle výsledků měření v horských oblastech.
- 3) Čistota prostředí
Čistota daného prostředí snižuje pravděpodobnost shlukování lehkých záporných iontů a následné vytvoření středních nebo těžkých molekul. Z tohoto důvodu je nutností brát ohled na opatření nejen z pohledu iontového mikroklimatu ale také zároveň aerosolového mikroklimatu.

4.4 Prostředí interiéru vozidla

Člověk dle průzkumu z roku 2016 stráví v interiéru vozidla průměrně 4 roky a 1 měsíc svého života buď jako řidič nebo jako spolujezdec. (53) Vzhledem k identickému složení vzduchu a analogii procesů v prostředí interiéru vozidel a vnitřním prostředím budov lze tato prostředí srovnávat. V případě budov i vozidel můžeme hovořit o mikroklimatu, tedy o menším objemu vzduchu dané oblasti se specifickými vlastnostmi a projevy od okolního vzdušného prostoru. Obecně je stav a kvalita mikroklimatu ovlivňována a formována hmotnostními a energetickými toky (tzv. agenciemi) mezi dvěma prostředími. Samotné mikroklima je dle působících agencií děleno na: tepelně – vlhkostní, akustické, světelné, elektromagnetické, elektrostatické, elektro-iontové a na kvalitu vzduchu. (1) (54)

Teplota, vlhkost, rychlost proudění a kvalita vzduchu jsou parametry, které charakterizují mikroklima v interiéru automobilu a je nutné je udržet ve fyziologicky optimální úrovni pro lidský organismus. O udržení optimálního mikroklimatu pro lidské zdraví a zároveň o komfort a bezpečnost jízdy se starají klimatizační systémy a čidla kvality interiérového vzduchu vozidel. (54) (55)

4.4.1 Mikroklima interiéru vozidel

Mikroklima lze obecně definovat jako menší prostor (objem vzduchu), jehož parametry jsou odlišné od parametrů vzduchu okolního. V případě interiéru vozidla je sledováno celkové mikroklima. Vzhledem k tématu práce bude zaměření především na iontové mikroklima, avšak je nutné brát na vědomí, že iontové mikroklima je nedílnou součástí celého prostředí vozidla a nelze ho od okolních parametrů vzduchu a ostatních vlivů separovat. (1) (3)

4.4.2 Elektro-iontové mikroklima v interiéru vozidel

Vzduch ve vozidlech je stejně jako venkovní ovzduší stále ionizován. Elektro-iontové mikroklima či ionizovaný vzduch se vyznačují přítomností kladných a záporných atmosférických iontů. Přirozeně ionty vznikají ionizací plynných složek atmosféry nebo umělou ionizací a následně se vyskytují samostatně, jako části molekul nebo vytvářejí molekulární shluky. Iontové mikroklima v interiéru vozidel je formováno vnitřními i vnějšími vlivy a podmínkami. V případě vozidla není možnost zcela oddělit mikroklima interiéru vozidla od exteriérového mikroklimatu. Dochází k neustálé výměně plynů a částic mezi interiérem a exteriérem, a to zejména prostřednictvím klimatizačního systému,

otevřením dveří či oken nebo netěsností karosérie vozidla. Ve vozidle bez ionizátoru jsou před jízdou běžně měřitelné přirozené koncentrace ionizovaných částic, tedy koncentrace shodné s hodnotami v exteriéru. V průběhu jízdy dochází v interiéru ke změnám parametrů ionizovaného vzduchu, který je ovlivněn působením přítomných materiálů, změnou teploty, množstvím proniklého slunečního záření do interiéru, přítomností posádky a změnou elektromagnetických polí vzniklých používáním elektrických přístrojů. Jak již bylo zmíněno v kapitole *Vliv vzdušných iontů na lidský organismus*, kumulací vyšších koncentrací kladných iontů může dojít k pocitu diskomfortu až ke specifickým stavům, které mohou negativně ovlivnit pozornost a chování řidiče a ohrozit tak bezpečnost jízdy v dopravě. Z těchto důvodů jsou ve vozidlech využívány ionizátory vzduchu, které generováním záporných ionizovaných částic mohou pozitivně ovlivňovat komfort posádky, kvalitu interiérového vzduchu a následně i bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. (3) (5)

4.4.3 Hodnocení kvality a čistoty mikroklimatu

Při hodnocení kvality a čistoty mikroklimatu interiéru vozidel je nutné brát v úvahu nejen lehce zaznamatelné parametry (teplota, prach, pach, vlhkost), ale také parametry subjektivně nebo těžce zaznamatelné (koncentrace ionizovaných částic, koncentrace CO₂ a O₂, koncentrace ozónu). Hodnoty těchto parametrů jsou běžně srovnávány s exteriérem, avšak požadavky na hodnoty v interiéru vozidla jsou v některých ohledech velmi přísné a specifické. Požadavky a konkrétní sledované parametry interiérového mikroklimatu budou popsány v následujících podkapitolách.

4.4.3.1 Požadavky na mikroklima ve vozidle

Konstrukce vozidel a nastavení jednotlivých komponent jsou výrobcem navrhovány pro maximální uspokojení zákazníka při zachování co nejlepší funkčnosti a efektivnosti. Řadu parametrů, které je v interiéru vozidla nutné brát v úvahu, nastavují jednotlivé automobilky dle předchozích zkušeností a za použití inovativních postupů. Legislativa nestanovuje žádné normy pro pobyt v interiéru vozidel. Legislativa definuje pouze podmínky pro bezpečnost provozu, jejichž splnění je podmínkou pro získání homologace vozidla. Při definování parametrů interiérového mikroklimatu jsou kromě předchozích zkušeností výrobců brány v úvahu normy, doporučení a pravidla pro pobyt v uzavřených prostorách budov. Požadavky na mikroklima ve vozidle jsou soustředěny zejména na komfort posádky a bezpečnost při jízdě.

4.4.3.2 Sledované parametry mikroklimatu interiéru vozidla

V této podkapitole budou podrobněji popsány sledované parametry interiérového mikroklimatu a případné možnosti jejich zlepšení pro dosažení požadovaných hodnot a následných efektů v interiéru vozidla.

Teplota a relativní vzdušná vlhkost

Teplota a relativní vzdušná vlhkost jsou parametry, jejichž regulací v interiéru vozidla řídíme komfort, ale také ovlivňujeme bezpečnost provozu. Z pohledu komfortu se jedná o schopnost klimatizačního systému vytvořit zákazníkem požadované podmínky, tedy co nejrychleji dosáhnout požadované teploty v interiéru. Vlhkost interiérového vzduchu se může v průběhu jízdy pohybovat mezi 40 až 60 %. Snížení vlhkosti nasávaného vzduchu je zajištěno fázovými přeměnami v průběhu průchodu přes klimatizační systém. Z pohledu bezpečnosti provozu je sledování a regulace teploty a vlhkosti stěžejní. Kombinace informací z řady teplotních a vlhkostních čidel poskytuje výchozí hodnoty pro sledování rosného bodu. Teplota rosného bodu je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (100 % relativní vlhkost). Při kontaktu vlhkého vzduchu s povrchem, jehož teplota je nižší než teplota rosného bodu, dochází ke kondenzaci na daném povrchu. V interiéru vozidla dochází k tomuto jevu nejčastěji během prvních minut pobytu ve vozidle za nižší venkovní teploty. Následkem je vznik kondenzátu na vnitřní straně čelního skla, čímž je omezen nebo zcela znemožněn výhled z vozidla. Předcházení vzniku tohoto stavu nebo jeho odstranění zajišťuje řídicí jednotka zpracovávající informace z jednotlivých senzorů a následným řízením režimu klimatizace a výdechových teplot. Pro získání homologace vozidla je nutnost plnění požadavků směrnice EHS 78/317, která stanovuje schopnost a dobu odmražení nebo rozmražení čelního skla pro vozidla kategorie M₁. (44)

Prachové částice

Prachové částice se do interiéru vozidel dostávají z exteriérového prostředí následujícími způsoby: průchodem klimatizačním systémem, zanesením z venkovního prostředí otevřenými dveřmi nebo netěsnostmi karoserie. Přítomnost prachových částic ve vzduchu je přirozená a ve vozidle jakožto otevřeném systému nelze zajistit bezprašné prostředí. Průchodu prachových částic přes klimatizační systém je do určité míry zabraňováno filtrací nasávaného vzduchu. Ve vozidlech Škoda se setkáváme s kabinovým filtrem, který plní následující funkce: zachycení prachových a pilových částic, částečné zachycení pachových částic, zachycení bakterií a virů. Kabinový filtr je vzhledem k nutnosti údržby umístěn na dostupném místě, tedy tam, kde je dostupnost zajištěna přes úložnou přihrádku u spolujezdce, případně u elektrovozidel přes přední část („motorový prostor“) vozidla. (44)

Pach

V případě eliminace pachových částic se jedná o totožný filtr jako u částic prachových. Vzduch prochází přes kabinový filtr, kde jsou pachové částice zachytávány vrstvou filtru, tvořenou aktivním uhlím. Použití aktivního uhlí je ze specifických důvodů, a těmi jsou: poréznost povrchu, velká plocha povrchu a absorpční vlastnosti. Prachový a pachový filtr jsou tedy totožným prvkem. Filtrace jednotlivých druhů znečištění vzduchu, jako je pach a prach, jsou uskutečňovány pouze v odlišných vrstvách totožného filtru. Vzhledem k nutnosti zaručení dostatečného průtoku vzduchu nelze průnik pachů z exteriérového prostředí do interiéru zcela eliminovat. (44)

Koncentrace CO₂ a O₂

Dle měření a zkušeností autora této práce (56) se koncentrace CO₂ v interiéru vozidla během jízdy pohybuje v celém rozsahu hodnot, tedy v rozsahu od doporučených až po kritické hodnoty. Ze stejných měření vyplývá, že koncentrace O₂ v interiéru během jízdy dosahují pouze v doporučeném intervalu hodnot. Tabulka 3 uvádí kritéria pro hodnocení kvality vzduchu v interiéru vozidel z pohledu koncentrací CO₂ a O₂. Tato kritéria byla odvozena dle normy DIN EN 13779 a vyhlášek uvedených Státním zdravotním ústavem. (56)

Tabulka 3: Kategorizace kvality vzduchu z pohledu koncentrace CO₂ a O₂

	Hodnocení koncentrace CO ₂ (DIN EN 13779)				Hodnocení koncentrace O ₂ (kategorizace – hygienická stanice)	
	Idx	PV [m ³ /h/os]	IV [1/h]	Co2 [ppm]	Kategorie	O2 [%]
Doporučení	IDA1	>54	>18	<800	kat.1	19-21
minimální	IDA2	>36-54	>12-18	800-1000	kat.2	17-19
kritická	neurčeno (IDA4+)	<12	<4	>2000	kat.3	15-17

Zdroj: Paur F. – Monitoring kyslíku v kabině vozidla jako ukazatel bezpečnosti a komfortu (56)

Dosažení kritických hodnot, tedy hodnot ohrožujících zdraví posádky a bezpečnost provozu, je zamezeno včasným přivedením čerstvého vzduchu do kabiny vozidla. Přisávání čerstvého vzduchu je zajištěno řídicí jednotkou, která po určitých časových intervalech otvírá klapku sání vzduchu i přes nastavený recirkulační režim (vnitřní okruh) klimatizace. K přisávání čerstvého vzduchu a zásahu do klimatizování dochází na základě předchozích zkušeností a výsledků měření provedených výrobcem vozidel, tedy regulací. (56)

Koncentrace ionizovaných částic

Interiér vozidel obsahuje přibližně stejnou koncentraci vzdušných iontů jako se nachází v exteriérovém prostředí okolo vozidla. Úbytek negativních iontů v interiéru a následná převaha iontů kladných je způsobena reakcí ionizovaných částic s přítomnými povrchy a jejich materiály. Přítomnost elektrických zařízení celkově snižuje komfort v interiéru, a to z důvodu vzniku iontů kladných. Pro obnovení příznivého iontového mikroklimatu v interiéru je nutná výměna objemu vzduchu větráním (okny, klimatizačním systémem). Pro zlepšení komfortu, eliminaci pachů a snížení prašnosti v interiéru je doporučeno využít generátor záporných iontů – ionizátor. Následující tabulka č. 4 porovnává koncentrace záporných ionizovaných částic v různých prostředích.

Tabulka 4: Koncentrace záporných iontů v různých prostředích

Název prostředí	Koncentrace záporných iontů
Interiér vozidla bez ionizátoru	50–300 iontů/cm ³
Interiér vozidla s ionizátorem	300– 300 000 iontů/cm ³
Interiér městského bytu (24)	50–100 iontů/cm ³
Exteriérový vzduch ve městě (24)	100–500 iontů/cm ³
Exteriérový vzduch v lese / u moře (24)	1000–5000 iontů/cm ³
Exteriérový vzduch u vodopádu (24)	10 000– 50 000 iontů/cm ³
Exteriérový vzduch po bouřce (24)	10 000– 50 000 iontů/cm ³

Zdroj: Vlastní zpracování dle (24) a vlastních měření

Koncentrace ozónu

Mikroklima interiéru vozidla z hlediska ozónu dosahuje stejných koncentrací jako v exteriérovém prostředí. V případě použití ionizátorů se může koncentrace ozónu lokálně zvýšit. Nežádoucí ozón vznikající jako vedlejší produkt při ionizaci vzduchu je legislativně regulován. Konkrétně se jedná o regulace maximálních přípustných koncentrací ozónu, které mohou použitím zařízení pro úpravu vzduchu vznikat. O přípustných hodnotách pojednává aktuálně platná norma ČSN EN 60335-2-65 ED.2. Normou stanovená maximální generovaná koncentrace nesmí překročit hodnotu 0,05 ppm, tedy 106 µg/m³. Pro snížení koncentrace ozónu v interiérovém vzduchu je doporučeno větrání. (57)

Směr a rychlost vzduchu z ofukovačů

Parametry vzduchu, z pohledu jeho distribuce v interiéru vozidla, musí splňovat podmínky komfortu a funkčního využití. Z pohledu komfortu se jedná o možnost nastavení ofukovačů do pasažérem požadovaných poloh (přívod vzduchu přímo na tělo pasažéra, rozptýlení vzduchu do objemu interiéru) a o rychlost vzduchu dle individuálních preferencí. Z funkčního pohledu se jedná o možnost nastavení ofukovače do polohy rozmražení bočních oken a do polohy pro ideální promíchávání celého objemu vzduchu v interiéru. Směr vzduchu je řízen konstrukčním tvarem ofukovačů a možností nastavení směru směrovacími prvky. Rychlost vzduchu je dána výkonem klimatizační jednotky, tvarem a délkou kanálů vedení vzduchu a vlastním konceptem ofukovače. Směr a rychlost vzduchu vycházejícího z ofukovačů ve velké míře ovlivňují distribuci ionizovaných částic v interiéru, tedy dopravení iontů v dostačujícím množství na požadované místo.

4.4.4 Systémy kontroly kvality vzduchu ve vozidlech

Parametry interiérového vzduchu (viz výše) jsou během jízdy neustále měřeny a v závislosti na jejich změně v čase je přizpůsobováno řízení klimatizačního systému a dalších systémů pro zachování komfortu a bezpečnosti jízdy. Detekce a záznam parametrů je uskutečňován následujícími druhy senzorů: teplotní senzor, vlhkostní senzor, CO₂ senzor, senzor pevných částic, senzor intenzity slunečního záření, senzory únavy řidiče, popř. dalších. (44)

4.4.5 Bezpečnost jízdy v souvislosti s iontovým mikroklimatem interiéru vozidla

Zvýšení bezpečnosti jízdy v souvislosti s iontovým mikroklimatem v interiéru vozidla vychází z cíleného navyšování koncentrace záporných iontů. Vzhledem k příznivému působení záporných vzdušných iontů na lidské tělo viz kapitola *Vliv vzdušných iontů na lidský organismus* lze tvrdit, že iontové mikroklima je jedním z prvků zvyšujících bezpečnost jízdy. Konkrétně se jedná o zvýšení hladiny kyslíku v krvi, čímž dochází ke snížení stresu a zlepšení koncentrace a pozornosti řidiče. (28) (50) (56)

4.4.6 Koncepty ionizace ve vozidlech

Ionizace interiérového vzduchu je využívána renomovanými světovými automobilkami, a to v různých podobách jednotlivých konceptů ionizačních jednotek. Vytvoření a udržení komfortního a „prémiového“ vzduchu v interiéru vozidel je trendem posledních let. Obecně lze vytyčit tři cíle využití ionizace ve vozidlech: vytvoření komfortního prostředí z pohledu subjektivního pozitivního vnímání vdechovaného vzduchu (wellness efekt), snížení prašnosti (sedimentace prachových částic) a eliminace částic biogenního charakteru. Jednotlivé koncepty se odlišují zejména umístěním emitorů záporných vzdušných iontů, ale také možnostmi kombinací s dalšími prvky pro zlepšení komfortu jako je např. aromatizace vzduchu. Nejčastěji je ionizace součástí výbavového „balíčku komfortního vzduchu“, který většinou obsahuje vícezónovou klimatizaci, ionizaci, aroma jednotku a vzduchové filtry s vyšší účinností (HEPA filtr). Dostupnost těchto výbav může být dle jednotlivých automobilek a jejich modelů určena pouze pro trhy specifických regionů s vyšším znečištěním vzduchu. Využití konkrétních konceptů a technologií interiérové ionizace jednotlivých automobilek je popsáno v následujících odstavcích.

Koncept Audi AG

Výrobce vozidel Audi nabízí „Paket ambientního ovzduší“, který obsahuje ionizační jednotku, aroma jednotku a kombinovaný filtr klimatizace. Zakoupení tohoto balíčku je možné pouze v případě současného zakoupení čtyřzónové klimatizace, což je možné u vozidel většího a luxusnějšího charakteru. Emitory záporných iontů se nachází v obou kanálech bočních ofukovačů. Funkce samotných ionizátorů a aroma jednotky lze ovládat přes HMI. Tato nadstandartní výbava je dostupná na všech světových trzích. „Paket ambientního ovzduší“ bude detailněji popsán a zobrazen v kapitole *Vlastní řešení* v části *Použité ionizátory a jejich umístění ve voze*. (58)

Koncept Volkswagen AG

Evropská vozidla značky Volkswagen jsou vybavena klimatizační jednotkou Climatronic a systémem „Air Care“. Kombinace klimatizační jednotky a systému „Air Care“ předchází nasátí znečištěného vzduchu do interiéru vozidla. Pro čínský trh existuje možnost příplatkové výbavy, tedy doplnění výše zmíněných systémů o ionizátor. Ionizátor značky Paragon lze zakoupit pouze v kombinaci s třízónovou klimatizací a je dostupný pro následující vozidla: ID.3, ID.4, ID.6. Samotná poloha ionizátoru je nad středovým výdechem na straně řidiče, což je podrobně uvedeno v kapitole *Vlastní řešení* v části *Použité ionizátory a jejich umístění ve voze*. (44)

Koncept Škoda Auto a.s.

Škoda Auto v současné době nenabízí možnost zakoupení implementované ionizační jednotky do klimatizačního systému žádného z nabízených vozidel. Kvalita vzduchu je ve vozidlech Škoda Auto řízena klimatizační jednotkou Climatronic a jejím systémem „Air Care“, obdobně jako je tomu ve vozidlech Volkswagen. Systém Air Care má na starosti případnou detekci znečištěného vzduchu a následnou aktivaci funkce vnitřní cirkulace vzduchu. Do vozidla se nedostane další znečištěný vzduch a vzduch v interiéru se pročistí pomocí vnitřní cirkulace a průchodem přes tři kabinové filtry (základní, pachový, antialergenní). Na rozdíl od jiných automobilek nabízí Škoda Auto ionizátor s integrovaným HEPA filtrem ve formě originálního příslušenství. Podrobněji je toto příslušenství popsáno v kapitole *Vlastní řešení* v části *Použité ionizátory a jejich umístění ve voze*. (44)

Koncept BMW AG

Do vozidel značky BMW lze při konfiguraci zakoupit výbavový balíček „Ambient air package“. Obsahem příplatkové výbavy je jednotka s parfémou a ionizátor. Poloha ionizátoru je oproti ostatním konceptům velmi rozdílná. Ionizátor se nachází ve filtr boxu před vstupem do klimatizační skříně, kde vzhledem k umístění a okolním materiálům zajišťuje zejména snížení počtu prachových a pachových částic ve vzduchu následně distribuovaném do interiéru vozidla. Spuštění ionizátoru a aromatizaci interiéru je možné ovládat přes HMI. Balíček ambientního ovzduší lze zakoupit pouze do vozidel se čtyřzónovou klimatizací např. vozidlo BMW řady 7. (59)

Koncept Mercedes-Benz

Koncept ionizace v interiéru vozidel značky Mercedes-Benz nese označení „Air Balance“. Sada „Air Balance“ se skládá z generátoru vůně s parfémovým flakonem, ionizátoru v bočním větracím kanálu na straně řidiče a z lepšího systému filtrace vzduchu mezi oblastí sání a distribuce. Tato sada je dostupná pro následující modely: GLE, GLS, G-Class, CLS, C-Class, E-Class, S-Class a Mercedes-AMG GT. Výše zmíněná sada může být součástí „Energizing Comfort Packet“ – balíčku komfortní výbavy. Kromě vůně přispívá balíček ke zlepšení kvality vzduchu v interiéru vozidla. (60) (61)

Koncept Jaguar Land Rover a Lexus

Pro vytvoření komfortního a zdravotně příznivého prostředí v interiéru vozidla využívají automobilky Jaguar Land Rover a Lexus technologii nanoe™ X od společnosti Panasonic, která je založena na principu ionizace. Konkrétně generátor částic nanoe™ X způsobuje pomocí atomizační elektrody kondenzaci vzdušné vlhkosti. Následně je do kondenzátu puštěn elektrický výboj čtyřmi elektrodami. Elektrický výboj způsobuje vznik hydroxylových radikálů, tedy záporných iontů (OH^-). Dle výrobce a evropských zkušebních laboratoří je tato technologie schopna zneškodnit až 99,9 % bakterií, eliminovat pachy, alergeny, plísně, pyly a také zvlhčovat pokožku a vlasy. Technologie nanoe™ X je také součástí čističek vzduchu Panasonic pro bytové a kancelářské prostory. (62) (63)

5. Vlastní řešení

Zjišťování změn koncentrace a poměru ionizovaných částic v interiéru vozidla je závislé na řadě parametrů a postupů, jež je nutné definovat. Pro zajištění vypovídající schopnosti jednotlivých měření a jejich režimů je nutností předem stanovit konkrétní podmínky pro jejich uskutečnění (režim měření, nastavení polohy ofukovačů a režimu klimatizace, poloha a orientace měřící aparatury atd.).

5.1 Popis parametrů měření

Koncentrace ionizovaných částic v interiéru vozidla je ovlivněna vnitřními konstrukčními parametry vozidla a individuálním nastavením jednotlivých prvků posádkou (umístění zdroje iontů, distribuce vzduchu v interiéru, mohutnost zdroje iontů, režim klimatizace, poloha ofukovačů, poloha měřící aparatury, posádka a materiál použitých komponent). Parametry vnějšího prostředí, jako je počasí, intenzita slunečního záření, teplota, relativní vlhkost, mají vliv na regulaci klimatizace vozidla a s následné řízení distribuce vzduchu a ionizovaných částic. Stěžejní je dodržení obdobných výchozích podmínek a postupů u všech měření.

5.1.1 Posádka vozidla

Během stacionárních měření, která byla uskutečňována v laboratorních prostorách Škoda Auto a.s., se osádka vozidla skládala ze dvou členů: obsluha PC a obsluha klimatizace a ionizátorů vzduchu. V případě jízdních zkoušek bylo nutné posádku navýšit o jednoho člena – řidiče. Počtem a přítomností osádky ve vozidle nebyl nijak ovlivněn vznik ionizovaných částic. Jediným ovlivněním mohlo být úmyslné zamezení distribuce iontů v interiéru (vypnutím ionizátoru nebo klimatizace) za cílem zjištění vlivu zásahu na funkci ionizátoru. Posádka při daném druhu měření byla vždy totožná.

5.1.2 Vozidla použitá k měření

Hlavní měření proběhla ve vozidle Škoda Enyaq iV, které je postaveno na platformě MEB, vyvinuté v koncernu VW speciálně pro elektrická vozidla. Škoda Enyaq iV je prvním plně elektrickým vozidlem značky Škoda Auto a.s. a zároveň prvním vyráběným čistě elektrickým (BEV) SUV v České republice. Toto vozidlo bylo vybráno nejen z důvodu vysoké popularity u zákazníků, ale také z důvodu vytvoření ideální kombinace konceptu produktu z hlediska ochrany životního prostředí (nulové lokální emise) a ochrany lidského zdraví pomocí ionizace interiérového vzduchu. Konkrétně se jednalo o vozidlo Škoda Enyaq iV 60, tedy varianta s 1^o převodovkou, hnanou zadní nápravou, elektromotorem o výkonu 132 kW a baterií o kapacitě 58 kWh. Dojezd na plné nabití činí dle WLTP až 410 km. (64)

Doplňková měření proběhla ve vozidlech se spalovacím motorem na bázi platformy MLB, a to konkrétně Audi Q8 a Audi A7, která byla vybavena „Paketem ambientního ovzduší“ s ionizátorem a interiérovými parfémy. Vozidla byla vybrána vzhledem k aktuální dostupnosti vozidel s „Paketem ambientního ovzduší“, v případě Audi Q8 z důvodu stejné kategorie porovnávaných automobilů (SUV) a pro srovnání rozdílných konceptů využití ionizace v interiéru koncernových vozidel.

5.1.3 Režim měření

Měření koncentrace vzdušných iontů v interiéru vozidel proběhla ve stacionárním režimu a v režimu jízdních zkoušek. Všechna stacionární měření proběhla ve vývojových laboratořích Škoda Auto a.s. a sloužila ke zjištění koncentrací ionizovaných částic v závislosti na nastavení klimatizace, poloze měřicího přístroje a poloze konkrétního ionizátoru. Během stacionárních měření byla zjišťována koncentrace vzdušných iontů v oblasti obličeje jednotlivých pasažérů. Jízdní zkoušky sloužili pro sledování změn koncentrací vzdušných iontů v interiéru vozidel při běžném použití a za reálného provozu. Během jednotlivých měření byl kladen důraz na jízdu po nejčastěji využívaných silničních úsecích, tedy po silnici první a druhé třídy a místní městské komunikaci. Větší počet a rozdílnost tras umožňovala sledování změn koncentrace iontů v interiéru vozidla v závislosti na druhu vnějšího prostředí, intenzitě slunečního záření a charakteru terénu. Trasa všech měření se skládala z jízdy městem, mimo město, lesem a oblastí s vyšším znečištěním (vytížená pozemní komunikace, průmyslová oblast).

5.1.4 Nastavení polohy ofukovačů a režimu klimatizace

Nastavení polohy ofukovačů významně ovlivňuje distribuci ionizovaných částic v interiéru vozidla. Správným nastavením polohy ofukovačů lze řídit distribuci vzdušných iontů nejen pro posádku v přední části vozu, ale také pro pasažéry na zadních sedadlech. Pro zajištění totožných podmínek pro všechna měření je zásadní zajištění identického nastavení polohy ofukovačů. Středové ofukovače byly v horizontálním směru nastaveny do středové polohy a ve vertikálním směru tak, aby byla zajištěna distribuce vzduchu a ionizovaných částic v celém objemu vzduchu interiéru vozidla. Poloha bočních ofukovačů byla nastavena do režimu „defrost“ bočních oken, tedy pro rozmrazení výhledu do vnějších zpětných zrcátek. Volba této polohy byla z důvodu omezení přímého ofukování pasažérů a z důvodu funkčního využití tohoto nastavení. Z důvodu ideálnějšího promíchávání objemu vzduchu v interiéru vozidla byly zadní ofukovače, určené pro posádku druhé řady sedadel, nastaveny identicky jako středové ofukovače na přístrojové desce. Nastavení ofukovačů bylo totožné pro všechna měření a všechna vozidla. Nastavení ofukovačů pro běžnou jízdu a vhodnou distribuci ionizovaných částic je zobrazeno na obrázku 4.

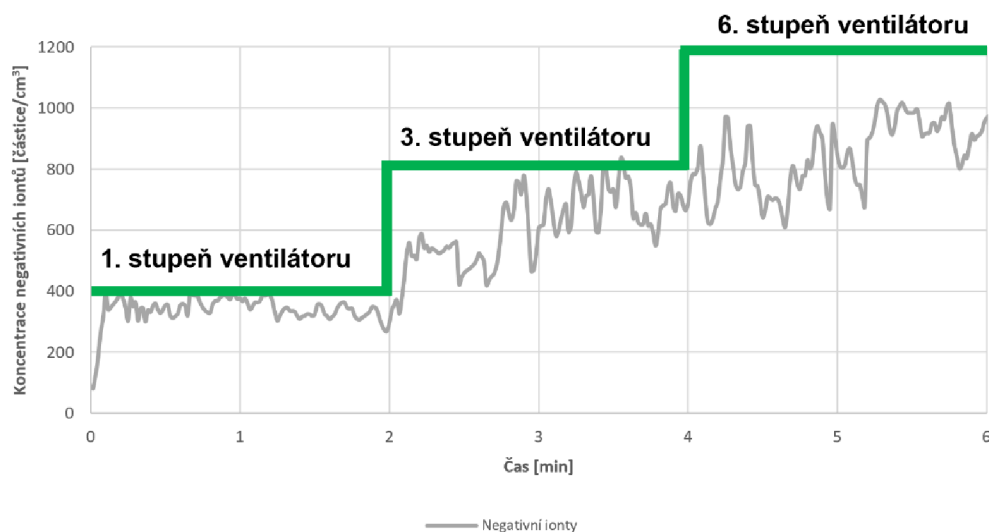
Obrázek 4: Nastavená poloha ofukovačů – Škoda Enyaq iV



Zdroj: Vlastní zpracování z CAD dat Škoda Auto a.s.

Nastavení klimatizace bylo závislé na režimu měření. Pro všechny jízdní zkoušky bylo nastavení klimatizace stejné, tedy režim AUTO s požadovanou teplotou 22 °C. V případě zkoušek stacionárních se jednalo o manuální nastavení klimatizace, taktéž s požadovanou teplotou 22 °C. Experimentální nastavení klimatizace ve stacionárním režimu zkoušek spočívalo ve změně intenzity ventilátoru a následném sledování změn distribuce ionizovaných částic interiérem. Intenzita ventilátoru byla po zvoleném časovém intervalu (2 min) postupně zvyšována (obrázek 5). U vozidla Škoda Enyaq se jednalo o stupně ventilátoru 1,3,6, tedy o napětí na ventilátoru 5 V, 7,9 V a 12,5 V. Možnost nastavení intenzity ventilátoru u vozidel Audi byla odlišná, tedy u vozidla Audi Q8 byly měřeny stupně 1-6 a u vozidla Audi A7 stupně 1-4. Experimentální nastavení klimatizace bylo až na zmíněné nastavení intenzity ventilátoru totožné s režimem AUTO.

Obrázek 5: Příklad grafického zobrazení nastavení stupně ventilátoru



Zdroj: Vlastní zpracování

5.2 Měření koncentrace vzdušných iontů pomocí přístrojů

Tato podkapitola popisuje celý proces měření koncentrace vzdušných iontů v interiéru vozidel a popis měřicí aparatury. Jsou zde definovány přesné pozice ionizátorů a přístrojů sloužících k záznamu sledovaných hodnot. Podkapitola také obsahuje popis jednotlivých přístrojů, přípravy měření, počátečních podmínek měření a způsobu zpracování naměřených hodnot.

5.2.1 Použité měřicí přístroje

Veškerá měření koncentrace vzdušných iontů v interiéru vozidel byla provedena pomocí ionometru Holbach IM806V3. Jedná se o přístroj se schopností v čase měřit a zaznamenávat na vnitřní paměť koncentraci kladných a záporných vzdušných iontů a hodnotu atmosférického tlaku. Měření koncentrace vzdušných iontů je založeno na dvou paralelně uspořádaných elektrodách pro simultánní detekci obou polarit částic a na ventilátoru. Rozsah měření nabitých částic je 0 – 40 000 000 iontů / cm³. Přístroj lze vzhledem k velké výdrži baterie (15 hodin) využít v terénu, případně je vybaven i možností napájení ze sítě. Ovládání přístroje je zajištěno pomocí dotykového 4,3“ displeje nebo pomocí aplikace – připojením k PC přes USB. Naměřená data jsou na interní paměť zaznamenána ve formátu ASCII ve formě sloupců. Přístroj není nutné manuálně kalibrovat. Kalibrace a zahřátí na provozní teplotu probíhá automaticky při každém spuštění přístroje. Přístroj byl dodatečně vybaven hliníkovými trubicemi (originální příslušenství), které jsou kvůli eliminaci bočních proudů vzduchu připevněny v oblasti sacích otvorů přístroje.

Souběžně s přístrojem pro měření vzdušných iontů byla použita kombinace přístrojů imc CANSASflex a imc BUSDAQflex. Jedná se o inteligentní datalogger, tedy přístroj pro záznam toků nezpracovaných dat a protokolových kanálů. Zároveň je podporováno živé dekódování protokolů OBD2, XCP, CCP, DiagOnCan atd. Pro možnost analýzy změn koncentrace vzdušných iontů v interiéru a pro sledování chování klimatizační jednotky byly sledovány a zaznamenávány následující veličiny: napětí na ventilátoru klimatizace, teplota vzduchu na výdechu ofukovačů, intenzita slunečního záření na senzoru čelního skla, teplota venkovního vzduchu, úhel natočení recirkulační klapky, poměr distribuce vzduchu oblast nohou / oblast hlavy, rychlost vozidla atd. Přístroj byl umístěn stacionárně v zavazadlovém prostoru vozidla a napájen 12V autozásuvkou. Tok dat jednotlivých kanálů je zajištěn kabely se speciálním konektorem. Záznam samotných dat je během měření automaticky ukládán přes rozhraní USB přímo na interní paměť PC.

5.2.2 Pozice a orientace měřícího přístroje Holbach

Měřicí přístroj Holbach IM806V3 byl umístěn do různých poloh v závislosti na druhu měření. Během stacionárního měření v laboratoři byl přístroj umístěn mezi tělo sedačky a hlavovou opěrku (viz obrázek 6A, 6B) tak, aby sání přístroje bylo v přibližně stejné poloze jako pasažérův obličej (oblast vdechování), tedy cílové místo ionizovaných částic. Identicky bylo měřeno na všech čtyřech sedadlech pro pasažéry.

Obrázek 6: Pozice měřícího přístroje Holbach IM806V3 během stacionárních měření



Zdroj: Vlastní zpracování

V případě jízdních zkoušek byl měřicí přístroj umístěn tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost provozu a zároveň, aby byla koncentrace ionizovaných částic v interiéru vozidla změřena co nejpřesněji. Měřicí přístroj byl umístěn ve středu vozidla nad loketní opěrkou mezi řidičem a spolujezdcem v oblasti obličeje viz obrázek 7A, 7B. Sací část přístroje (trubice) byla namířena směrem ke středovým ofukovačům, tedy do proudu vzduchu (distributora iontů). Totožná pozice a orientace přístroje byla použita také pro stanovení báze měření.

Obrázek 7: Pozice měřicího přístroje Holbach IM806V3 během jízdních zkoušek



Zdroj: Vlastní zpracování

5.2.3 Použitá klimatizační jednotka

Klimatizační skříň (viz obrázek 8), namontovaná do vozidla Škoda Enyaq iV 60, je sériově vyráběným dílem firmy Valeo, který je používán pro vozy platformy MEB Volkswagen koncernu. Konfigurace skříňe využitá pro účely diplomové práce je oproti standartní skříni klimatizace osazená ionizátorem firmy Paragon. Tato konfigurace je běžně dostupná výhradně na čínském trhu. Jedná se o třízónovou klimatizaci s ionizační jednotkou viz *Použité ionizátory a jejich umístění ve voze*. Jedinými odlišnostmi oproti standardní klimatizační jednotce MEB, které mají souvislost s ionizací vzduchu, je ovládání samotné ionizace a tvar mezikusu mezi skříni klimatizace a výdechy středových ofukovačů. Rozdílný tvar, plocha a materiál mezikusu může výrazně ovlivnit proudění vzduchu a případnou neutralizaci ionizovaných částic. Detailnější vizualizace a popis klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV se nachází v přílohách 1-3.

Obrázek 8: Poloha klimatizační skříňe s ionizátorem – Škoda Enyaq iV



Zdroj: Vlastní zpracování z CAD dat Škoda Auto a.s.

5.2.4 Použité ionizátory a jejich umístění ve voze

Pro posouzení ideálního konceptu z hlediska typu a možnosti umístění ionizátoru v interiéru vozidla byly zvoleny dvě kategorie ionizátorů: ionizátory, které jsou součástí výbavy vozidla a komerční ionizátory dostupné jako příslušenství. Pro lepší porovnatelnost jednotlivých konceptů ionizace bylo kromě standartního konstrukčního umístění od výrobce zvoleno experimentální umístění (pouze pro ionizátor Paragon a Technaxx), a to v proudu vzduchu ze středního ofukovače řidiče viz obrázky umístění jednotlivých konceptů.

Hlavní pozornost byla věnována ionizátoru od firmy Paragon GmbH & Co. KGaA, který je součástí sériově vyráběné klimatizační jednotky pro MEB platformu koncernu Volkswagen (VW China). Tato lokalizovaná sestava ionizátoru Paragon a klimatizační skříň byla namontována do vozidla Škoda Enyaq iV za cílem zjištění koncentrací iontů v interiéru vozidla Škoda a pro porovnání s dalšími koncepty ionizace.

Aftermarketové ionizátory Technaxx TX-130 a Compass-Mitchell Anion byly vybrány z důvodu možnosti volby jejich umístění, mohutnosti zdroje iontů, dostupnosti a příznivé ceny. Pozice pro aftermarketové ionizátory byla zvolena dle konstrukčních parametrů jednotlivých zařízení i vozidla. Pro porovnání a jako doplňková měření byly měřeny parametry originálního příslušenství Škoda Air Purifier pro indický trh a „Paketu ambientního ovzduší“ v interiéru vozidel značky Audi. Podrobné parametry jednotlivých ionizátorů jsou popsány v následujících odstavcích.

Paragon – Air Quality Improver

Ionizátorem AQI[®] značky Paragon je vybavena klimatizační skříň elektrických vozidel Volkswagen, postavených na platformě MEB (nabízené ve vozidlech Volkswagen ID.3, ID.4). Tato sestava třízónové klimatizace a ionizátoru je dostupná pouze pro čínský trh, a to z důvodu velkého znečištění tamního ovzduší.

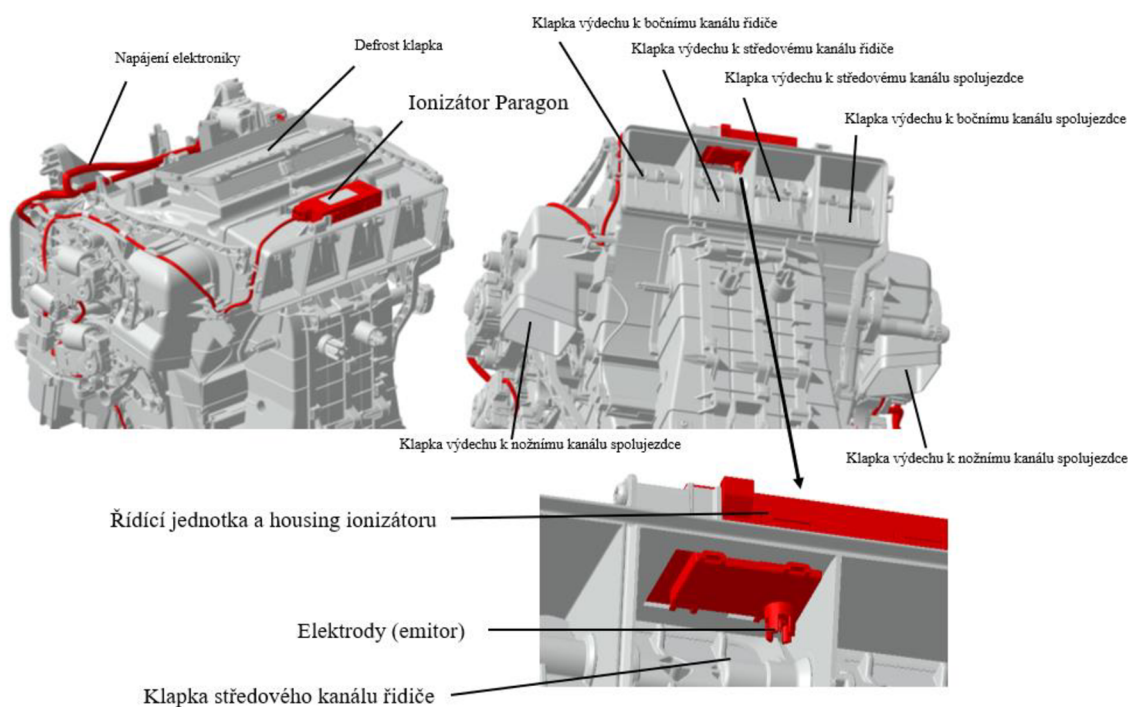
Vzhledem ke kompatibilitě klimatizace s koncernovými vozidly na platformě MEB bylo klimatizační jednotkou s ionizátorem osazeno vozidlo Škoda Enyaq iV 60. Pro umístění klimatizační jednotky s ionizátorem do vozidla byla nutná kompletní demontáž přední části interiéru vozidla. Výčet úkonů potřebných pro montáž viz *Sled operací montáže klimatizační jednotky s ionizátorem Paragon*.

Sled operací montáže klimatizační jednotky s ionizátorem Paragon:

- Deaktivace vysokonapětového systému vozidla
- Vypuštění chladicího okruhu klimatizace
- Demontáž středové konzole
- Demontáž přístrojové desky s vybavením
- Demontáž modulového nosiče
- Demontáž dvouzónové klimatizace bez ionizátoru
- Montáž třízónové klimatizace s ionizátorem
- Montáž modulového nosiče
- Montáž přístrojové desky s vybavením
- Montáž středové konzole
- Naplnění chladicího okruhu klimatizace
- Aktivace vysokonapětového systému vozidla
- Nahrání firmwaru kompatibilního s klimatizační jednotkou
- Kódování funkcí spojených se spuštěním ionizátoru
- Otestování funkčnosti vozidla jako celku

Ionizátor je umístěn na horní části klimatizační skříně nad středovým výdechem a klapkou pro distribuci vzduchu řidiči viz barevné vyznačení na obrázku 9. Vzhledem k umístění ionizátoru je distribuce ionizovaných částic závislá na režimu klimatizace, tedy nastavení distribuce vzduchu v daném režimu. Ionizace je v tomto případě aktivní pouze v „letním režimu“, kdy je vzduch distribuován právě s preferencí bočních a středních ofukovačů. V zimním období je využíváno distribuce vzduchu s preferencí oblasti nohou a bočních ofukovačů, tudíž záporné ionty nejsou unášeny vzduchem ze středového výdechu a následně ofukovačem do interiéru vozidla.

Obrázek 9: Standartní poloha ionizátoru Paragon Air Quality Improver



Zdroj: Vlastní zpracování z CAD dat Škoda Auto a.s.

Vlastní ionizátor emituje záporné ionty na principu využití korónového výboje. Vzhledem ke speciální kombinaci uspořádání elektrod a nižšího napětí na emitoru je generováno velké množství záporných iontů se zanedbatelnými emisemi ozónu (<0,05 ppm). Dle výrobce je mohutnost zdroje záporných iontů 1,2 milionů částic na cm^3 . V interiéru vozidla byla výrobcem naměřena koncentrace až 50 tisíc záporných iontů na cm^3 , což bude ověřeno a porovnáno s ostatními koncepty ionizace vzduchu.

Kromě běžné polohy (součást skříně klimatizace) byl ionizátor experimentálně umístěn na přístrojovou desku do proudu vzduchu ze středového ofukovače viz obrázek 10 a obrázek 11. Na obrázku 11 je červeně vyznačeno umístění elektrod, tedy zdroje záporných iontů.

Obrázek 10: Experimentální umístění ionizátoru Paragon – pohled shora



Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 11: Experimentální umístění ionizátoru Paragon – pohled zdola

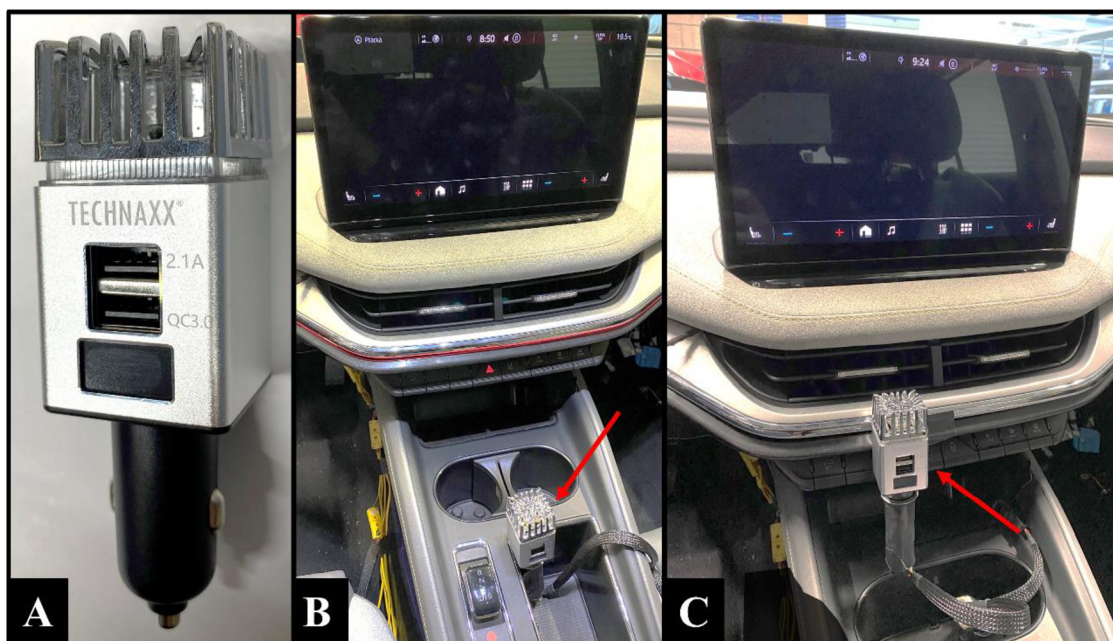


Zdroj: Vlastní zpracování

Technaxx TX-130

Aftermarketový ionizátor Technaxx TX-130 viz obrázek 12A je kompaktním řešením pro zlepšení kvality interiérového vzduchu. Součástí těla zařízení je konektor pro autozásuvku se vstupním napětím 12-24 V. Vzhledem k poměrně malým rozměrům ionizátoru (34 mm x 110 mm x 34 mm) nedochází k omezování pohybu posádky. Mohutnost zdroje záporných iontů je dle výrobce 5,6 milionů částic na cm³, jejichž distribuce od emitoru do interiéru je zajišťována velmi malým ventilátorem. Ionizátor funguje na principu uměle vytvořeného korónového výboje. Evropské legislativní požadavky koncentrace ozónu jsou dle výrobce splněny, tedy ionizátor emituje ozón v menší koncentraci, než je hodnota 0,05 ppm. Ionizátor Technaxx zároveň disponuje ukazatelem napětí baterie vozidla a dvěma USB porty. Cenově se toto zařízení pohybuje okolo 30 €. Ionizátor byl umístěn v pozici určené jeho konstrukcí, tedy v autozásuvce na středové konzoli (viz obrázek 12B). Experimentální umístění bylo u výdechu středového ofukovače na straně řidiče (viz obrázek 12C).

Obrázek 12: Ionizátor Technaxx TX-130 a jeho standartní a experimentální umístění

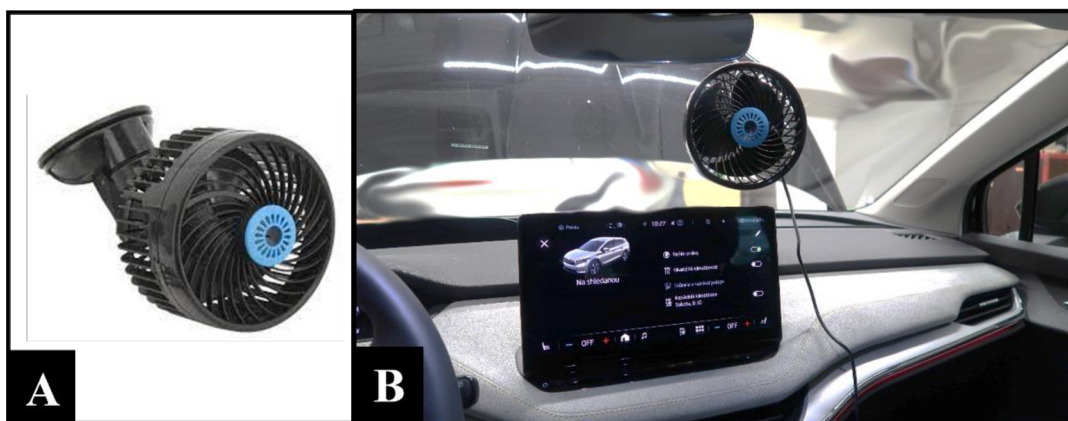


Zdroj: Vlastní zpracování

Compass–Mitchell Anion

Ventilátor Compass-Mitchell Anion viz obrázek 13A je doplněný o ionizátor vzduchu se schopností emitovat až 20 milionů záporných částic na cm^3 . Napájení je zajištěno přes 12 V konektor pro autozásuvky. Ventilátor je vybaven silnou přísavkou a napájecím kabelem o délce 2 m, což umožňuje libovolné umístění téměř na jakékoli místo ve vozidle. Přítomnost dvou kloubů poskytuje možnost individuálního nastavení směru proudění vzduchu a s ním spojenou distribuci iontů. Ovladač ventilátoru disponuje kolečkem pro plynulou regulaci otáček a samostatným vypínačem pro aktivaci a deaktivaci ionizátoru. Emitovaný ozón nepřevyšuje koncentraci 0,05 ppm. Limitujícím parametrem u tohoto zařízení je hmotnost (790 g) a rozměry (180 mm x 145 mm x 240 mm). Cenově se toto zařízení pohybuje okolo 25 €. Pro účely měření bylo zařízení umístěno na střední část čelního skla a namířeno tak, aby byl ionizovaný vzduch unášen směrem k řidiči a zadní posádce vozidla viz obrázek 13B.

Obrázek 13: Ionizátor Compass-Mitchell Anion a jeho umístění



Zdroj: www.compass.cz a vlastní zpracování

Škoda Air Purifier

Kompaktní ionizátor Škoda Air Purifier viz obrázek 14A je dostupný na indickém trhu jako originální příslušenství Škoda. Přesněji se jedná o čističku vzduchu s integrovaným ionizátorem. Tvarově i funkčně je zařízení uzpůsobeno pro umístění do cup holderu ve středové konzoli vozidla viz obrázek 14B. Napájení je zajištěno USB kabelem. Sání znečištěného vzduchu zajišťují ve spodní části dva naproti sobě orientované panely s průduchy, kterými vzduch proudí přes HEPA filtr. Následně je vzduch ionizován pomocí elektrody a distribuován ven ze zařízení pomocí malého ventilátoru. Vzhledem k rozměrům (75 mm x 75 mm x 165 mm) nepředstavuje zařízení překážku při běžném ovládání vozidla. Konkrétní parametry ionizátoru nejsou výrobcem uvedeny, budou tedy změřeny v interiéru vozidla Škoda Enyaq iV. Cenově se toto zařízení pohybuje okolo 30 €. Umístění v rámci měření bylo na středové konzoli v cup holderu.

Obrázek 14: Škoda Air Purifier



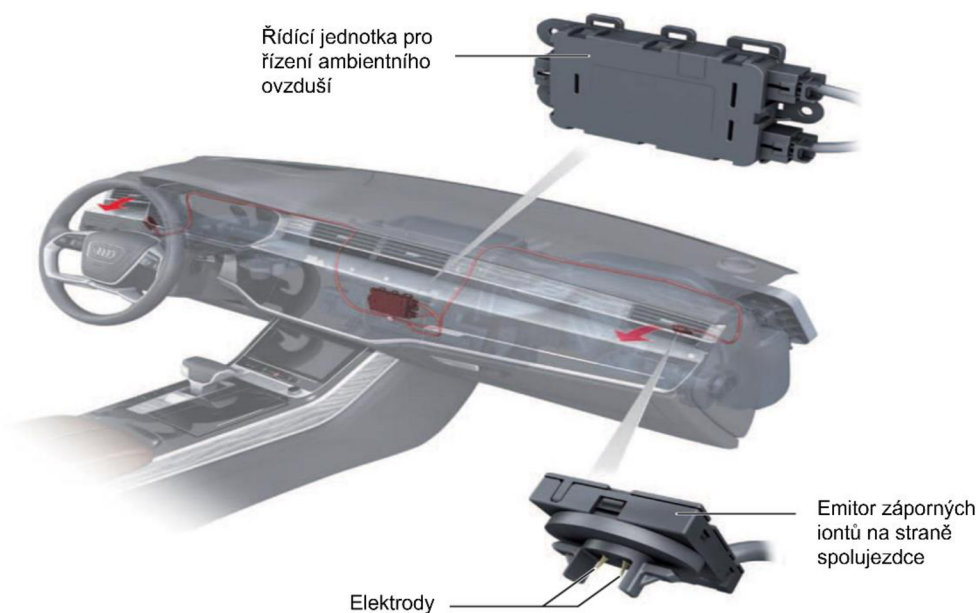
Zdroj: Škoda Auto a.s. (44)

Audi – Paket ambientního ovzduší

„Paket ambientního ovzduší“ je nadstandardní výbavou, sestávající ze tří hlavních prvků, které zlepšují kvalitu vzduchu ve vozidle. Konkrétně se jedná o ionizátor, aroma jednotku a kombinovaný filtr klimatizace. Aktuálně je tento paket dostupný pouze pro modely Audi Q8, Q7, E-tron, E-tron GT, A8, A7, A6 a podmínkou pro jeho volbu je zakoupení čtyřzónové klimatizace.

Sestava ionizátoru se skládá ze separátně uložené řídicí jednotky a dvou vysokonapěťových emitorů viz obrázek 15. Řídicí jednotka ionizátoru je umístěna uprostřed vozu pod přístrojovou deskou, odkud komunikuje se senzory kvality vzduchu a se samotnými emitory záporných iontů. Emitory jsou umístěny na konci vedení vzduchu, tedy v kanálech rozvodů vzduchu před ofukovači řidiče a spolujezdce, tak aby negativně nabitě částice přišly co nejméně do styku s opačně nabitými materiály povrchů. Posádce je umožněna aktivace nebo deaktivace ionizátoru pomocí HMI. Obdobným způsobem je možné ovládat aromatizaci klimatizovaného vzduchu. Cena prémiového „Paketu ambientního ovzduší“ i se čtyřzónovou klimatizací se pohybuje okolo 1250 €. Konkrétní parametry ionizátoru nejsou veřejně dostupné, bude tedy změřena koncentrace záporných iontů přímo v interiéru vozidel Audi Q8 a Audi A7.

Obrázek 15: Paket ambientního ovzduší vozidel Audi



Zdroj: Audi AG

5.2.5 Příprava měření

Příprava měření je jednou ze stěžejních činností v rámci stacionárních (laboratorních) i jízdních zkoušek, tedy v rámci celého procesu měření koncentrace ionizovaných částic. Nejprve jsou umístěny měřicí přístroje do předem definované polohy. Následně jsou měřicí přístroje propojeny s PC a zapnuty. Ionometr Holbach není nutné ručně kalibrovat, ke kalibraci dochází po zahřátí přístroje automaticky. Dalším krokem je nastavení nebo případná kontrola polohy ionizátoru, polohy ofukovačů a režimu klimatizace. Dále je nutné zajistit výchozí hodnoty koncentrace ionizovaných částic, tedy hodnoty přirozených koncentrací, což je docíleno větráním pomocí otevřených dveří. Po ustálení hodnot koncentrace atmosférických iontů nasedá posádka vozidla a jsou uzavřeny všechny dveře. Následuje spuštění záznamu dat obou měřících přístrojů a samotná stacionární nebo jízdní zkouška.

Přesný postup měření – sled operací

- Umístění přístroje Holbach a BUSDAQ do polohy pro měření
- Připojení měřících přístrojů k PC
- Zapnutí měřících přístrojů (Holbach + BUSDAQ)
- Nastavení zvolené polohy daného ionizátoru
- Nastavení polohy ofukovačů
- Nastavení režimu klimatizace
- Otevření všech dveří vozidla (větrání)
- Nastoupení posádky a uzavření všech dveří vozidla
- Spuštění záznamu dat obou přístrojů
- Jízda
- Průběžná kontrola měřících přístrojů za jízdy
- Zastavení záznamu dat

5.2.6 Počáteční podmínky měření

Pro zajištění opakovatelnosti všech měření byly stanoveny a dodržovány výchozí podmínky daných měření. Veškerá měření stejného režimu byla uskutečněna za téměř totožných výchozích podmínek. V případě laboratorních měření byla shoda výchozích podmínek největší, a to vzhledem k téměř neměnným teplotním, vlhkostním a povětrnostním podmínkám. Měření v režimu jízdních zkoušek byla prováděna za venkovních teplot 15-20 °C a za podobného počasí. Za počáteční koncentraci vzdušných iontů, tedy začátek měření, byly považovány ustálené přirozené hodnoty, tedy hodnoty v intervalech přibližně 50-150 negativních iontů na cm^3 a 150-250 pozitivních iontů na cm^3 . Výchozí podmínky týkající se umístění ionizátorů a měřicí aparatury jsou popsány v předchozích kapitolách: *Použité měřicí přístroje, Použité ionizátory a jejich umístění ve voze.*

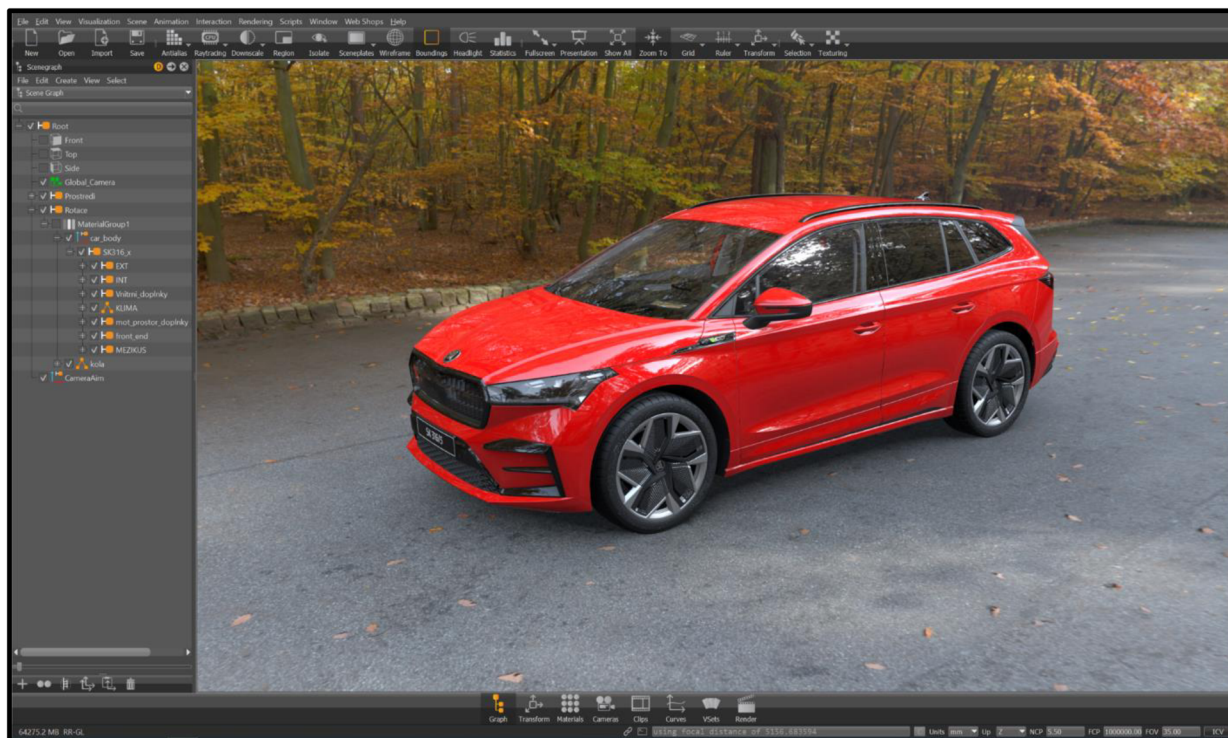
5.2.7 Zpracování naměřených dat

Záznamy jednotlivých měření bylo nutné zaznamenat a následně odborně zpracovat. Naměřená data koncentrací ionizovaných částic byla zaznamenána ve formátu ASCII na interní paměť měřicího přístroje Holbach. Pro následné zpracování záznamů koncentrací iontů bylo nutné zkopírovat data na interní paměť počítače. Sledované signály byly přes sběrnici CAN BUS zaznamenány dataloggerem imc Busdaq přímo na interní paměť počítače. Pro samotné zpracování naměřených dat a jejich následnou vizualizaci bylo využito programu imc Famos (zpracování datových sad) a tabulkového procesoru MS Excel 365. Výstup z analýzy naměřených a zpracovaných dat byl ve formě grafické (závislost veličin na čase) a alfanumerické (hodnoty v tabulkách).

5.2.8 Vizualizace topologie systému klimatizace vozidla Škoda Enyaq iV

Pro účely vizualizace klima okruhu s ionizátorem a samotného vozidla byl sestaven virtuální model vozidla Škoda Enyaq iV. Pro vytvoření modelu byla použita originální konstrukční a povrchová CAD data jednotlivých dílů, sloužící pro vývoj, design a výrobu vozidel ve Škoda Auto a.s.. Bylo pracováno s daty ve formátu .CATPart (Catia V5) ze systému Škoda a následně byla data zkompletována v softwaru pro 3D vizualizace Autodesk VRED Professional. V první řadě byla data překontrolována a případně umístěna do správné polohy v souřadném systému. Dále byly jednotlivým dílům přiřazeny reálné textury a barevné specifikace. Následovaly úpravy stínů celé scény, aby byla výsledná vizualizace co nejvíce realistická. V poslední fázi byly na modelu zobrazeny stěžejní části klima okruhu včetně vlastní klimatizace a následně proběhlo renderování obrázků. Vytvořený 3D model je možné vizualizovat pomocí speciálních brýlí pro virtuální realitu s využitím dalších ovládacích prvků a animací. Ukázka pracovního prostředí využitého programu Autodesk VRED Professional je zobrazena na obrázku 16. Finální obrázky byly upraveny pomocí obrázkového procesoru Adobe Photoshop 2022.

Obrázek 16: Pracovní rozhraní aplikace Autodesk VRED Professional



Zdroj: Vlastní zpracování z CAD dat Škoda Auto a.s.

6. Zhodnocení výsledků

Kapitola obsahuje data a poznatky získané měřením koncentrací negativních a pozitivních vzdušných iontů v interiéru vozidel za použití různých konceptů ionizace a při dodržení předem definovaných postupů a podmínek. Pro dosažení lepší porovnatelnosti byla měření zaznamenávána ve stejných časových úsecích.

6.1 Stanovení báze měření

Báze vychází z měření koncentrací negativních a pozitivních vzdušných iontů, generovaných ionizátorem Paragon AQI[®], který byl součástí lokalizované klimatizační skříně ve vozidle Škoda Enyaq iV. Měření probíhala ve stacionárním režimu a při nastavení manuálního režimu klimatizace a ventilátoru na 6. stupeň. Maximální intenzita ventilátoru byla nastavena za účelem lepšího transportu ionizovaného vzduchu do místa měření a maximalizace homogenity koncentrace iontů v celém objemu interiéru. Báze slouží k ověření výrobcem deklarované mohutnosti zdroje iontů, ke zjištění chování ionizovaných částic v interiéru vozidla a pro zjištění přesnosti, senzitivity a zaručení opakovatelnosti měření.

Z důvodu zjištění vlivu směrování ionizovaného vzduchu a působení různých materiálů přístrojové desky a samotného vedení vzduchu na rekombinaci ionizovaných částic, probíhala měření ve dvou zástavbových variantách:

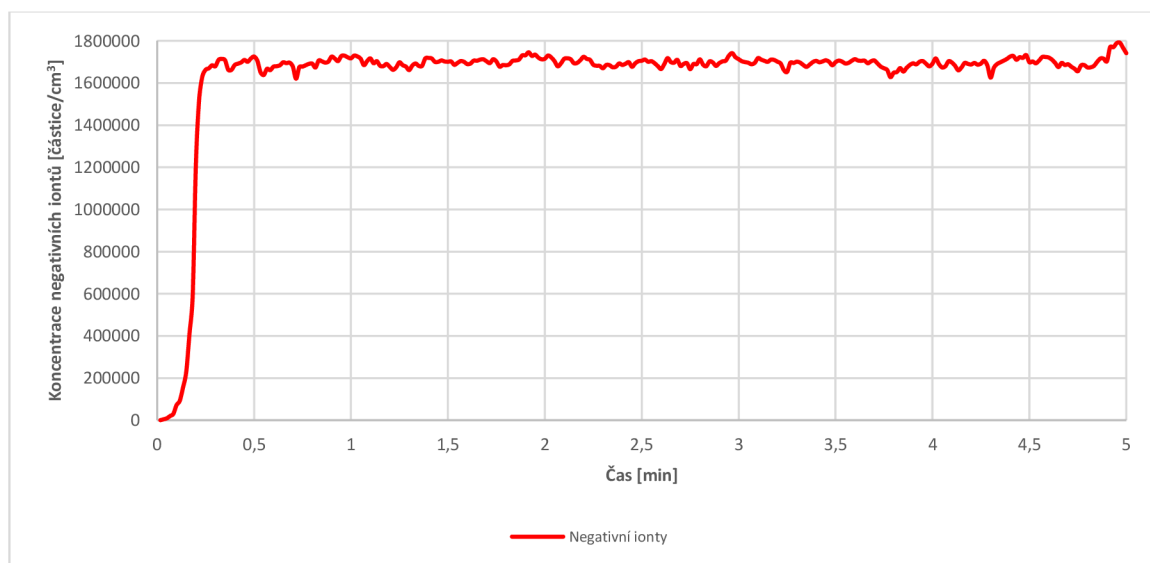
- Bez přístrojové desky a vedení vzduchu
- S přístrojovou deskou s vedením vzduchu

Báze Paragon AQI[®] - bez přístrojové desky a vedení vzduchu

Z výsledků měření báze bez přístrojové desky a vedení vzduchu byly zaznamenány průběhy negativních a pozitivních iontů v čase. Obrázek 17 znázorňuje průběh negativních iontů v čase a obrázek 18 zobrazuje průběh pozitivních iontů v čase.

Na obrázku 17 je graficky znázorněn průběh koncentrace záporných iontů v čase, a to ve variantě bez přístrojové desky a vedení vzduchu při nastavení 6. stupně ventilátoru. Z průběhu je zřetelný rychlý nárůst koncentrace záporných iontů v první minutě a následný pohyb koncentrace v poměrně ustáleném intervalu, tedy okolo 1 700 000 záporných iontů / cm³. Vzhledem k naměřeným hodnotám lze potvrdit výrobcem deklarovanou mohutnost zdroje ionizátoru. Ionizátor je zřejmě nastaven na vyšší výkon, právě pro dosažení nejméně deklarovaných hodnot.

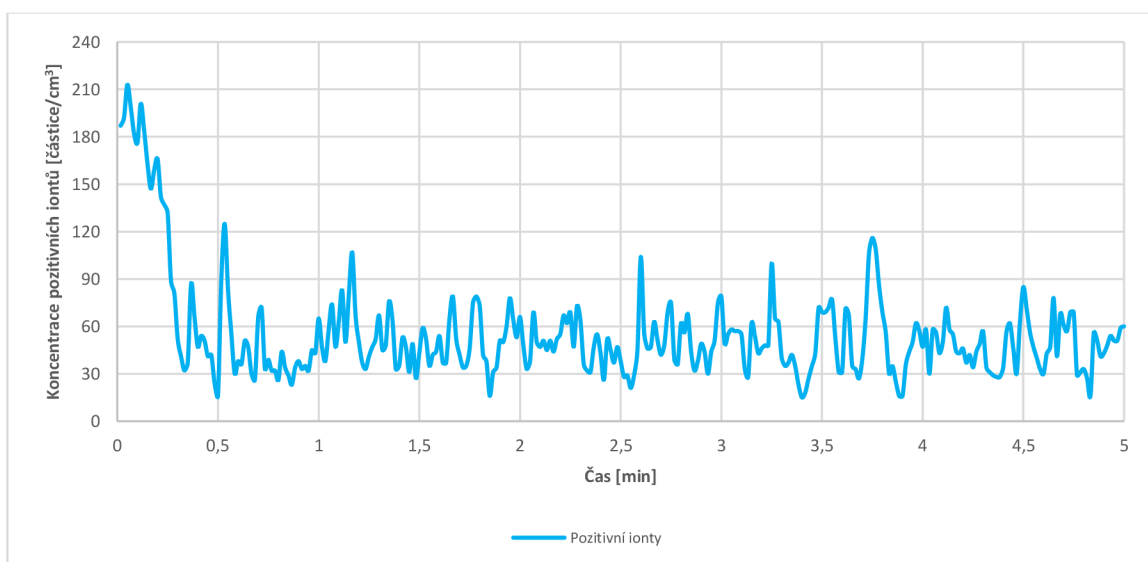
Obrázek 17: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Báze Paragon AQI[®] bez přístrojové desky a vedení vzduchu



Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 18 ukazuje průběh koncentrace pozitivních vzdušných iontů v čase. Z grafu je patrný téměř okamžitý pokles koncentrace pozitivních iontů, a to z důvodu rekombinace s ionty negativními. Vzhledem k přítomnosti vysokých koncentrací negativních iontů viz obrázek 17 dochází k neustálé rekombinaci. Z tohoto důvodu je po zbytek měření koncentrace pozitivních iontů poměrně nízká, tedy konkrétně se pohybuje v intervalu 16–109 iontů / cm³. Koncentrace negativních iontů dosahuje hodnot o čtyři řády vyšších, než koncentrace iontů pozitivních.

Obrázek 18: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Báze Paragon AQI[®] bez přístrojové desky a vedení vzduchu

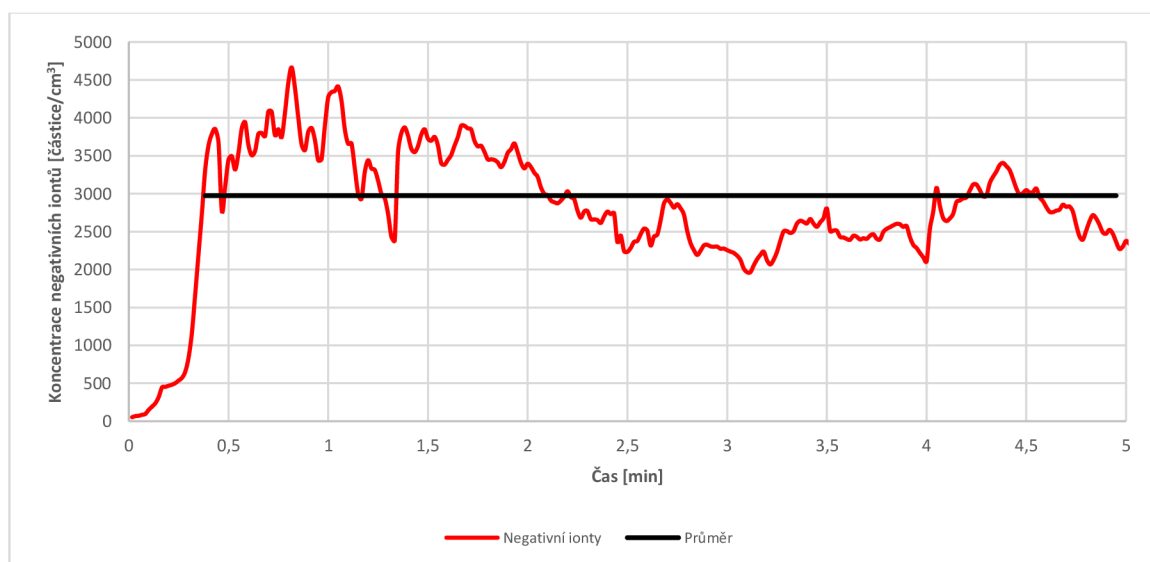


Zdroj: Vlastní zpracování

Báze Paragon AQI[®] - s přístrojovou deskou a vedením vzduchu

Obrázek 19 zobrazuje časovou závislost koncentrace negativních vzdušných iontů během druhé varianty měření, tedy s přístrojovou deskou a vedením vzduchu při nastavení 6. stupně intenzity ventilátoru. V porovnání s předchozí variantou (bez PD a vedení vzduchu viz obrázek 17) dosahuje koncentrace negativních iontů v průměru 3000 iontů / cm³. Tento extrémní pokles koncentrace záporných iontů je způsoben kontaktem částic s geometrií vedení vzduchu a následnou rekombinací.

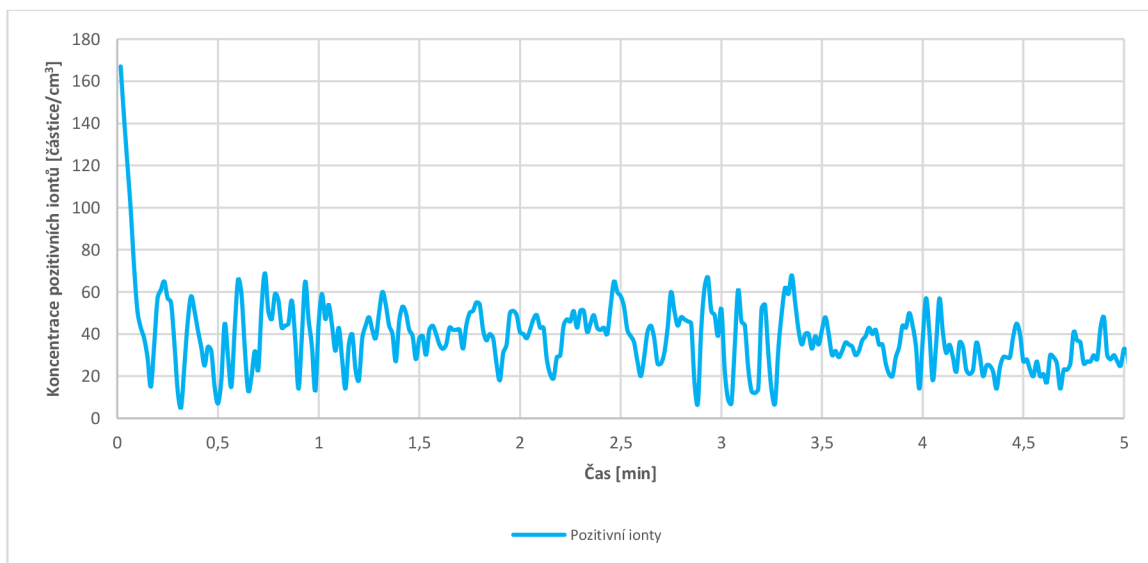
Obrázek 19: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Báze Paragon AQI[®] s přístrojovou deskou a vedením vzduchu



Zdroj: Vlastní zpracování

Časová závislost koncentrace pozitivních vzdušných iontů na obrázku 20 zobrazuje obdobný průběh jako předchozí varianta (bez PD a vedení vzduchu), tedy snížení koncentrace z důvodu rekombinace s ionty negativními a následné udržení nižších hodnot (7–70 pozitivních iontů / cm³).

Obrázek 20: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Báze Paragon AQI® s přístrojovou deskou a vedením vzduchu



Zdroj: Vlastní zpracování

Ze srovnání bází v obou zástavbových variantách je zřejmé výrazné ovlivnění koncentrace negativních vzdušných iontů v interiéru vozidla, které je způsobeno přítomností distribučních rozvodů vzduchu a kontaktem ionizovaných částic s povrchem rozvodů vzduchu. Z důvodu rozdílu koncentrací negativních a pozitivních iontů v hodnotách několika řádů budou dále zobrazovány pouze průběhy koncentrace negativních vzdušných iontů. Průběhy koncentrace iontů pozitivních budou zobrazovány jen v případě výrazných odlišností od výše uvedených průběhů.

6.2 Hodnocení měřených konceptů ionizace

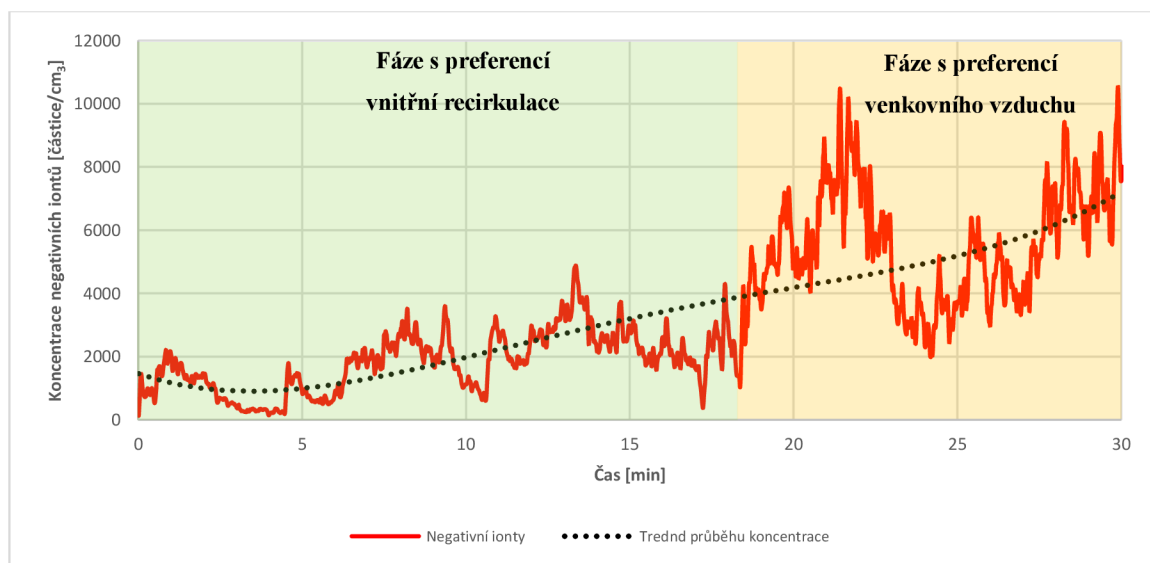
V první části této podkapitoly jsou zobrazeny grafické výstupy měření všech použitých konceptů ionizace v jejich standardní pozici během jízdních zkoušek. Všechna níže uvedená měření probíhala za totožného nastavení klimatizace, tedy v režimu AUTO.

Druhá část obsahuje definici kritérií hodnocení konceptů a tabulku (matici) vyhodnocení pomocí těchto kritérií.

Paragon – Air Quality Improver

První z hodnocených konceptů je Paragon AQI[®], který je zobrazen na obrázku 21. Průběh grafu na obrázku 21 má rostoucí tendenci, což je způsobeno nastavením klimatizace (AUTO) a umístěním ionizátoru (nad středovým kanálem klimatizační skříně). Distribuce iontů do interiéru je závislá na režimu klimatizace a jejím chování. Záleží zejména na rozdělení poměru distribuce vzduchu do jednotlivých kanálů, nastavení stupně ventilátoru (celkové množství vzduchu) a na poměru množství nasávaného venkovního a recirkulovaného vzduchu. V počáteční fázi jízdy převládá režim klimatizace na vnitřní recirkulaci a postupně je otevírána klapka pro přísávání venkovního vzduchu. Tento jev pozorovatelný v počátečních fázích klimatizování (0-18 min) je doprovázen nižšími koncentracemi negativních iontů. Postupným zvyšováním množství přísávaného venkovního vzduchu roste celkové množství vzduchu proudícího do interiéru, což má za následek zvýšení hodnot naměřených koncentrací negativních iontů (intenzifikace vlivem množství vzduchu a proudění).

Obrázek 21: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Paragon AQI[®] - klimatizace v režimu AUTO za jízdy

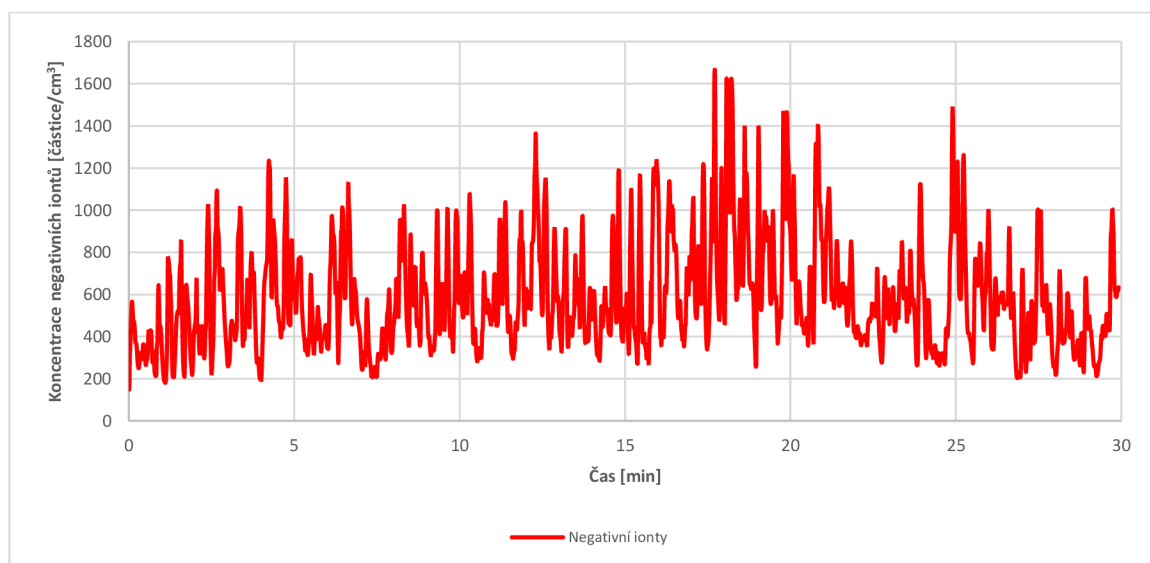


Zdroj: Vlastní zpracování

Technaxx TX-130

Časová závislost koncentrace negativních iontů u zařízení Technaxx TX-130 na obrázku 22 nedosahuje příliš vysokých hodnot, konkrétně se koncentrace pohybovala v intervalu 149–1668 iontů / cm³. Hlavním důvodem zaznamenání nižších koncentrací v místě měření bylo umístění ionizátoru v cup holderu, tedy mimo proud vzduchu, kterým jsou ionizované částice interiérem distribuovány. Ventilátor s malým výkonem a rozměry, kterým je zařízení vybaveno, slouží zejména pro distribuci iontů od elektrody samotného ionizátoru do okolí, a to pouze do vzdálenosti nižších jednotek centimetrů. Změna rostoucího a klesajícího trendu koncentrace negativních iontů byla zapříčiněna chováním automatického režimu klimatizace, a to v reakci na okolní parametry a podmínky.

Obrázek 22: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Technaxx TX-130 - klimatizace v režimu AUTO za jízdy

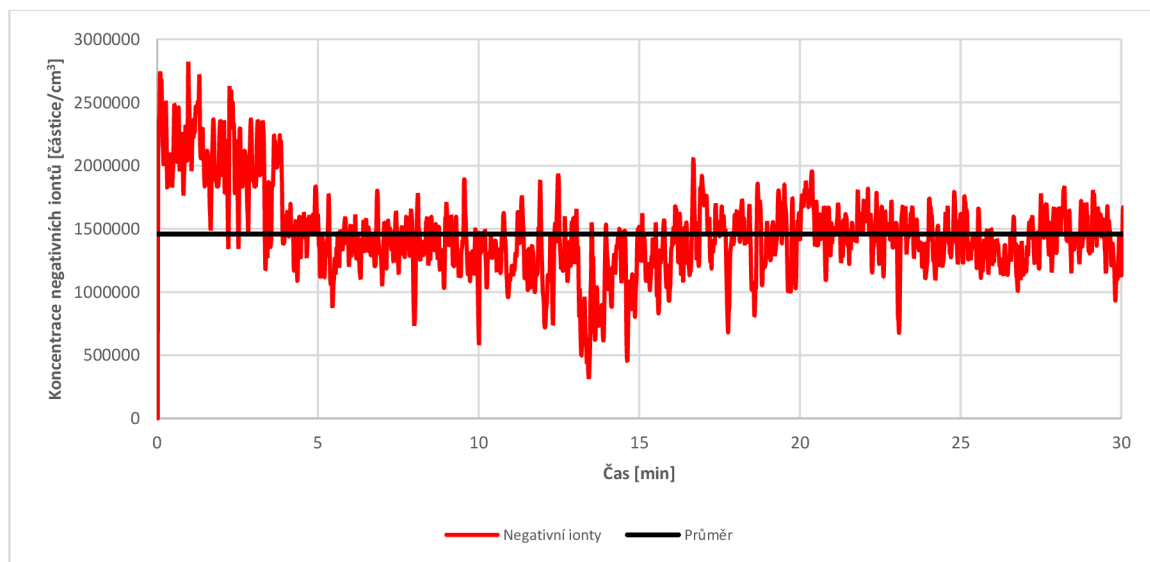


Zdroj: Vlastní zpracování

Compass–Mitchell Anion

Naměřené koncentrace negativních iontů viz obrázek 23, vygenerované zařízením Compass–Mitchell Anion, dosahují v průměru 1 480 000 iontů / cm³. Pohyb hodnot ve vysokých koncentracích byl způsoben pozicí, geometrií a konstrukcí samotného zařízení. Díky vlastnímu ventilátoru byly ionizované částice distribuovány dostatečně rychle a bez překážek interiérem vozidla. Kombinace vlastního výkonného ventilátoru a použití klimatizačního systému vozidla znásobili efekt ideálního unášení ionizovaných částic prostorem.

Obrázek 23: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Compass Mitchell Anion – klimatizace v režimu AUTO za jízdy

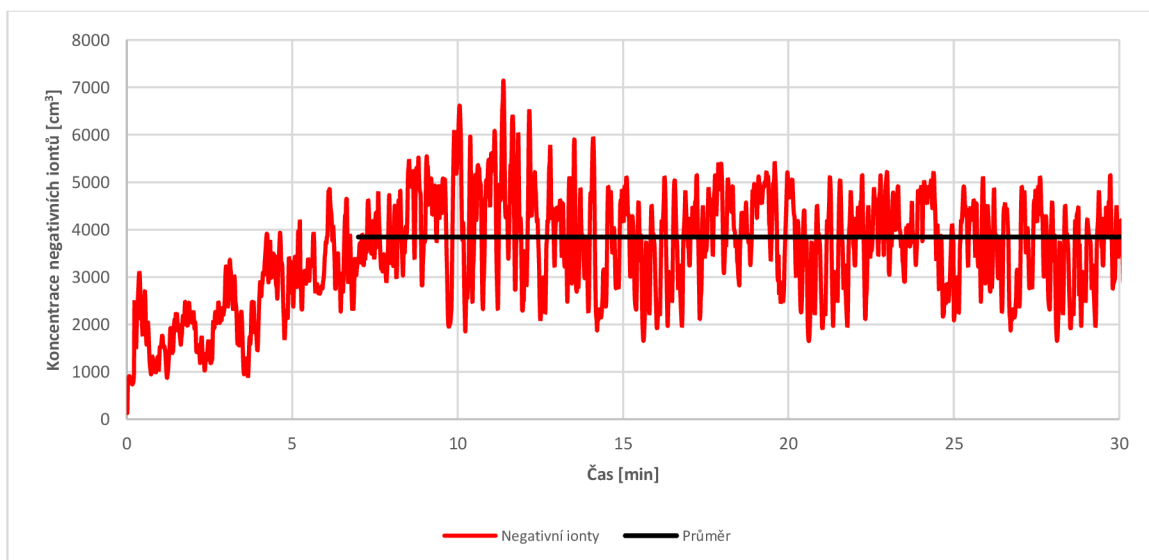


Zdroj: Vlastní zpracování

Škoda Air Purifier

Koncentrace negativních iontů v čase zobrazená na obrázku 24 dosahuje v ustáleném režimu (od 7. minuty) hodnot v průměru 3850 negativních iontů / cm³. Dle teorie se hodnoty pohybují v ideálním intervalu, avšak jsou brány na celý interiér vozidla nikoliv na osobu. Při větším počtu pasažérů jsou tyto koncentrace poměrně nízké. I přes přítomnost vlastního ventilátoru v zařízení není zajištěna distribuce iontů proudem vzduchu z ofukovačů, a to kvůli umístění v cup holderu na středové konzoli.

Obrázek 24: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Škoda Air Purifier – klimatizace v režimu AUTO za jízdy



Zdroj: Vlastní zpracování

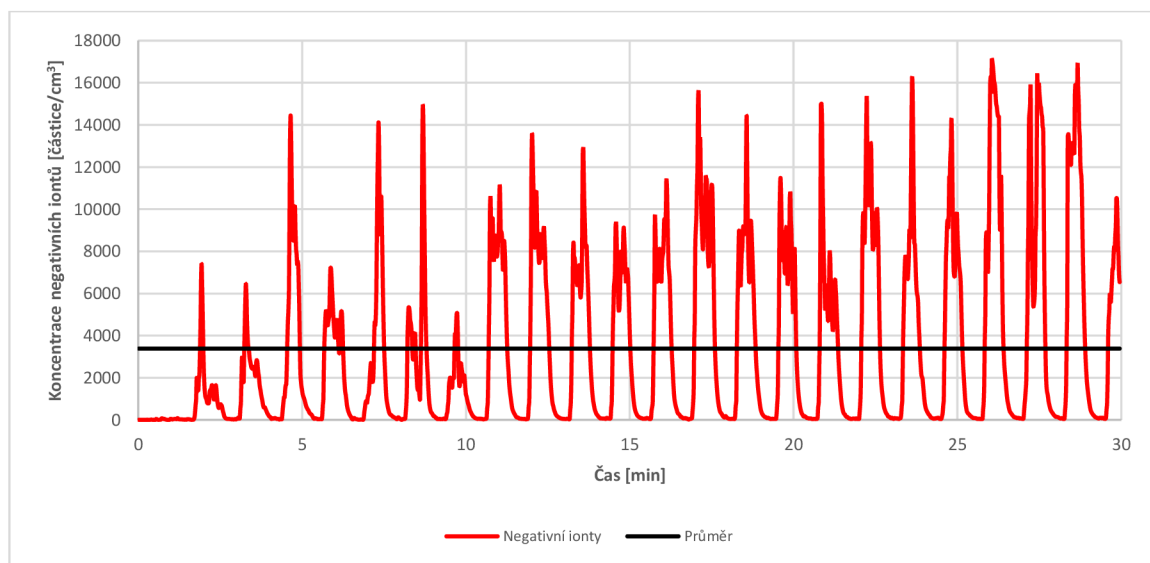
Audi – Paket ambientního ovzduší

Měření koncentrace negativních vzdušných iontů během jízdních zkoušek proběhla při nastavení klimatizace v režimu AUTO ve vozidlech Audi A7 a Audi Q8.

Audi A7 – Paket ambientního ovzduší

Na obrázku 25 můžeme pozorovat aktivaci ionizátoru v identických časových intervalech. Průběhy aktivace a deaktivace ionizátoru vykazují stejný charakter. U deaktivace se jedná o pozvolný pokles. Aktivace je následně skoková. Tato strategie slouží k udržení optimální koncentrace negativních vzdušných iontů vozidla Audi A7. Průměrná hodnota koncentrace negativních iontů za dobu celého měření činí 3400 iontů / cm³.

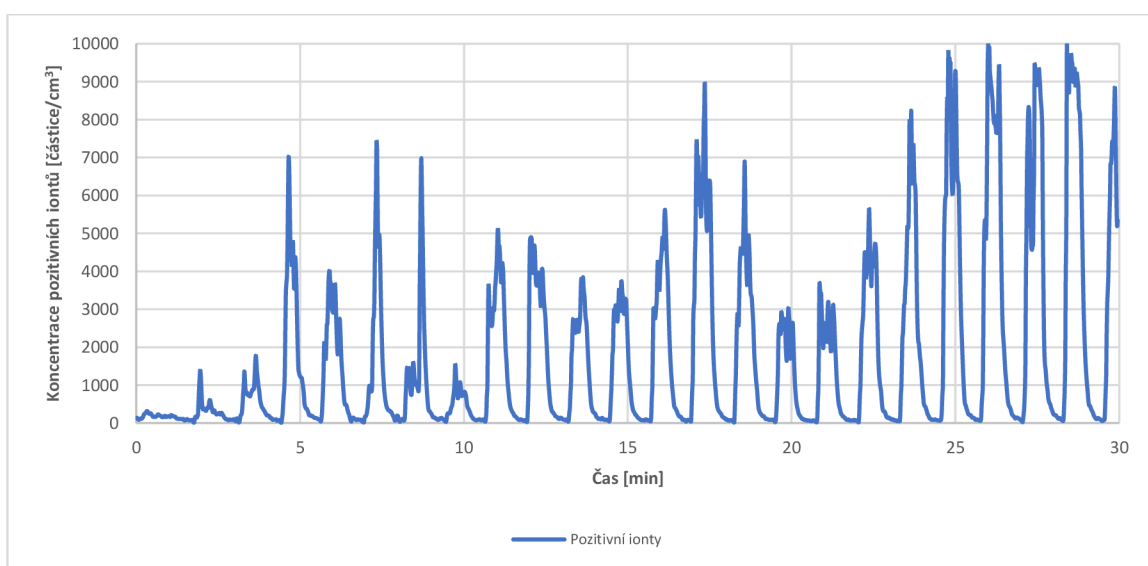
Obrázek 25: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Audi A7 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy



Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky souběžného měření koncentrace pozitivních vzdušných iontů viz obrázek 26 ukazují nárůst koncentrace v identických intervalech jako je tomu u koncentrace iontů negativních. V porovnání s ostatními koncepty je dosahováno až stonásobku pozitivních iontů / cm^3 , avšak je nutné brát v úvahu přítomnost dvou emitorů a větší výskyt prvků interiéru generující pozitivní ionty (větší plochy displejů, dekorové lišty...) a celkově jinou strategii řízení klimatizace s emitory iontů.

Obrázek 26: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Audi A7 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy

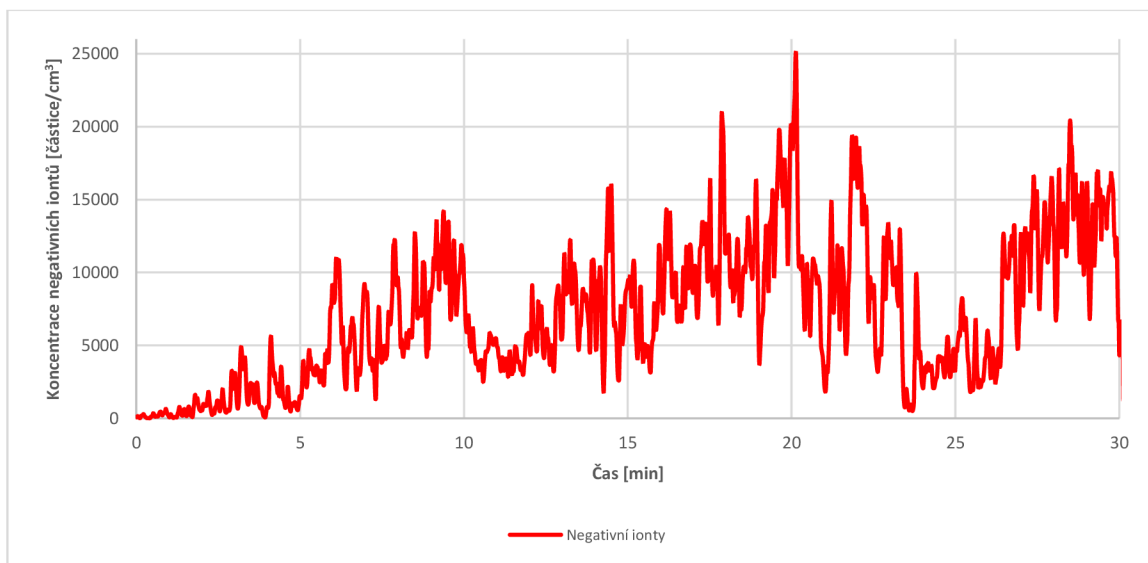


Zdroj: Vlastní zpracování

Audi Q8 – Paket ambientního ovzduší

Pro porovnání byl měřen průběh koncentrace vzdušných iontů ve vozidle Audi Q8. Průběh koncentrace negativních iontů na obrázku 27 nevykazuje periodicitu v porovnání s průběhem u vozidla Audi A7. Průměrná hodnota z celého intervalu měření (30 min) se pohybovala okolo 7000 negativních iontů / cm³.

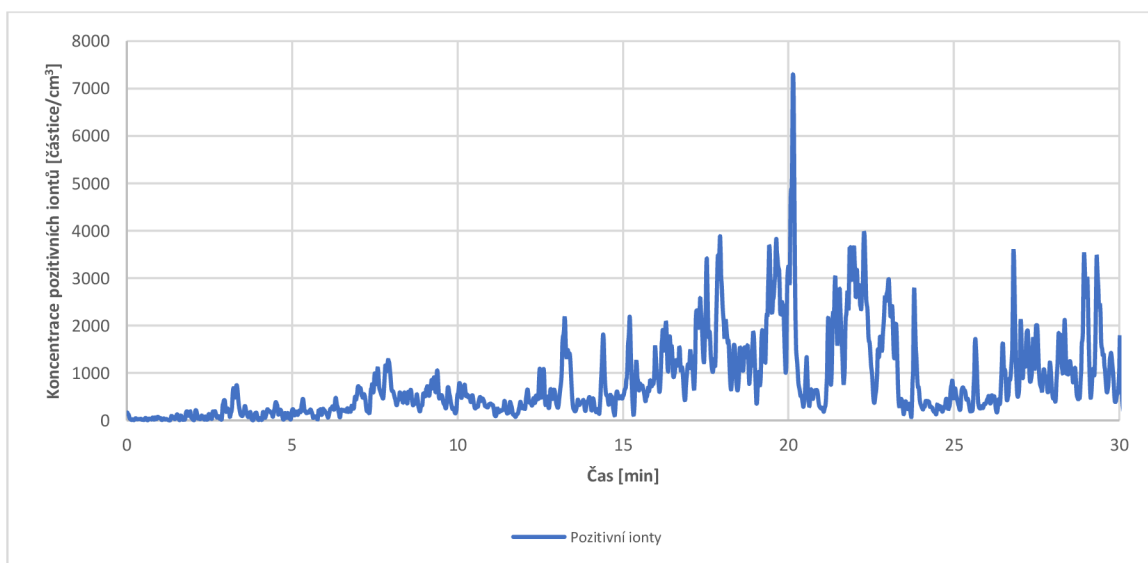
Obrázek 27: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Audi Q8 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy



Zdroj: Vlastní zpracování

Průběh koncentrace pozitivních iontů viz obrázek 28 odráží trend negativních, avšak s hodnotami o řád menšími.

Obrázek 28: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Audi Q8 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy



Zdroj: Vlastní zpracování

Kritéria hodnocení a bodování

Pro hodnocení jednotlivých konceptů byla zvolena následující kritéria:

- Naměřená průměrná mohutnost zdroje za jízdy
- Umístění v primárním proudu vzduchu
- Vhodnost umístění vzhledem k režimu klimatizace
- Možnost regulace intenzity proudění vzduchu vzhledem k umístění
- Bezpečnost provozu / rozměry

Bodování u jednotlivých kritérií viz tabulka 5 je v intervalu 1-5 bodů (nedostatečně – výborně). Suma počtu bodů představuje celkové hodnocení daného konceptu. Koncept s nejvyšším počtem bodů je vyhodnocen jako nejvhodnější.

Z výsledků tabulky 5 lze vzhledem k malému rozdílu v bodování u prvních dvou konceptů v pořadí považovat oba koncepty za srovnatelné a z hlediska funkčnosti nejvhodnější.

Tabulka 5: Hodnocení jednotlivých konceptů ionizace na základě zvolených kritérií

	Paragon AQI®		Technaxx TX-130		Compass-Mitchell Anion		Škoda Air Purifier		Audi Paket amb. ovzduší	
	Popis	Hodnocení	Popis	Hodnocení	Popis	Hodnocení	Popis	Hodnocení	Popis	Hodnocení
Naměřená průměrná mohutnost zdroje za jízdy	3250 negativních iontů / cm ³	3	590 negativních iontů / cm ³	1	1 480 000 negativních iontů / cm ³	5	3850 negativních iontů / cm ³	3	7000 negativních iontů / cm ³	4
Umístění v primárním proudu vzduchu	přímo v primárním proudu vzduchu	5	v proudu recirkulovaného vzduchu	2	v proudu recirkulovaného vzduchu + vlastní mohutný zdroj	4	v proudu recirkulovaného vzduchu	2	přímo v primárním proudu vzduchu	5
Vhodnost umístění vzhledem k režimu klimatizace	středový kanál – pouze letní režim	3	na středové konzoli / zásuvka 12 V	1	obecné – fixace přísavkou	2	v cup holderu	1	boční kanály vedení vzduchu – celoroční režim	5
Možnost regulace intenzity proudění vzduchu vzhledem k umístění ionizátoru	stupeň ventilátoru 1-6	5	bez možnosti	1	plynulou regulací otáček vlastního ventilátoru	4	bez možnosti	1	stupeň ventilátoru 1-4 / 1-6	5
Bezpečnost / rozměry	bezpečné – mimo interiér	5	bezpečné – stabilní fixace v zásuvce 12 V	4	nebezpečné – labilní fixace – možnost uvolnění při prudkém brždění / při nehodě, brání řidiči ve výhledu	1	středně bezpečný – možnost uvolnění při prudkém brždění / při nehodě	3	bezpečné – mimo interiér	5
Celkové hodnocení		21		9		16		10		24
Pořadí / vhodnost konceptu		2		5		3		4		1

Zdroj: Vlastní zpracování

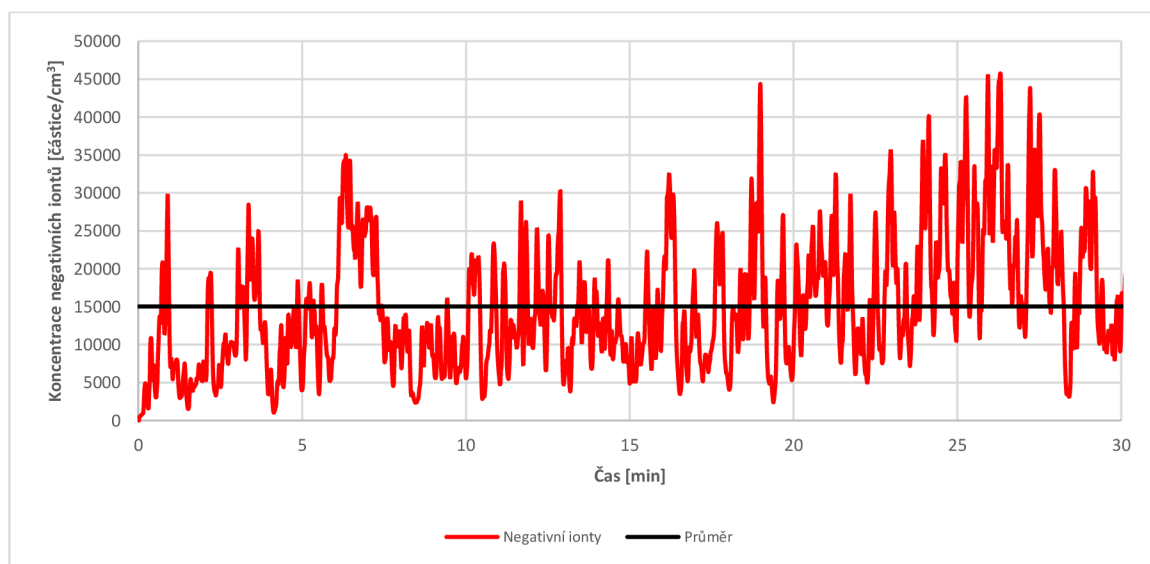
6.3 Umístění ionizátorů v experimentálním uspořádání

Pro lepší určení vlivu geometrie vedení vzduchu (kanálu a ofukovače) a umístění v proudu vzduchu bylo provedeno měření v experimentálním uspořádání (viz popis jednotlivých ionizátorů). Měření proběhla v režimu jízdní zkoušky za nastavení automatického režimu klimatizace. V tomto případě byly měřeny následující dva koncepty:

Paragon AQI[®]

Výsledek měření koncentrace negativních iontů s experimentálně umístěným ionizátorem Paragon AQI[®] je graficky znázorněn na obrázku 29. Volba umístění na přístrojové desce (nad středovým ofukovačem řidiče) přinesla v porovnání se standardním umístěním viz obrázek 21 nárůst koncentrace negativních iontů v průměru o 12750 iontů / cm³, tedy téměř na pětinašobek. Porovnání výsledků měření koncentrací negativních iontů ve standardní poloze a při umístění ionizátoru v experimentální poloze potvrzuje důležitost umístění v proudu vzduchu.

Obrázek 29: Graf časové závislosti koncentrace negativních vzdušných iontů – Paragon AQI[®] - experimentální umístění na přístrojové desce za jízdy

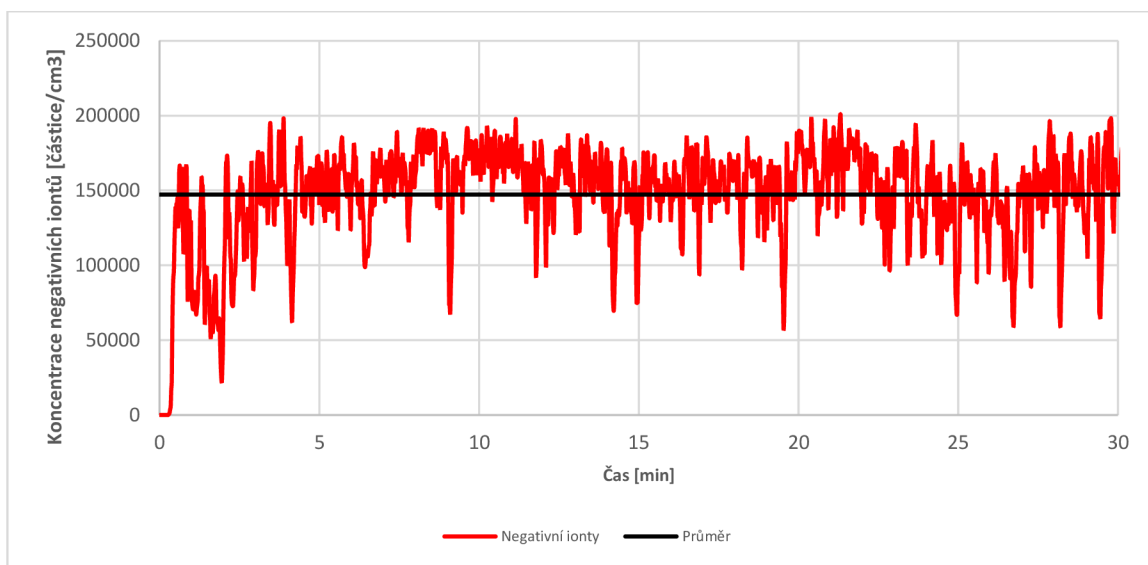


Zdroj: Vlastní zpracování

Technaxx TX-130

Obdobný nárůst koncentrace negativních iontů viz obrázek 30 byl zaznamenán u experimentálního umístění ionizátoru Technaxx TX-130, který byl experimentálně umístěn do proudu vzduchu ze středového ofukovače na straně řidiče. V tomto případě lze hovořit o nárůstu průměrných koncentrací o 14600 iontů / cm³, tedy nárůst o dva řády. Tyto výsledky také potvrzují důležitost vhodného umístění pro zaručení distribuce iontů interiérem a eliminace kontaktu s nepříznivými materiály a povrchy.

**Obrázek 30: Graf časové závislosti koncentrace negativních vzdušných iontů
Technaxx TX-130 - experimentální umístění na přístrojové desce za jízdy**



Zdroj: Vlastní zpracování

6.4 Porovnání jednotlivých ionizátorů – měření koncentrací na jednotlivých místech pasažérů

Tato měření byla provedena jako doplňková a slouží k porovnání koncentrací negativních iontů na jednotlivých místech pasažérů, tedy rozložení koncentrací negativních vzdušných iontů v interiéru vozidla. Tato měření byla provedena ve stacionárním režimu a za postupného zvyšování stupně ventilátoru, a to ve dvouminutových úsecích. Místa měření byla čtyři: místo řidiče, spolujezdce a obě obdobná místa v druhé řadě pro sezení. Měření byla provedena pro reprezentativní skupinu ionizátorů.

Paragon AQI®

Data naměřená během stacionárních měření na místech jednotlivých pasažérů s použitím ionizátoru Paragon AQI® jsou zobrazena v příloze 4. Průběh na místě řidiče vykazuje nárůst koncentrace negativních iontů v závislosti na stupni ventilátoru. Na místě spolujezdce není vzhledem k nesymetrickému umístění ionizátoru (ve středovém kanálu na straně řidiče) pozorovatelná závislost na stupni ventilátoru. Vzhledem k umístění ionizátoru jsou ionizované částice unášeny střední částí vozidla do části zadní. Na obou zadních místech pasažérů je pozorovatelná výrazná závislost koncentrace negativních iontů na stupni ventilátoru. Na levé straně vozidla jsou celkově naměřeny vyšší hodnoty koncentrací, a to kvůli umístění ionizátoru v kanálu na téže straně.

Technaxx TX-130

Výsledky stacionárních měření na místech jednotlivých pasažérů s použitím ionizátoru Technaxx TX-130 jsou zobrazeny v příloze 5. Koncentrace negativních iontů na místě řidiče roste úměrně s vyšším stupněm ventilátoru a hodnota koncentrace dosahuje na 6. stupeň ventilátoru až 22500 negativních iontů / cm³. Na místě spolujezdce je závislost na stupni ventilátoru také pozorovatelná, avšak koncentrace dosahují nižších hodnot. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny na pozicích zadních pasažérů, a to z důvodu umístění ionizátoru na středové konzoli a následnému proudění ionizovaného vzduchu do zadní části interiéru. Vliv nastavení jednotlivých stupňů ventilátoru je u zadních pasažérů pozorovatelný schodovitým charakterem křivky koncentrace negativních iontů.

Compass – Mitchell Anion

Jednotlivé průběhy naměřených koncentrací negativních vzdušných iontů v čase během stacionárních měření a za použití ionizátoru Compass – Mitchell Anion jsou zobrazeny v příloze 6. Vzhledem k velké mohutnosti zdroje a silnému vlastnímu ventilátoru zařízení byly na všech místech měření zaznamenány vysoké koncentrace záporných vzdušných iontů. Koncentrace na místě řidiče dosahují 250000 negativních iontů / cm³. Na místě spolujezdce byly naměřeny hodnoty vyšší než u řidiče, což bylo dáno kratší vzdáleností od zdroje záporných iontů. Na místě pasažéra za řidičem byly zaznamenány také vyšší hodnoty z důvodu nastavené orientace ionizátoru přímo na toto místo. Výraznou závislost na nastaveném stupni ventilátoru vykazují naměřené hodnoty zejména na místě řidiče.

Audi – Paket ambientního ovzduší

Měření koncentrace negativních vzdušných iontů na jednotlivých místech pasažérů proběhla v obou již zmíněných vozidlech Audi A7 a Audi Q8.

Audi A7 – Paket ambientního ovzduší

Naměřené koncentrace negativních vzdušných iontů ve vozidle Audi A7 jsou zobrazeny v příloze 7. Průběhy na všech místech pasažérů vykazují závislost na nastaveném stupni ventilátoru. Pozorovatelná je zde aktivace ionizátoru ve stejných intervalech jako tomu bylo při měření během jízdních zkoušek viz obrázek 25.

Audi Q8 – Paket ambientního ovzduší

Časové závislosti negativních iontů naměřené na místech pasažérů ve vozidle Audi Q8, jsou zobrazeny v příloze 8. Průběhy časových závislostí negativních iontů mají obdobný trend, jako je tomu u jízdních zkoušek. Výraznou závislost na nastaveném stupni ventilátoru vykazují průběhy na místech zadních pasažérů.

6.5 Obecně ideální umístění ionizátoru v interiéru vozidla

Vzhledem k absenci norem a předpisů pro komfort posádky v interiéru vozidel včetně norem a předpisů pro kvalitu vzduchu zahrnující ionizaci, jsou v této kapitole shrnuty poznatky z odborné literatury a výsledků měření. Z nich byla stanovena kritéria, jejichž vyhodnocením je následně navržen předpis obecně ideálního umístění ionizátoru v interiéru vozidla.

Předpis obecně ideálního umístění ionizátoru v interiéru vozidla:

- Ionizátor musí být umístěn v primárním proudu vzduchu
- Ionizátor musí být umístěn s ohledem na režim klimatizace (letní / zimní režim) a dále pak na pozici, funkčnosti a možnosti nastavení ofukovačů
- Emitor by měl být co nejbližší požadovanému cíli ionizovaných částic (oblast obličeje pasažéra – nos, ústa)
- Musí být zaručena dostatečná intenzita proudění pro distribuci částic k jednotlivým pasažérům
- Proudění ionizovaného vzduchu by nemělo být narušováno překážkami
- Proud ionizovaného vzduchu by neměl být v kontaktu s kladně nabitými povrchy / materiály (plasty, display, atd...)

Poznámka: Mohutnost zdroje nemusí dosahovat vysokých hodnot, pokud jsou splněny výše uvedené podmínky (eliminace možnosti rekombinace negativních iontů). Je nutné brát v úvahu rozdílnost interiérů jednotlivých vozidel (materiály, objem interiéru, umístění ofukovačů, velikost přístrojové desky atd.). Celkově je nutné koncept ionizace těmto parametrům danému prostoru přizpůsobit.

Příklady ideálního umístění emitoru záporných iontů ve vozidle:

- Integrace v okrasné liště bočních ofukovačů (ofukovače aktivní ve všech režimech klimatizace)
- Integrace v ofukovači samotném
- Konec kanálu vedení vzduchu, tedy před ofukovači řidiče a spolujezdce (viz Audi – Paket ambientního ovzduší)
- A sloupek (přední pasažéři)
- B sloupek (zadní pasažéři) – v případě umístění vedení primárního proudu vzduchu v druhé řadě sedadel
- Oblast středových ofukovačů (specifický režim klimatizace – letní varianta / vozidla pro trhy s teplejším podnebím)
- Výdech vzduchu defrostové mřížky (specifický režim klimatizace)
- Střešní středový panel (s integrovaným vlastním zdrojem vzduchu)

7. Závěr

Primárním cílem diplomové práce bylo určit závislost koncentrace vzdušných iontů na volbě daného konceptu ionizace, jeho umístění v interiéru vozidla a následná volba nejvhodnějšího konceptu z hlediska funkčnosti. Vytvořený přehled řešené problematiky, vycházející z odborné literatury, popsal problematiku výskytu, fyzikální podstatu, způsoby vzniku a zániku ionizovaných částic a jejich vliv na lidský organismus. Byla provedena rešerše druhů a zdrojů umělé ionizace a k tomu využívaných zařízení. Popsána zde byla také doporučení pro využívání ionizace v uzavřených prostorech. Součástí rešeršní části byl popis mikroklimatu interiéru vozidla, jeho parametrů a systémů kontroly kvality vzduchu s ohledem na bezpečnost provozu. Vzhledem k zaměření práce byl sestaven přehled aktuálně využívaných konceptů ionizace světovými automobilkami.

Pro zjištění koncentrace negativních iontů v interiéru vozidel v závislosti na použitém konceptu ionizace a nastavení klimatizace byly provedeny statické a jízdní zkoušky (měření). Všechna navržená měření byla provedena za předem definovaných podmínek, např. použitá vozidla, posádka vozidel, režim měření, měřicí aparatura, klimatizační skříně, konkrétní ionizátor. Byly popsány parametry, pozice a orientace měřících přístrojů a ionizátorů, a to pro konkrétní nastavení režimu klimatizace a polohy ofukovačů.

Porovnáním výsledků měření koncentrace vzdušných iontů v interiéru vozidel pro bázi (ionizátor Paragon AQI[®]) ve dvou zástavbových variantách (s a bez přístrojové desky a vedení vzduchu) byl zjištěn vliv přítomnosti zástavby na úbytek koncentrace vzdušných iontů se zaměřením na ionty záporné. Zaznamenán byl řádový úbytek koncentrace. Zároveň byla potvrzena výrobcem deklarovaná mohutnost zdroje ionizátoru Paragon AQI[®].

Dále byly proměřeny jednotlivé koncepty ionizace během jízdních zkoušek s nastavením klimatizace v režimu AUTO. Z výsledků časových závislostí koncentrace vzdušných iontů byly pozorovány výrazné rozdíly mezi jednotlivými koncepty z hlediska schopnosti vytvořit ideální elektro-iontové mikroklima. Pro hodnocení jednotlivých konceptů byla stanovena kritéria, na jejichž základě byl vybrán nejvhodnější z měřených konceptů. Dle bodového hodnocení byl stanoven jako nejvhodnější koncept Audi – Paket ambientního ovzduší.

Jako doplňková měření byla provedena měření v experimentálním uspořádání, a to pro zjištění vlivu umístění konceptu do primárního proudu vzduchu. Bylo zjištěno, že vhodným umístěním konceptu, který původně není určen pro umístění do primárního proudu vzduchu

(Technaxx TX-130), lze dosáhnout hodnot srovnatelných s koncepty navrženými pro umístění přímo v primárním proudu vzduchu.

Dalšími doplňkovými měřeními byla měření pro zjištění závislosti koncentrace vzdušných iontů na jednotlivých místech pasažérů pro různé stupně ventilátoru. Tato měření byla provedena pro reprezentativní skupinu konceptů. Průběhy hodnot koncentrací na jednotlivých místech pasažérů jsou výrazně závislé na parametrech jednotlivých konceptů, a to především na určeném původním umístění a mohutnosti zdroje. Výraznou závislost lze také pozorovat při změnách stupně ventilátoru (intenzity proudění).

Ze všech výše uvedených poznatků byl sestaven předpis pro obecně ideální umístění ionizátoru v interiéru vozidla.

Pro lepší vizualizaci jednotlivých komponent klimatizačního okruhu a pro vizualizaci umístění ionizátoru Paragon AQI[®] byl vytvořen virtuální model vozidla Škoda Enyaq iV.

Seznam použitých zdrojů

1. **Jokl, M.** *Zdravé obytné a pracovní prostředí - 1. vyd.* Praha : Academia, 2002. str. 261. ISBN 80-200-0928-0.
2. **Buřival, Z. a Mohleníková, J.** Bioklimatické prostředí budov. *UAPPA Praha*. [Online] 2000. [Citace: 3. 02 2022.] https://www.umad.de/infos/iuappa/pdf/a_26.pdf.
3. **Lajčíková, A.** Státní zdravotní ústav Praha. *Elektroiontové mikroklima*. [Online] 2007. [Citace: 21. 02 2022.] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/elektroiontove-mikroklima?highlightWords=elektroiontov%C3%A9>.
4. —. Státní zdravotní ústav Praha. *Přirozená a umělá ionizace vzduchu. Vytápění, větrání, instalace*. [Online] 2009. [Citace: 21. 02 2022.] http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2009-03_s125.pdf. ISSN 1210-1389.
5. —. *Vnitřní prostředí budov: (stavební kniha)*. Brno : EXPO DATA, 2001. str. 113. ISBN 80-729-3023-0.
6. **Jiang, S., Ali, M a Ramachadran, S.** Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement. [Online] 2018. [Citace: 3. 02 2022.] <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/10/2966/htm>. ISSN 1422-0067.
7. **Tarábek, P.** *Odmaturuj z fyziky - 2. vydání*. Praha : DIDAKTIS, 2006. str. 104. rozsah 224 s.. ISBN 80-7358-058-6.
8. **Fritz, S.** *Neues grosses Techniklexikon für Kinder*. Mnichov : Compact - Verlag, 2005. 160 s.. ISBN 3817458320.
9. **Černecký, J., a další.** *Ionization Impact on the Air Cleaning Efficiency in the Interior - Measurement Science Review*. [Online] 2015. [Citace: 24. 03 2022.] str.156-166. <https://sciendo.com/article/10.1515/msr-2015-0023>. ISSN 1335-8871.
10. **New World Encyclopedia contributors.** *Ion - History and etymology*. [Online] New World Encyclopedia, 2018. [Citace: 24. 03 2022.] <https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Ion>. Page Version ID: 1009527.
11. **Israël, H.** *Atmosphärische Elektrizität: Teil I*. Leipzig : Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, 1957. str. 370.
12. **Roubal, Z.** *Nizkoúrovňová měření*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2015. 95 s.
13. **Běhounek, F.** *Atmosférická elektřina*. Praha : Elektrotechnický svaz československý - Elektrotechnická knihovna, 1936. Sv. 6, 129 s.
14. **Tchijevsky, A. L.** *Manual for the Application of ionized air in industry, agriculture an medicine*. Moskva, Rusko : Gosplanizdat, 1959.
15. **Krueger, A. P.** *Biological impact of small air ions*. Washington D.C. : Science, 1976. Volume 193, Issue 4259.
16. **Ruda, A.** *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. [Online] Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, 2014. [Citace: 14. 02 2022.] https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/02-atmosfera.html.
17. **Vysoudil, M.** *Základy fyzické geografie I: Meteorologie a klimatologie*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. str. 110. ISBN 978-80-244-3893-1.
18. **Kopáček, J., Bednář, J. a Žák, M.** *Jak vzniká počasí*. Praha : Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum, 2019. str. 322. ISBN 978-80-246-4424-0.
19. **Holenda, M.** *Meteorologie pro jachtaře*. vodni.skauting.cz. [Online] 1996. [Citace: 20. 03 2023.] <https://vodni.skauting.cz/upload/vzdelavani/Meteorologie.pdf>.
20. **Hájková, Š.** *Bakalářská práce: Problematika omezení výkonnosti egnos v důsledku ionosférické aktivity*. Praha : Dopravní fakulta - ČVUT Praha, 2017.
21. **Svozil, R.** *Diplomová práce: Měření iontových polí*. [Online] 2009. [Citace: 10. 03 2022.] https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17346.
22. **Třísková, L.** *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie vol.13: Současný pohled na ionosféru a její výzkum*. [Online] 1968. [Citace: 18. 02 2022.] https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/139942/PokrokyMFA_13-1968-6_2.pdf.
23. **Vávra, V. a Losos, Z.** *Multimediální studijní texty z mineralogie - Ionty*. [Online] Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, 2009. [Citace: 3. 02 2022.] <https://is.muni.cz/elportal/estud/prif/ps09/9045979/web/kapitola3/3.html>.
24. **Svoboda, J.** *Záporné ionty v obytném prostředí*. [Online] Mendelova Zemědělská a Lesnická univerzita v Brně, 2008. [Citace: 17. 03 2022.] <https://acta.mendelu.cz/pdfs/actu/2008/02/24.pdf>. ISSN 1211-8516 DOI: 10.11118.

25. **Hejduk, M.** *Bakalářská práce: Kinetika reakcí iontů s molekulami a rekombinace v plazmatu.* [Online] 2007. [Citace: 14. 03 2022.] https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/10918/BPTX_2006_1_11320_NSZZ027_226474_0_45378.pdf?sequence=1.
26. **Hörrak, U., Salm, J. a Tammet, H.** *Journal of Geophysical Research: Atmospheres. Statistical characterization of air ion mobility spectra at Tahkuse Observatory: Classification of air ions.* [Online] 2000. [Citace: 17. 03 2022.] <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/1999JD901197>. ISSN 01480227.
27. **enviweb.cz.** *Kladný hrdina jménem záporný iont aneb jak je důležitý čerstvý vzduch.* [Online] Enviweb s.r.o., 2013. [Citace: 24. 05 2022.] <https://www.enviweb.cz/96338>. ISSN: 1803-6686.
28. **Faltysová, T.** *Diplomová práce: Koncentrace vzdušných iontů a jejich vliv na člověka.* [Online] 2019. [Citace: 4. 04 2022.] <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84270/F1-DP-2019-Faltysova-Tereza-DP-Faltysova.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.
29. **Kirsanov, I.** *Design and construction of measuring apparatus for lightning research.* [EEICT] Brno : FEKT VUT Brno, 2021.
30. **Novák, R.** *Spektrální charakteristika iontového pole různých druhů ionizorů.* [Online] 2009. [Citace: 04. 21 2022.] https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=15912.
31. **Schmiedt, I. a Jílek, M.** *Fyzika plazmatu. physics.mff.cuni.cz.* [Online] Matematicko-fyzikální fakulta - Univerzita Karlova. [Citace: 27. 04 2022.] <https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/s4r/plazma/?p=0>.
32. **Ling, X., Jayaratne, R. a Morawska, L.** *Air ion concentrations in various urban outdoor environments. Atmospheric Environment.* [Online] 2010. [Citace: 5. 05 2022.] 44 (18) , pp. 2186-2193. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231010002335>. ISSN 13522310.
33. **Rudolf, L.** *Komplexní rozbor elektrických ztrát vedení přenosové soustavy.* [Online] 2009. [Citace: 5. 05 2022.] https://projekty.osu.cz/akreditace2017/Habilita%20ad%20pr%20a%20ce_ZTR%20TY.pdf.
34. **Neuberger, P., Adamovský, D. a Adamovský, R.** *Termomechanika - skripta.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007.
35. **Martinásková, H. a Lacina, A.** *Comptonův jev jako základní téma úvodního výkladu kvantových vlastností elektromagnetického záření.* [Online] [Citace: 28. 04 2022.] <https://www.physics.muni.cz/kof/clanky/comptonuvjev.pdf>.
36. **Pončík, V.** *Sledování koncentrace vzdušných iontů.* [Online] 2009. [Citace: 25. 05 2022.] <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/1367/final-thesis.pdf?sequence=6>.
37. **Skromulis, A., Breidaks, J. a Teirumnieks, E.** *Effect of atmospheric pollution on air ion concentration.* [Online] 2017. [Citace: 26. 05 2022.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217321823?via%3Dihub>. ISSN 18766102.
38. **Wu, C., a další.** *Influence of air humidity and the distance from the source on negative air ion concentration in indoor air. Science of The Total Environment.* [Online] 2006. [Citace: 20. 06 2022.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969706005602>. ISSN 0048-9697.
39. **Yunpeng, L., Huang, S. a Zhu, L.** *Influence of Humidity and Air Pressure on the Ion Mobility Based on Drift Tube Method. CSEE Journal of Power and Energy Systems vol.1.* [Online] 2015. [Citace: 27. 06 2022.] <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7281126>.
40. **Mikuška, P.** *Atmosférické aerosoly.* [Online] 2015. [Citace: 12. 07 2022.] <https://is.muni.cz/el/sci/podzim2015/C5150/um/Mikuska.pdf>.
41. **Kolarž, P., Filipovič, D.M. a Mirinkovič, B.P.** *Daily variations of indoor air-ion and radon concentrations. Applied Radiation and Isotopes.* [Online] 2009. [Citace: 12. 07 2022.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969804309004758?via%3Dihub>. ISSN 09698043.
42. **Dolejš, J., O. Tufar, J. Knížek a Adamec T.** *Certifikovaná metoda: Využití ionizace vzduchu v chovech hospodářských zvířat.* [Online] 2011. [Citace: 12. 07 2022.] <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/05/11192.pdf>. ISBN 978-80-7403-090-1.

43. **Holopírková, L.** *Dizertační práce: Iontové mikroklima budov v architektonickém návrhu.* Brno : VUT Brno - Fakulta architektury, 2019.
44. **Škoda Auto a.s. - oddělení EKC.** *Dokumentace ŠA a výsledky měření.* Mladá Boleslav : autor neznámý, 2022.
45. **Navrátil, J.** *Toxikokinetika absorbce perfluorovaných látek při dermální expozici člověka.* Brno : Masarykova univerzita: Přírodovědecká fakulta, 2020. 72 str..
46. **Vácha, M.** Srovnávací fyziologie živočichů. *Dýchačí barviva.* [Online] Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, 2014. [Citace: 07. 09 2022.] https://is.muni.cz/do/sci/UEBBiol/um/sfz/ch12_s05.html.
47. **WikiSkripta: projekt 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.** *Vazba kyslíku na hemoglobin.* [Online] [Citace: 07. 09 2022.] https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Vazba_kysli%C3%ADku_na_hemoglobin&o. ISSN 1804-6517.
48. **Okénková, K.** *Úloha serotoninu v nespecifické imunitní odpovědi - vliv na oxidativní vzplanutí profesionálních fagocytů.* [Online] 2008. [Citace: 03. 10 2022.] https://is.muni.cz/th/cmora/rigorozni_prace_posledni_verze.pdf.
49. **Marčíšová, H.** *Autonomní nervový systém a jeho vztah k funkčním poruchám svalů.* [Online] 2007. [Citace: 06. 01 2023.] https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/9078/DPTX_2006_2_11130_D0704031_141616_0_28577.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
50. **Sitar, J.** *Vzdušné ionty a naše zdraví.* [Online] 2006. [Citace: 13. 01 2023.] <http://www.cbks.cz/Upice2006/170.pdf>.
51. **Dolejš, J a kolektiv.** *Studie: Snížení produkce amoniaku ionizací vzduchu při výkrmu prasat.* [Online] Říjen 2008. [Citace: 04. 11 2022.] https://eagri.cz/public/web/file/32383/Studie_IONIZACE_MZE.doc.
52. **Váša, J.** *Diplomová práce: Mobilní robotická platforma pro desinfekci zdravotnických prostor.* [Online] 2022. [Citace: 07. 11 2022.] https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/165880/Diplomova_prace_Vasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
53. **CITROËN International.** *citroen.com.* [Online] 2016. [Citace: 31. 01 2022.] <https://www.citroen.com/en/Highlight/22/in-an-exclusive-survey-citroen-examines-the-various-facets-of-car-life>.
54. **Čorňák, Š.** *Specifické aspekty mikroklimatu ve vozidle.* cbks.cz. [Online] 2011. [Citace: 1. 02 2022.] <http://www.cbks.cz/SbornikSMlyn11/Cornak.pdf>.
55. **Čorňák, Š., Horák, V. a Chládek, Z.** *Prediction of vehicle cabin air quality.* www.aimt.cz. [Online] 2012. [Citace: 1. 02 2022.] [https://www.aimt.cz/jirsa/aimt/articles/12_02/12_02%20\(3\).pdf](https://www.aimt.cz/jirsa/aimt/articles/12_02/12_02%20(3).pdf).
56. **Paur, F.** *Monitoring kyslíku v kabině vozidla jako ukazatel bezpečnosti a komfortu.* Praha : ČZU v Praze, 2021.
57. **Český normalizační institut.** *ČSN EN 60335-2-65 ED.2 (361045) - Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely - Bezpečnost - Část 2-65: Zvláštní požadavky na čističe vzduchu.* Praha, 2004. ČSN EN 60335-2-65 ED.2 (361045).
58. **Audi AG - oddělení I/ER-33.** *Paket Ambientního ovzduší.* Ingolstadt : autor neznámý, 2022.
59. **BMW AG.** *Climate control. BMW Technical training document.* [Online] 2009. [Citace: 23. 01 2023.] https://ia801005.us.archive.org/11/items/BMWTechnicalTrainingDocuments/ST811%20F01%20Complete%20Vehicle/08_F01%2520Climate%2520Control.pdf.
60. **Mercedes-Benz.** Mercedes-Benz.cz. *Sada AIR-BALANCE.* [Online] 2022. [Citace: 27. 12 2022.] <https://www.mercedes-benz.cz/passengercars/mercedes-benz-cars/models/c-class/saloon-w205/comfort.pi.html/mercedes-benz-cars/models/c-class/saloon-w205/comfort/comfort-packages/air-balance>.
61. **SBMercedes.** SBmercedes.com. *What is the Mercedes-Benz Air Balance System.* [Online] 2022. [Citace: 27. 12 2022.] <https://www.sbmercedes.com/research/air-balance.htm>.
62. **Lexus.** lexus.eu. *LEXUS WITH NANOETM X.* [Online] 2023. [Citace: 6. 01 2023.] <https://www.lexus.eu/discover-lexus/technology/lexus-nanoe-x/#hero>.
63. **Panasonic.** aircon.panasonic.eu. *Technologie nanoeTM X.* [Online] 2023. [Citace: 6. 01 2023.] https://www.aircon.panasonic.eu/CZ_cs/happening/nanoe-x-quality-air-for-life/.
64. **Škoda Auto a.s.** *Katalog Škoda Enyaq iV.* škoda-auto.cz. [Online] [Citace: 7. 06 2022.] https://www.skoda-auto.cz/_doc/36507de5-aba6-46d0-a9f4-134e8f45ed56.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vertikální členění atmosféry Země s vyobrazeným teplotním profilem.....	6
Obrázek 2: Schéma vzniku ionizovaných částic.....	9
Obrázek 3: Zjednodušené zobrazení Země ve formě kulového kondenzátoru.....	12
Obrázek 4: Nastavená poloha ofukovačů – Škoda Enyaq iV.....	44
Obrázek 5: Příklad grafického zobrazení nastavení stupně ventilátoru.....	45
Obrázek 6: Pozice měřicího přístroje Holbach IM806V3 během stacionárních měření	47
Obrázek 7: Pozice měřicího přístroje Holbach IM806V3 během jízdních zkoušek.....	48
Obrázek 8: Poloha klimatizační skříně s ionizátorem – Škoda Enyaq iV	49
Obrázek 9: Standartní poloha ionizátoru Paragon Air Quality Improver.....	52
Obrázek 10: Experimentální umístění ionizátoru Paragon – pohled shora	53
Obrázek 11: Experimentální umístění ionizátoru Paragon – pohled zdola	53
Obrázek 12: Ionizátor Technaxx TX-130 a jeho standartní a experimentální umístění	54
Obrázek 13: Ionizátor Compass-Mitchell Anion a jeho umístění	55
Obrázek 14: Škoda Air Purifier	56
Obrázek 15: Paket ambientního ovzduší vozidel Audi	57
Obrázek 16: Pracovní rozhraní aplikace Autodesk VRED Professional.....	60
Obrázek 17: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Báze Paragon AQI®	62
Obrázek 18: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Báze Paragon AQI®	63
Obrázek 19: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Báze Paragon AQI® s přístrojovou deskou a vedením vzduchu	64
Obrázek 20: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Báze Paragon AQI® s přístrojovou deskou a vedením vzduchu	65
Obrázek 21: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Paragon AQI® -	66
Obrázek 22: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Technaxx TX-130 -klimatizace v režimu AUTO za jízdy.....	67
Obrázek 23: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Compass Mitchell Anion – klimatizace v režimu AUTO za jízdy	68
Obrázek 24: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Škoda Air Purifier – klimatizace v režimu AUTO za jízdy.....	69
Obrázek 25: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Audi A7 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy	70
Obrázek 26: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Audi A7 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy	71
Obrázek 27: Graf časové závislosti koncentrace negativních iontů – Audi Q8 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy	72
Obrázek 28: Graf časové závislosti koncentrace pozitivních iontů – Audi Q8 – Paket ambientního ovzduší – klimatizace v režimu AUTO za jízdy	72
Obrázek 29: Graf časové závislosti koncentrace negativních vzdušných iontů – Paragon AQI® - experimentální umístění na přístrojové desce za jízdy	75
Obrázek 30: Graf časové závislosti koncentrace negativních vzdušných iontů	76

Seznam tabulek

Tabulka 1 : Klasifikace iontů dle H. Israëla.....	10
Tabulka 2 : Klasifikace iontů dle U. Hõrraka.....	10
Tabulka 3: Kategorizace kvality vzduchu z pohledu koncentrace CO ₂ a O ₂	36
Tabulka 4: Koncentrace záporných iontů v různých prostředích.....	37
Tabulka 5: Hodnocení jednotlivých konceptů ionizace na základě zvolených kritérií.....	74

Seznam příloh

Příloha 1: Vizualizace klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV – pohled shora.....	91
Příloha 2: Vizualizace klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV – pohled zleva.....	91
Příloha 3: Vizualizace klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV – pohled zprava.....	92
Příloha 4: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Škoda Enyaq iV stupně ventilátoru 1,3,6 Paragon AQI® – místa jednotlivých pasažérů.....	93
Příloha 5: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Škoda Enyaq iV – stupně ventilátoru 1,3,6 Technaxx TX-130 – místa jednotlivých pasažérů.....	93
Příloha 6: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Škoda Enyaq iV – stupně ventilátoru 1,3,6 Compass Mitchell Anion – místa jednotlivých pasažérů.....	93
Příloha 7: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Audi A7 – stupně ventilátoru 1-4 Paket ambientního ovzduší – místa jednotlivých pasažérů.....	93
Příloha 8: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Audi Q8 – stupně ventilátoru 1-6 Paket ambientního ovzduší – místa jednotlivých pasažérů.....	93

Seznam zkratk

UV – ultraviolet radiation = ultrafialové záření
PVC – polyvinylchlorid = nejpoužívanější plast na Zemi
PP T20 – polypropylen s 20 % mastku
HMI – human-machine interface = rozhraní člověk-stroj
PC – personal computer = osobní počítač
VW – Volkswagen = název německé automobilky
BMW – Bayerische Motoren Werke = název německé automobilky
USB – universal serial bus = univerzální sériová sběrnice
MEB – Modularer E-Antriebs-Baukasten = modulární platforma pro elektrovozidla
MLB – Modulare Längsbaukasten = modulární podélná platforma vozidel
BEV – battery electric vehicle = bateriové elektrické vozidlo
SUV – sport utility vehicle = sportovní užitkové vozidlo
WLTP – worldwide harmonised light vehicles test procedure = testování lehkých motorových vozidel

Seznam veličin

Tlak – p

- základní jednotka SI: Pa (Pascal)
- kPa (kilopascal) = 1000 Pa

Čas - τ

- základní jednotka SI: s (sekunda)
- min (minuta) = 60 s
- h (hodina) = 60 min
- den = 24 h
- rok = 365 dní

Délka – l

- základní jednotka SI: m (metr)
- mm (milimetr) = 0,001 m
- km (kilometr) = 1000 m

Koncentrace – c

- počet částic / cm^3
- ppm (parts per milion = částic na jeden milion)
- % obj. (objemová procenta)

Teplota – T

- základní jednotka SI: K (kelvin)
- $0\text{ }^\circ\text{C} = 273,15\text{ K}$

Hustota – ρ

- základní jednotka SI: kg / m^3 (kilogram na metr krychlový)

Rychlost – v

- základní jednotka SI: m/s (metr za sekundu)
- km / h (kilometr za hodinu) = 0,27 m / s

Intenzita větrání – IV

- l / h (jeden určitý objem za hodinu)

Mohutnost zdroje – n

- Počet částic / cm^3 za časovou jednotku

Hmotnost – m

- základní jednotka SI: kg (kilogram)
- g (gram) = 0,001 kg

Elektrický proud – I

- základní jednotka SI: A (ampér)
- mA (miliampér) = 0,001 A

Elektrické napětí – U

- základní jednotka SI: V (volt)
- kV (kilovolt) = 1000 V

Elektrický náboj – Q

- základní jednotka SI: C (coulomb)
- velikost coulombu je definovaná fixací číselné hodnoty elementárního náboje na $e = 1,602176634 \times 10^{-19}$ C

Elektrická vodivost – G

- základní jednotka SI: S (siemens)
- schopnost vést el. proud

Elektrická kapacita – C

- základní jednotka SI: F (farad)
- schopnost vodiče uchovat el. náboj

Elektrovolt – eV

- mimo soustavu SI
- odpovídá kinetické energii elektronu, urychleného ve vakuu napětím 1 V

Vlnová délka – λ

- základní jednotka SI: m (metr)
- označuje vzdálenost dvou nejbližších bodů postupného periodického vlnění, které kmitají ve fázi

Obsah – S

- základní jednotka SI: m^2 (metr čtvereční)
- cm^2 (centimetr čtvereční) = 0,0001 m^2

Přílohy

Přílohy 1-3 slouží jako grafická vizualizace s popisy klimatizační skříně použité pro měření ve vozidle Škoda Enyaq iV.

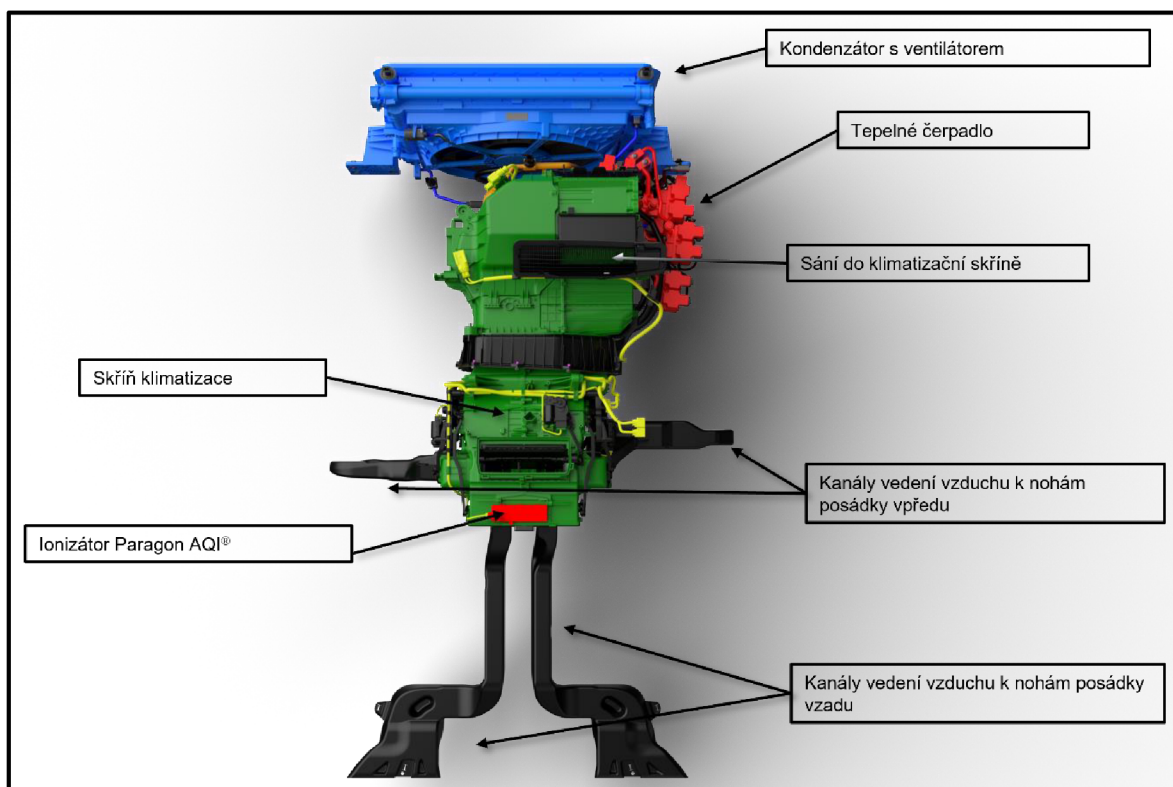
Přílohy 4-8 obsahují grafická zobrazení časových průběhů koncentrace negativních vzdušných iontů ve stacionárním režimu měření a za použití reprezentativní skupiny ionizátorů. Měření probíhala na místech jednotlivých pasažérů, která jsou graficky označena v přílohách 4-8. Graficky je zde zobrazena také poloha každého z reprezentativní skupiny ionizátorů. Konkrétní popis grafického značení měřících pozic přístroje Holbach IM806V3 a poloh ionizátorů je popsán v následující legendě.

Legenda značení měřících pozic a poloh ionizátorů

- ★ poloha ionizátoru (u vozidel Audi jsou označeny pozice obou emitortů)
- místo měření v oblasti obličeje řidiče
- místo měření v oblasti obličeje spolujezdce
- místo měření v oblasti obličeje zadního pasažéra za řidičem
- místo měření v oblasti obličeje zadního pasažéra za spolujezdcem

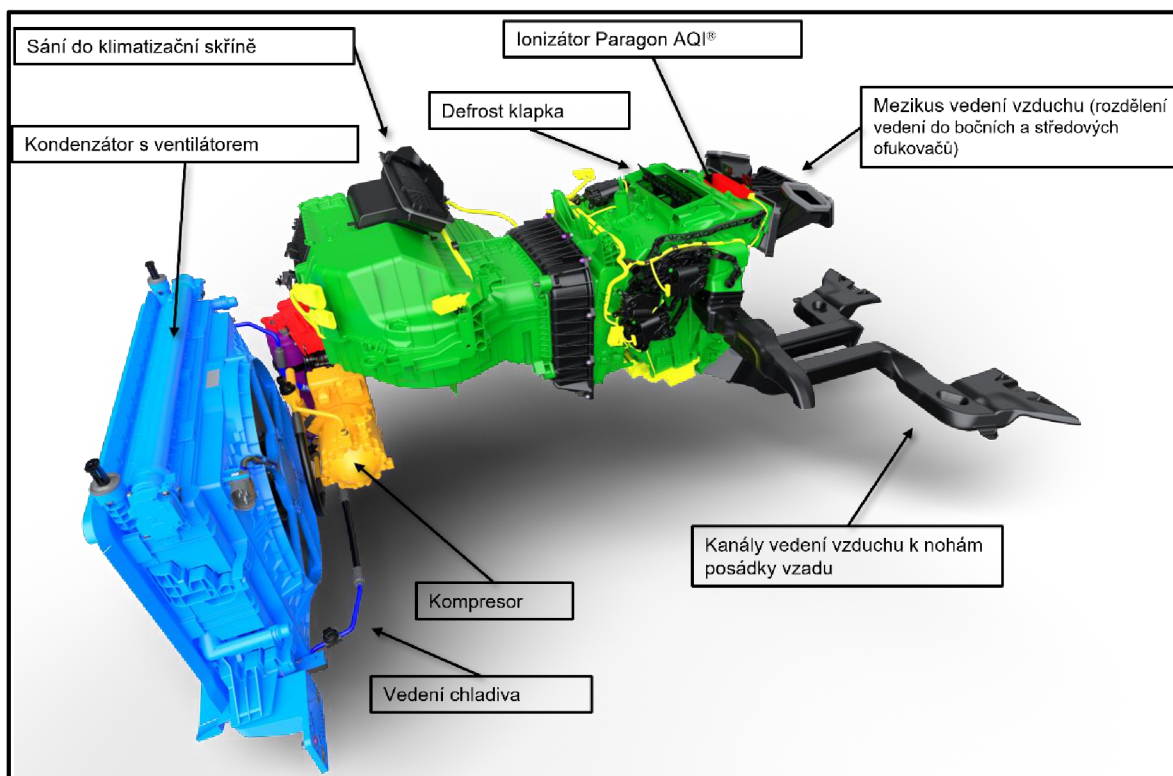
Pozn. Křivky jednotlivých časových závislostí koncentrace negativních iontů nesou totožné barevné označení jako značení daného místa měření.

Příloha 1: Vizualizace klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV – pohled shora



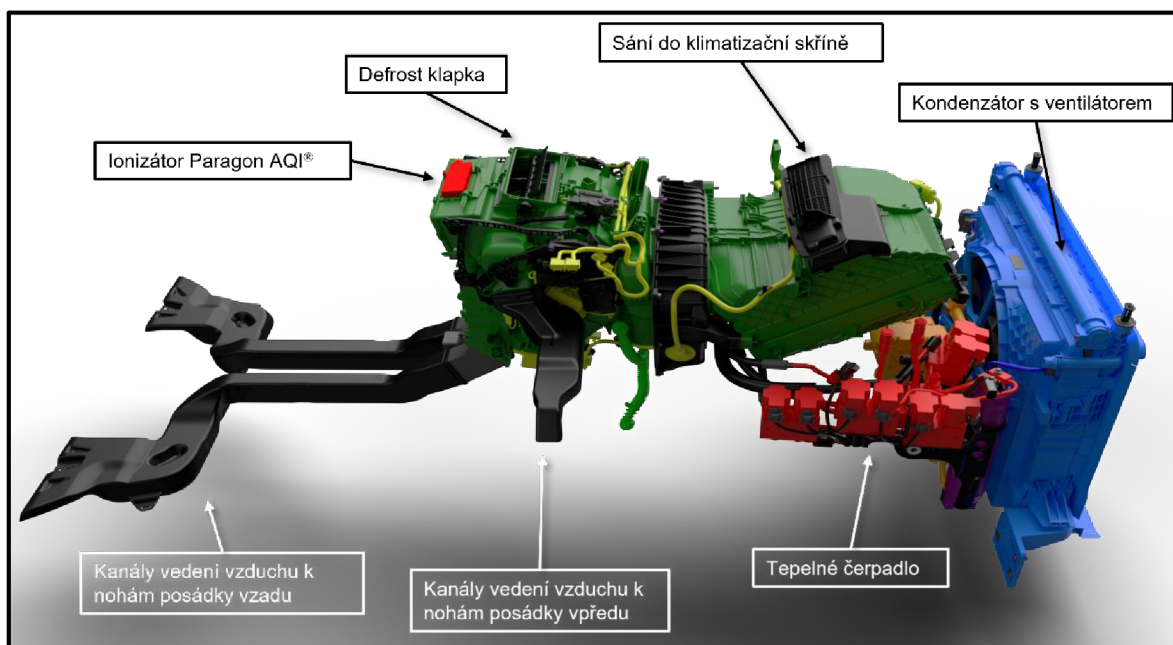
Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha 2: Vizualizace klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV – pohled zleva



Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha 3: Vizualizace klimatizačního systému vozidla Škoda Enyaq iV – pohled zprava



Zdroj: Vlastní zpracování

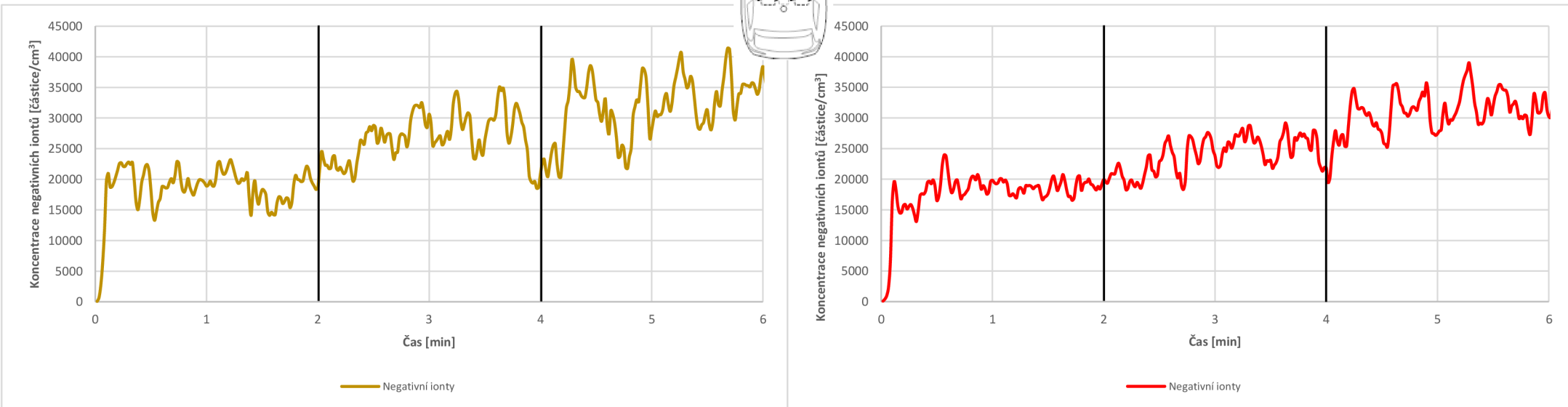
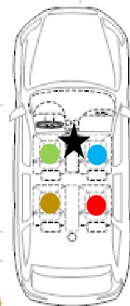
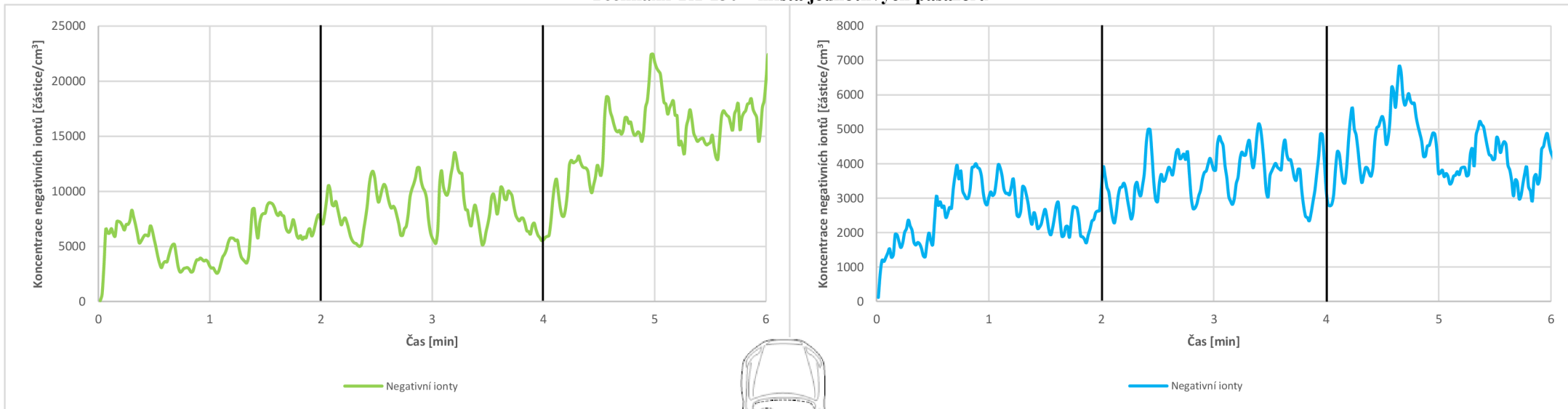
Příloha 4: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Škoda Enyaq iV stupně ventilátoru 1,3,6

Paragon AQI® – místa jednotlivých pasažerů



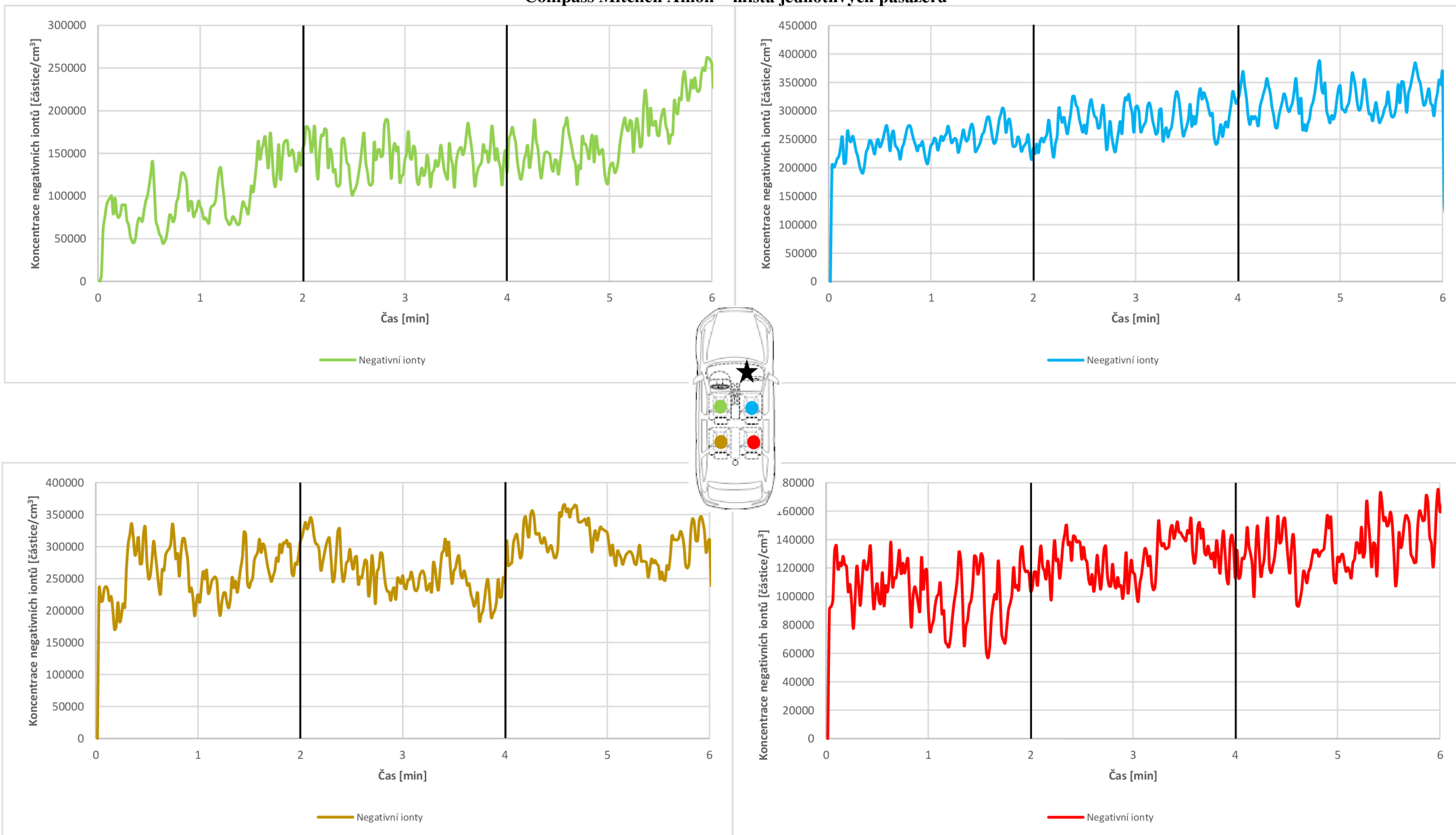
Příloha 5: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Škoda Enyaq iV – stupně ventilátoru 1,3,6

Technaxx TX-130 – místa jednotlivých pasažerů



Příloha 6: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Škoda Enyaq iV – stupně ventilátoru 1,3,6

Compass Mitchell Anion – místa jednotlivých pasažerů



Příloha 7: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Audi A7 – stupně ventilátoru 1-4
Paket ambientního ovzduší – místa jednotlivých pasažérů



Příloha 8: Grafy časových závislostí negativních vzdušných iontů – Audi Q8 – stupně ventilátoru 1-6

Paket ambientního ovzduší – místa jednotlivých pasažérů

