

Program P2 - Creșterea competitivității economiei românești prin CDI  
Proiect experimental demonstrativ (PED)

**Difuzoare de aer inovative cu inducție ridicată pentru  
îmbunătățirea calității mediului ambiant în vehicule  
INNOVENT**

**PN-III-P2-2.1-PED-2021-0559**

**697PED din 24.06.2022**

Perioada implementare proiect: 24.06.2022 – 23.06.2024

**Raport științific**

**Etapa 1 - 2022**

**24.06.2022 – 31.12.2022**

**Obiectivul general al proiectului:** Obiectivul general al proiectului actual va fi dezvoltarea unui model de difuzor de aer inovator cu amestec ridicat între aerul proaspăt și aerul ambiant, implementat într-un tablou de bord Dacia Renault dezasamblat pentru a demonstra funcționalitatea acestuia atât în ceea ce privește confortul îmbunătățit, cât și în ce privește reducerea debitului de aer de ventilație.

Proiectul începe de la conceptul (TRL2) și rezultatul va fi un prototip care funcționează în mediu de laborator (TRL4).

Prezenta propunere de proiect se bazează pe constatările anterioare ale membrilor echipei de cercetare de la UTCB care au o activitate îndelungată în acest domeniu al curgerilor de aer.

Prototipul rezultat sub forma unui sistem inovator de difuzoare de aer de amestec cu inducție ridicată va fi implementat într-un model funcțional de bord Dacia Duster.

Obiectivele specifice ale proiectului actual sunt:

1. Dezvoltarea unui sistem de difuzie a aerului cu inducție ridicată gata să fie integrat într-un Dacia Duster;
2. Efectuarea de măsurări experimentale neintruzive ale fluxului de aer după difuzorul de aer cu inducție ridicată;
3. Verificarea și validarea simulărilor numerice pentru difuzorul de aer cu inducție ridicată;
4. Modele numerice complexe ale fluxului de aer în interiorul unui vehicul pentru diferite configurații ale difuzoarelor de aer cu inducție ridicată;
5. Validarea prototipului difuzorului de aer utilizând un manechin termic, echipamentul ComfortSense și cu subiecți umani.

## Introducere

Timpul petrecut de ocupanții vehiculelor în trafic a crescut semnificativ în ultimele decenii iar îmbunătățirea confortului termic a persoanelor din interiorul vehiculelor a căpătat o mare importanță în ultimii ani atât din motive subiective, cât și obiective.

Astfel, fluxul de aer care trece prin difuzoarele de aer va afecta în mod direct starea termică a utilizatorilor prin temperatura, viteza și turbulența acestuia.

O soluție de îmbunătățire a atmosferei cabinei este uniformizarea fluxului de aer din interiorul vehiculului printr-un amestec mai bun între aerul proaspăt și aerul ambiant. Industria auto prin vehiculele sale produse în ultimii ani nu pare să ia în considerare această strategie inovatoare. O idee de a îmbunătăți amestecarea aerului prin mijloace pasive este utilizarea unor difuzoare de aer inovatoare, care au capacitatea de a antrena mai mult aer decât un difuzor de aer obișnuit.

S-a constatat că orificiul în forma de cruce cu lobi rotunjiți antrenează mai mult aer decât o duză obișnuită (de exemplu rotundă) și, derivate din această formă, au apărut mai multe geometrii.

Un compromis bun pentru designul difuzorului de aer din vehicul s-a dovedit a fi utilizarea eleroanelor lobate. Din cercetările anterioare a reieșit faptul că antrenarea de aer ambiant, de către fluxul de aer vehiculat de către sistemul de ventilație prin difuzorul de aer cu eleroane lobate s-a constatat a fi mai mare decât în cazul difuzorului de aer standard cu eleroane drepte.

În Figura 1 se poate urmări diagrama Gantt aferentă proiectului, modificată în așa fel încât să corespundă modificării de buget din anul 2022 și cu mențiunea că proiectul a început la finalul lunii Iunie și nu în luna Ianuarie (așa cum era în propunerea de proiect).

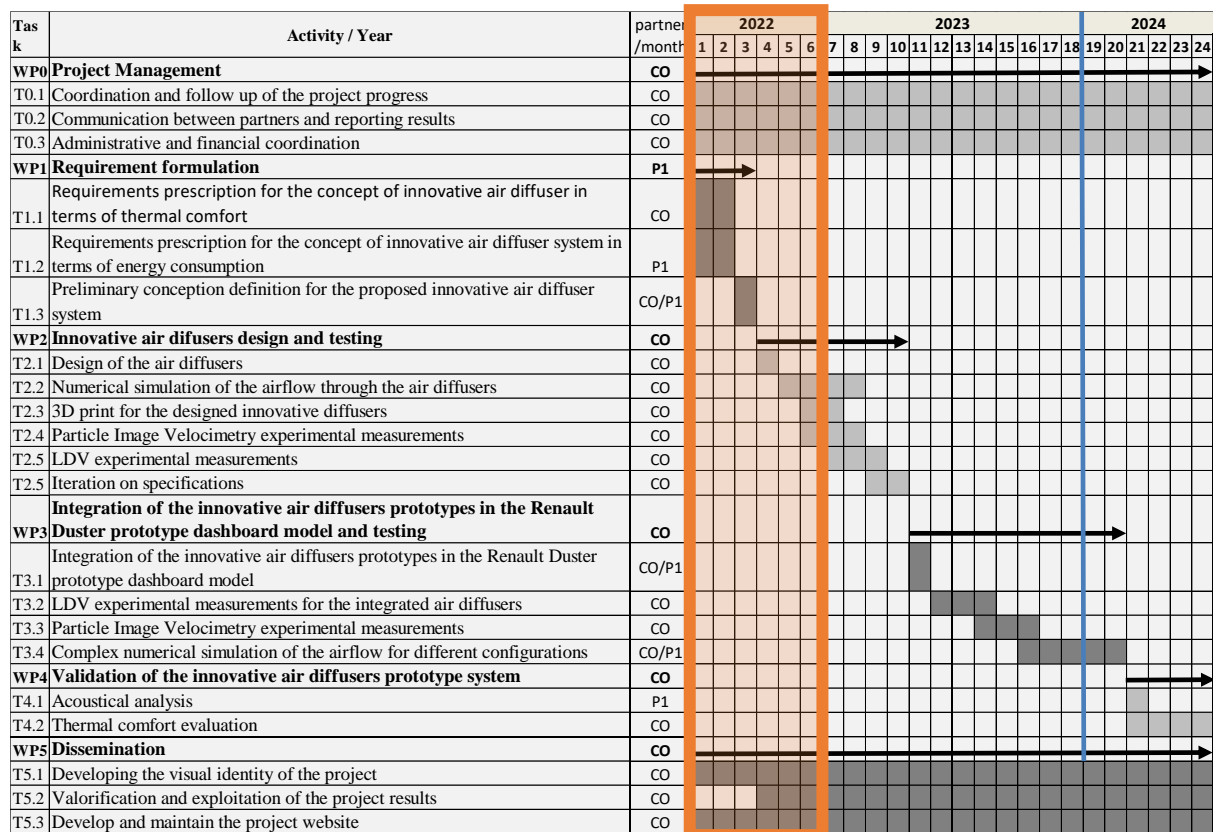


Figura 1 Diagrama Gantt corespunzătoare proiectului

## WP 1 Formularea cerințelor

### T1.1 Elaborarea cerințelor pentru conceptul de difuzor de aer inovator în ceea ce privește confortul termic (Iunie-August 2022: Realizat)

Noțiunea de confort termic este cel mai adesea definită ca fiind starea unei persoane care ar exprima un sentiment de bunăstare în ceea ce privește condițiile termice dintr-un spațiu ocupat. Confortul termic este destul de dificil de definit cu precizie și, în plus, o definiție universală a acestuia este foarte dificil de conceput.

Dificultatea definirii exacte a noțiunii de confort termic exact consta de fapt în prezenta inseparabilă a celor două stări umane: starea fizică și psihică. Timpul petrecut de ocupanții vehiculelor în trafic a crescut semnificativ în ultimele decenii [1], corelat cu creșterea nivelului de trai al oamenilor în ultimii ani, a dus la o creștere a interesului populației pentru îmbunătățirea confortului termic pentru oameni în vehicule. Acest lucru i-a determinat pe specialiștii și cercetătorii din domeniul HVAC (Încălzire, Ventilație și Aer Condiționat) să caute în mod constant noi modele cantitative pentru estimarea, precizarea sau clasificarea stării de confort termic în spațiile ocupate. [1]

Majoritatea studiilor științifice se concentrează pe componenta fiziologică legată de confortul termic care presupune că starea de confort termic ar putea fi asigurată pentru orice persoană atunci când căldura produsă în exces de corpul uman prin sursele sale metabolice este disipată în mediul ambiant, iar intervenția sistemului de termoreglare umană este neglijabilă. Acesta este motivul pentru care un

mediu acceptat este considerat confortabil din punct de vedere termic, când 80-90% dintre ocupanți nu își exprimă nemulțumirea din punct de vedere termic [2–4].

În ceea ce privește influența sistemului HVAC asupra confortului termic al persoanelor din vehicule, cercetări importante au fost efectuate de diverși oameni de știință din lume, atât experimental, cât și numeric, cu scopul final de a găsi noi modalități de îmbunătățire a confortului termic al ocupanților. O serie de articole științifice cuprinzătoare ale diferitelor modele dezvoltate pentru a prezice confortul termic din vehicule, precum și alte metode experimentale diferite utilizate în același scop pot să fie găsite în [1,5,6].

Modul în care se realizează evaluarea confortului termic pentru ocupantul autovehiculului este extrem de important pentru orice studiu privind acest aspect [7]. În cercetarea întreprinsă în [8] s-a analizat modul în care standardul actual în acest domeniu [2–4] propune analiza confortului termic prin utilizarea a trei metode standardizate prezentate în standardul de mai sus. Toți cei trei indici de evaluare standardizați au fost evaluați prin metode standardizate. Indicele de temperatură echivalent ( $t_{eq}$ ) a fost obținut cu ajutorul unui manechin termic. Valorile  $t_{eq}$  au fost comparate cu răspunsurile unor răspunsuri la sondaj de la persoanele din interiorul vehiculelor cu ajutorul chestionarelor, obținând astfel indicele Thermal Sensation Vote. În același timp, valorile indicelui votului mediu prezis (PMV) au fost măsurate cu ajutorul echipamentului Comfort Sense. Concluzia a fost că rezultatele celor trei indici de evaluare diferă ca valoare de la unul la altul. O altă concluzie este că temperatura aerului este diferită de la o zonă a mașinii la alta, iar evaluarea termică trebuie făcută pe scaunul fiecărui pasager.

În ceea ce privește controlul debitului de aer și modul în care acesta afectează confortul termic al persoanelor din interiorul vehiculelor, în [9], autorii au investigat modul în care orientarea unghiului de admisie al difuzorului de aer al vehiculului afectează senzația termică a ocupanților vehiculului. Aceștia au subliniat că utilizarea indicilor PMV-PPD pentru evaluarea confortului termic este inadecvată.

În [10] autorii au studiat folosind metoda CFD (Computational Fluid Dynamics), efectul corpului uman plasat în poziția conducătorului autovehiculului, asupra distribuției vitezei aerului și asupra confortului termic al utilizatorilor din cabina vehiculului.

Un difuzor de aer rotativ a fost utilizat în [11] pentru a îmbunătăți confortul termic al pasagerilor dintr-un vehicul, concluzia fiind că fluxul de aer a fost îmbunătățit atât pentru șofer, cât și pentru pasager datorită paletelor dinamice. Alte studii interesante care au recunoscut importanța modului în care fluxul de aer este livrat în cabina vehiculului pot fi găsite în [12–19].

În prezent, industria auto nu pare să acorde prea multă atenție amestecului aerului proaspăt introdus prin difuzoarele de aer de bord cu aerul din interiorul vehiculului într-un mod de a îmbunătăți amestecarea prin mijloace pasive.

În Figura 2 se pot vedea mai multe tipuri de difuzoare de aer care echipează diferite modele de automobile din diferite game atât de funcționalitate cât și de prețuri. După cum putem vedea, cel puțin în aceste cazuri dar și în multe altele (s-au analizat imagini cu difuzoare de aer din bord de la câteva zeci de automobile), pe baza experienței cercetătorilor din cadrul acestui proiect, concluzia a fost că criteriile funcționale sunt mai puțin importante în comparație cu cele estetice. Cu alte cuvinte, producătorii auto se gândesc mai puțin la modul în care curgerea de aer interacționează cu corpul uman decât la proiectarea acestor guri de aerisire astfel încât să se ajungă la o îmbunătățire a amestecului de aer în cabina vehiculului.



Figura 2 Diferite tipuri de difuzoare de aer de bord a. Dacia Duster 2022, b. Mercedes clasa A 2022, c. Mercedes clasa C 2022, d. Mercedes EQS 2022, e. Mercedes clasa S 2022 (zona centrata), f. Mercedes clasa S 2022 (zona laterala), g. Volvo S/V90 2022, h. Lamborghini Huracan Evo 2022, i. Bugatti Chiron 2022, j. Mazda CX5 2022, k. Kia Sportage 2022, l. Rimac Nevera 2022

Cazul particular al ventilării unui vehicul este foarte diferit de cel al clădirilor din punctul de vedere al vitezei curenților de aer. **Principala diferență este că dacă într-o clădire numărul de schimburi orare depinde de numărul ocupanților clădirii și de suprafața clădirii, într-un vehicul, numărul de schimburi orare va depinde în principal de sarcina termică care trebuie compensată (vară sau iarnă) pentru a menține o bună ambianță termică pentru persoanele din interiorul vehiculului.**

Având în vedere faptul că volumul cabinei unui vehicul este mai mic, și că numărul de ocupanți din interiorul vehiculului poate să fie mult mai mic în comparație cu cel dintr-o încăpere, precum și faptul că fluxul radiativ de la soare este mult mai mare pentru cazul volumul cabinei vehiculului în comparație cu cel al clădirilor, este destul de clar că valoarea pentru schimburile de aer pe oră pentru mașini este mult mai mare decât pentru clădiri. Ideea principală care reiese din acest fapt este că o mai bună amestecare a aerului proaspăt cu aerul înconjurător al vehiculului va duce la o temperatură mult mai apropiată a aerului livrat de ce valoarea presetată. De asemenea, viteza va fi mai mică în proximitatea ocupantului vehiculului, la fel ca și turbulența curentului de aer.

Altfel se desprinde ideea că se dorește un amestec mai bun pentru aerul proaspăt introdus prin difuzoarele de aer din tabloul de bord și aerul ambiant. De exemplu, pentru scenariul de vară, temperatura aerului proaspăt, la nivelul difuzorului de aer este de cele mai multe ori mai scăzută de 10 °C, astfel, se dorește un amestec mai bun și mai rapid cu aerul ambiant din cabină, pentru a evita gradienti de temperatură ridicați ai aerului din habitacul, precum și senzația de curent rece pe brațele și fața ocupantului din vehicul.

De asemenea, după cum am amintit anterior numărul de schimburi orare este mult mai mare într-un vehicul decât într-un birou, astfel încât o diluare a aerului proaspăt cu aerul înconjurător nu este o problemă în cazul ventilației vehiculelor din punct de vedere al calității acestuia. Desigur, s-ar putea argumenta că o mai bună amestecare între aerul proaspăt și aerul înconjurător va reduce calitatea aerului, dar este important să se înțeleagă că, în cazul particular al ventilației în vehicule, raportul foarte ridicat de schimburi orare este de cel puțin 7 ori mai mare decât raportul de schimburi de aer pe oră recomandat pentru clădiri c astfel încât problema care apare într-un vehicul nu este aerul poluat din interior, ci viteza mare a acestuia precum și turbulența ridicată și variația de temperatură a microclimatului din vehicul pentru utilizatorii acestuia.

### **T1.2 Elaborarea cerințelor privind prescripția pentru conceptul de sistem inovator de difuzoare de aer în ceea ce privește consumul de energie (Iunie-August 2022: Realizat)**

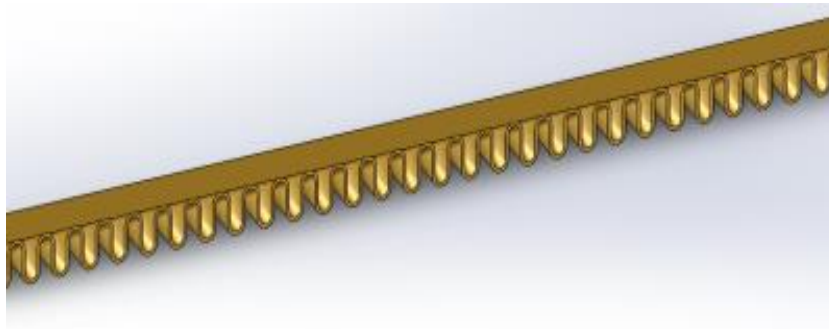
În urma activităților derulate în prima etapă a proiectul (T1.1) a rezultat că este de dorit ca difuzorul de aer care prin forma sa inducă un amestec îmbunătățit dintre aerul proaspăt și în același timp aerul ambiant să nu ducă la pierderi mari de sarcină în acest proces de amestec. Acest deziderat a fost studiat cu ocazia introducerii unor geometrii speciale pentru controlul pasiv pentru îmbunătățirea difuziei aerului în clădiri și vehicule la Universitatea Franceză din La Rochelle, în laboratorul LaSIE, și a continuat câțiva ani mai târziu la Universitatea Tehnică de Inginerie Civilă din București și la Universitatea din Rennes [20–24].

O modalitate de a îmbunătăți amestecul dintre aerul proaspăt și aerul ambiant se poate face folosind mijloace pasive, o serie de studii de acum un deceniu prezentând o formă inovatoare a duzei cu capacitatea de a antrena mai mult aer decât o duză obișnuită în formă de orificiu încrucișat în formă de lobi [20–24] care pe lângă capacitatea crescută de amestec duce la o pierdere de sarcină echivalentă cu alte tipuri de difuzoare de aer uzuale.

În studiile realizate în perioada 2009-2012 de dr. Meslem și dr. Năstase [20–24], pentru căutarea geometriilor cu inducție ridicată de înaltă performanță, a apărut problema practică a preocupărilor estetice, căutată de toți producătorii de echipamente și instalații, inclusiv de către producătorii de automobile. Considerațiile de proiectare au arătat că geometria orificiului lobat este preferată geometriei duzei, oferind posibilitatea înlocuirii cu ușurință a formei circulare sau liniare în difuzoare sau panouri perforate. În același timp, orificiile sunt interesante doar dacă dimensiunile lor rămân

relativ mici, astfel încât panourile perforate sunt singura posibilitate de integrare a acestora care le limitează aplicațiile.

În [25] s-a determinat că un bun compromis din punct de vedere al debitului de aer antrenat și al pierderii de sarcină induse de curgere, în cazul ventilației vehiculului este reprezentat de eleronul lobat. În acest caz, s-a descoperit că antrenarea pentru jetul emis de difuzorul de aer cu eleron lobat a fost mai mare decât în cazul difuzorului de aer convențional cu eleron drept [25]. Astfel, s-a constatat că eleronul lobat a fost o soluție pentru optimizarea difuzorului de difuzie a aerului pentru a asigura debite de aer mai uniforme și pentru a diminua disconfortul cauzat de căldura excesivă și de senzația de curent pentru ocupanții vehiculului. O observație interesantă din acest studiu [25] a fost că geometria specială a rețelei de lobi nu a generat zgomot suplimentar, nivelurile presiunii acustice fiind înregistrate atât pentru un eleron drept cât și pentru unul lobat, pentru diferite debite de aer. O altă observație interesantă a fost și că pierderea de sarcină, a avut de asemenea valori similare pentru ambele geometrii analizate [25].



*Figura 3 Exemplu de eleron lobat drept pentru un difuzor de aer*

Această observație a fost urmărită ani mai târziu, în [26], de către autori care au confirmat că inserțiile lobate pot îmbunătăți confortul termic pentru ocupanți, chiar și atunci când se iau în considerare debite diferite de aer în sezonul de vară, atunci când este necesară răcirea.

### **T1.3 Definiția preliminară a concepției pentru sistemul inovator de difuzoare de aer propus (Septembrie 2022: Realizat)**

Confortul termic al persoanelor din interiorul vehiculului este important atât din motive subiective, cât și obiective. Motivele subiective sunt legate de dorința ocupanților vehiculului de a avea o experiență mult mai plăcută în timpul conducerii, în timp ce motivele obiective sunt legate de faptul că într-un mediu incomod stresul șoferului se poate acumula și amplifica mai repede, iar acest lucru va duce în mod inevitabil la timpuri de reacție mai îndelungați care pot pune în pericol nu numai șoferul însuși dar și pe ceilalți participanți la trafic.

Cel mai important sistem care poate îmbunătăți confortul termic la vehiculele auto, atât pentru sezonul de vară, cât și pentru cel de iarnă, este sistemul de încălzire, ventilație și aer condiționat (HVAC), iar controlul modului în care aerul proaspăt se răspândește din difuzoarele de aer din cabină este o modalitate de a regla parametrii care pot afecta starea termică a persoanelor din interiorul mașinilor.

Din literatura de specialitate, o idee de îmbunătățire a confortului termic este de a urmări un amestec mai bun între aerul proaspăt introdus prin difuzoarele de aer de pe tabloul de bord al vehiculului cu aerul ambiant din interiorul vehiculului.



Numărul de schimburi orare este mult mai mare într-un vehicul decât într-o clădire de birouri (de peste șapte ori), astfel încât o diluare mai bună a aerului proaspăt din aerul înconjurător al vehiculului nu este o problemă, deoarece acest lucru poate regla viteza aerului, turbulențele aerului și temperatura aerului în apropierea persoanelor din interiorul vehiculului.

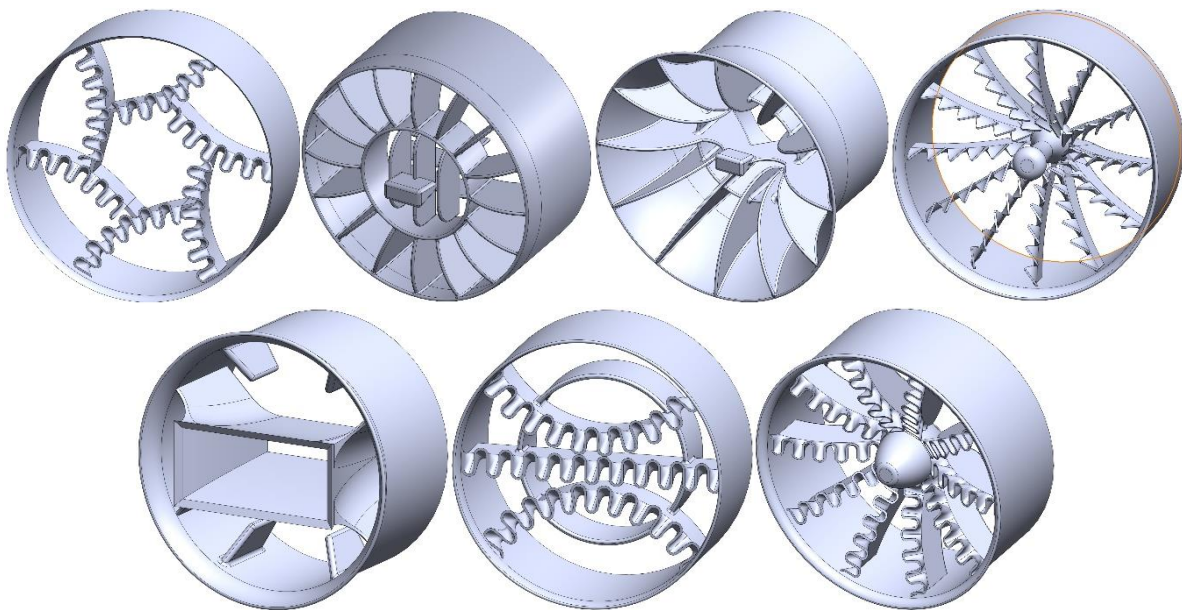
Astfel, utilizarea lamelelor lobate (eleron lobat) va constitui elementul de bază al noilor difuzoare de aer destinate automobilului, care vor fi dezvoltate în continuare.

## **WP 2 Designul și testarea difuzoarelor de aer inovatoare**

### **T2.1 Designul difuzoarelor de aer inovatoare (Octombrie 2022: Realizat)**

În cadrul mai multor întâlniri de lucru întâlnirii de lucru din cadrul acestei activități s-au documentat concluziile din T1.1, T1.2 și T1.3 rezultând direcția în care trebuie înaintat spre proiectarea difuzoarelor de aer.

O primă iterație a dus la realizarea difuzoarelor de aer din Figura 4. Aceste difuzoare de aer au fost proiectate, o serie de discuții având loc pe baza lor și a experienței acumulate anterior, recomandându-se modificarea unora dintre acestea. Pentru anumite forme, au fost efectuate simulări numerice în vederea identificării efectului de antrenare dorit.

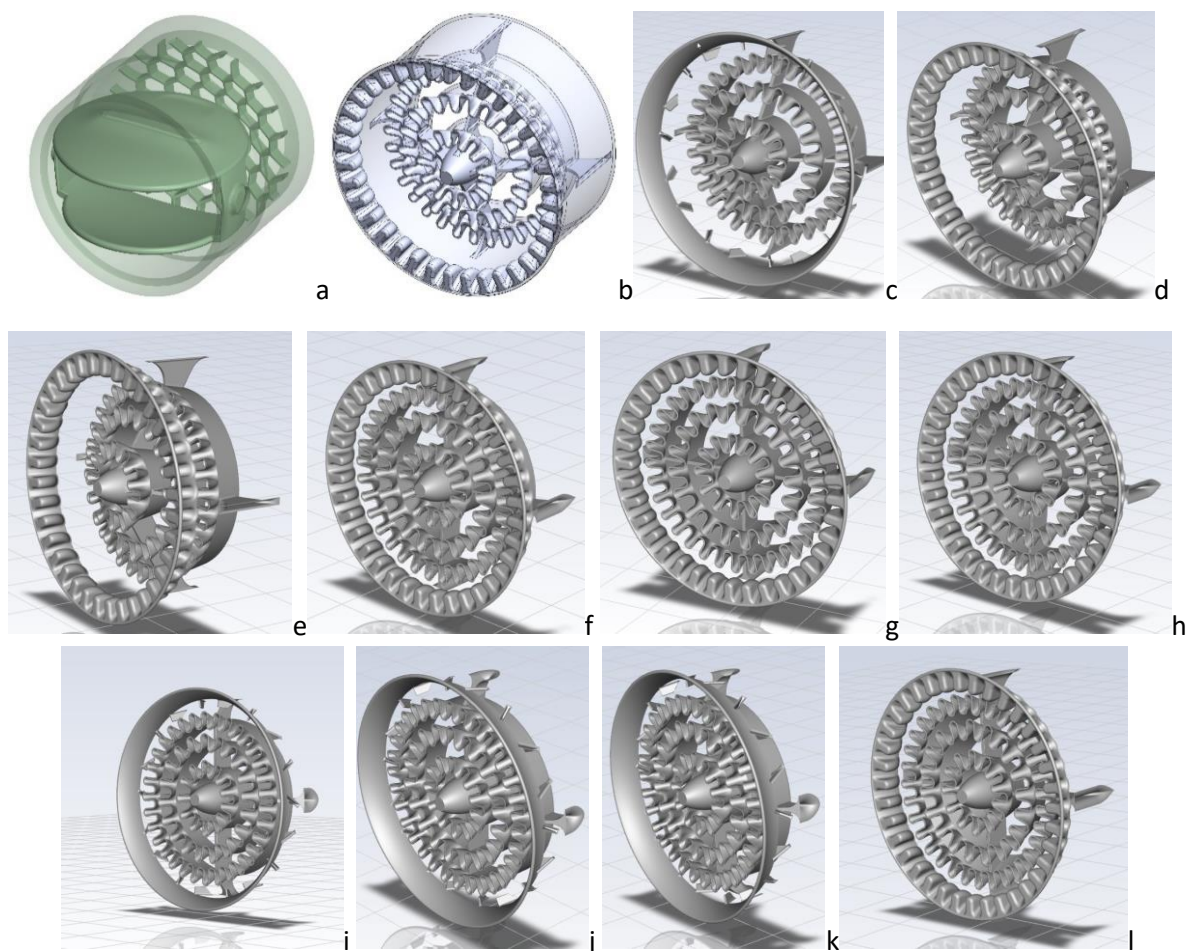


*Figura 4. Difuzoare de aer proiectate în prima fază a activității 2.1*

Pe baza concluziilor din prima etapă a activității s-au proiectat alte difuzoare de aer, care pot să fie văzute în Figura 5. Multitudinea de difuzoare de aer proiectate a rezultat din faptul că s-au realizat simulări numerice, în ordinea cronologică a generării acestor aeratoare, iar prin analizarea rezultatelor obținute s-a decis testarea altor geometrii. De fiecare dată s-au efectuat comparații cu difuzorul de aer etalon (scara 1:1 Dacia Duster-Figura 5a). Când efectul a fost cel dorit, adică de antrenare a aerului ambiat, s-a continuat în direcția schimbării, iar dacă efectul nu a fost cel dorit s-a renunțat la ideea studiată. Astfel s-a studiat influența pe care o au lobi rotunjiți plasați pe marginea exterioară a aeratorului prin comparație cu utilizarea unor generatori de turbulență (Figura 5b-c). S-a studiat și efectul pe care îl au lamelele de ghidaj din spatele lobilor concentrici precum și efectul plasării lobilor concentrici în același plan sau în planuri diferite.

Simulările numerice vor fi efectuate în pachetul de programe Ansys utilizând solverul Fluent.





*Figura 5 Difuzoare de aer proiectate după concluziile rezultate din analiza difuzoarelor de aer din Figura 4: a. Difuzor etalon (Renault Duster) b. Difuzor cu lobi concentrici cu lamele ghidaj dispuse la 0° c. Difuzor cu lobi concentrici cu lamele ghidaj dispuse la 0° si generatori de turbulența pe exterior aerator, d. Difuzor cu lobi concentrici cu lamele ghidaj dispuse la 5°, e. Difuzor cu lobi concentrici cu lamele ghidaj dispuse la 10°, f. Lobi concentrici (acelasi plan) cu lamele ghidaj dispuse la 0°, g. Lobi concentrici (acelasi plan) cu lamele ghidaj dispuse la 5°, h. Lobi concentrici (acelasi plan) cu lamele ghidaj dispuse la 10°, i. Generatori de turbulență - lobi concentrici (acelasi plan) cu lamele ghidaj 0°, j. Generatori de turbulență - lobi concentrici (acelasi plan) cu lamele ghidaj 5° k. Generatori de turbulență - lobi concentrici (acelasi plan) cu lamele ghidaj 15°, l. Difuzor cu lobi concentrici cu lamele ghidaj dipuse la unghi variabil*

## **T2.2 Simularea numerică a fluxului de aer prin difuzoarele de aer inovative propuse (Noiembrie 2022-Februarie 2023: in lucru)**

### **Etapa 1: Determinarea debitelor de lucru prin aeratoarele din bordul Duster (completat)**

Prima etapă a din activitatea T2.2 a debutat cu determinarea debitelor de aer vehiculate pentru fiecare aerator. Partenerul RTR a efectuat măsurarea debitelor pentru toate cele 4 trepte de turație ale ventilatorului HVAC. Acestea pot să fie văzute în

Tabel 1.

Tabel 1 Debite de aer sistem HVAC Duster

Treapta de viteza	Debit orar kg/h	Debit aer kg/s
V4	429	<b>0.11916667</b>
V3	272	<b>0.07555556</b>
V2	201	<b>0.05583333</b>
V1	143	<b>0.03972222</b>

Aceste debite de aer sunt necesare pentru impunerea condițiilor la limita de tip debit masic pentru studiul diferitelor forme de difuzoare de aer.

Pentru determinarea debitului de aer pe fiecare aerator, a fost necesară simularea numerică a curgerii debitului de aer din

Tabel 1 prin sistemul de conducte HVAC care echipează automobilul Dacia Duster.

Pentru aceasta, s-a utilizat un model de Dacia Duster, care are partea de conducte HVAC incluse, prezentat în Figura 6.

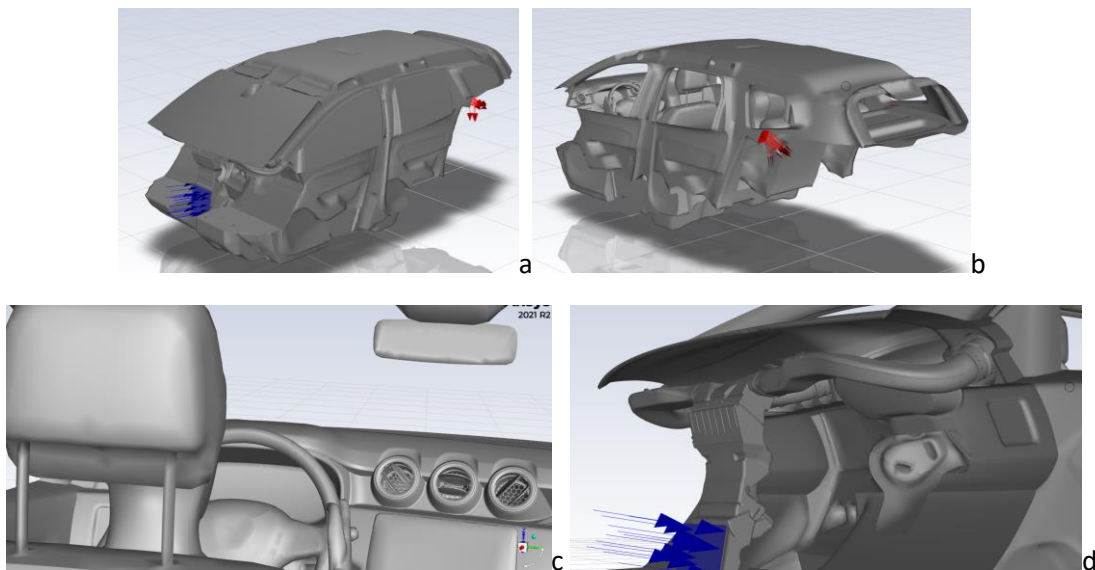


Figura 6 Model Duster cu sistem HVAC inclus

S-au realizat astfel simulări numerice în vederea determinării debitelor pentru toate treptele de turație. Geometria utilizată a avut montate aeratoarele corespunzătoare modelului Duster (Figura 7).

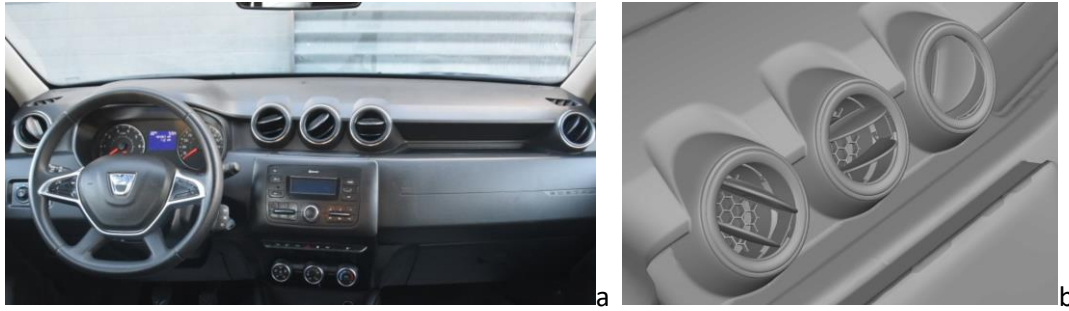


Figura 7 Bord Duster a. Bord Duster real b. Aeratoare geometrie Duster (bord Duster virtual)

Pentru simularea numerică a curgerii prin aeratoarele rezultate în cadrul activității 2.1 a fost ales difuzorul central din stânga pentru treapta a 2 de turație a ventilatorului HVAC, aceasta fiind aleasă ca urmare a concluziilor din [25], această treaptă de viteză fiind preferată de majoritatea subiecților testați pentru majoritatea timpului.

Izosuprafața de viteză de 0.75m/s pentru Dacia Duster, cu aeratoarele Figura 5a pentru treapta 2 de viteză a ventilatorului HVAC.

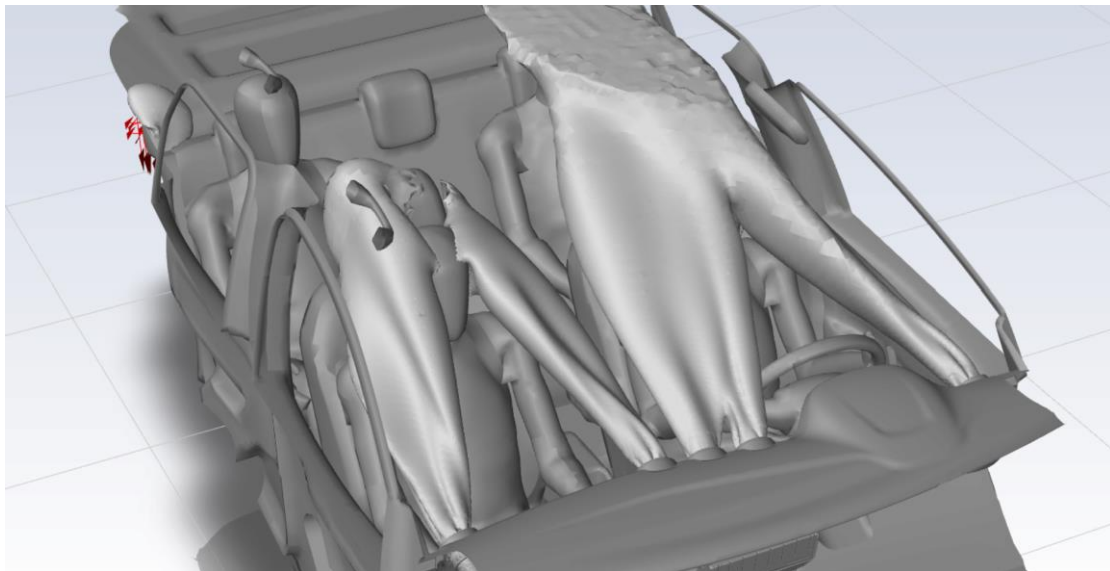


Figura 8 Izosuprafață de viteză de 0.75m/s pentru Duster, treapta 2 de viteză a ventilatorului HVAC

Astfel, pentru poziția 2 a sistemului HVAC, a rezultat distribuția de debite din Tabel 2, pentru fiecare aerator separat.

Tabel 2 Distribuție debite de aer pe toate aeratoarele pentru treapta a 2a de turație a ventilatorului HVAC

Pozitie aerator	Aria	Viteza medie	Debit volumic	Debit masic	Debit volumic orar	Pondere debit
	m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	kg/s	m <sup>3</sup> /h	%
<b>LD – Stânga</b>	<b>0.002347</b>	<b>4.500417</b>	<b>0.010563</b>	<b>0.012939</b>	<b>38.03</b>	<b>21.50%</b>
<b>CLD – Stânga centru</b>	<b>0.002429</b>	<b>3.841987</b>	<b>0.009333</b>	<b>0.011433</b>	<b>33.60</b>	<b>19.00%</b>
<b>CD – Centru</b>	<b>0.002417</b>	<b>4.452031</b>	<b>0.010759</b>	<b>0.013179</b>	<b>38.73</b>	<b>21.90%</b>
<b>CRD – Dreapta centru</b>	<b>0.002321</b>	<b>3.612996</b>	<b>0.008386</b>	<b>0.010273</b>	<b>30.19</b>	<b>17.07%</b>
<b>RD - Dreapta</b>	<b>0.00236</b>	<b>4.27079</b>	<b>0.01008</b>	<b>0.012348</b>	<b>36.29</b>	<b>20.52%</b>

**Etapă 2 – Simularea numerică a curgerii aerului prin prototipurile de difuzoare de aer (in lucru)**

În continuare, în etapa a 2 a activității T2.2 se va impune debitul pentru treapta a 2a de turație a ventilatorului HVAC, aferent difuzorului de aer situat în centru stânga (CLD) pentru toate difuzoarele de aer rezultate din activitatea T2.1.

Rezultatele vor fi prelucrate ținându-se cont de rata de antrenare a aerului ambiant de către aerul proaspăt vehiculat de către ventilatorul HVAC pentru treapta 2.

Rezultatele simulării numerice pentru difuzorul de aer din automobilul Dacia Duster sunt prezentate în Figura 9. Astfel se poate vedea distribuția câmpului de viteză în plan longitudinal (stânga), transversal la 100mm de panoul de bord (imaginea din mijloc), transversal la 600mm de bord de panoul de bord (dreapta) (Figura 9).

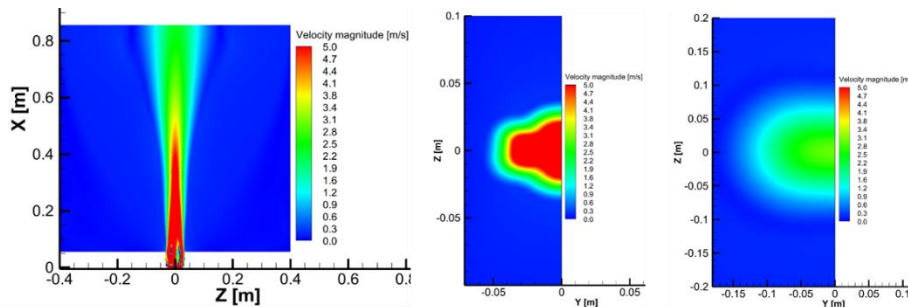


Figura 9 Distribuția câmpului de viteză pentru geometria difuzorului de aer prezent la momentul acesta în Dacia Duster: Stânga – Longitudinal, Mijloc – Transversal la 100mm de bord, Dreapta – Transversal la 600mm de bord

O informație extrem de importantă pentru derularea proiectului este evaluarea debitului de aer din mediul ambiant antrenat de către aerul vehiculat prin aerator. Această informație se poate obține prin postprocesarea rezultatelor numerice în programul Tecplot, astfel s-a determinat că la distanța de 0.6m de planșa de bord, debitul de aer este de 77.5 m<sup>3</sup>/h, față de valoarea vehiculată prin aerator care este de 31.8 m<sup>3</sup>/h. Se observă că rata de antrenare este de 2.44 pentru difuzorul de aer etalon din Duster.

În continuarea acestei activități se vor prelucra datele numerice rezultate din simulările numerice efectuate și pe baza acestora, se va decide, schimbarea geometriei și ulterior evaluarea performanțelor prin simulare numerică.

### T2.3 Imprimarea 3D a difuzoarelor de aer (Decembrie 2022 - Ianuarie 2023: în lucru)

Imprimarea 3D pentru difuzoarele inovatoare proiectate, care vor fi realizate cu ajutorul unei imprimante 3D, va debuta în luna Decembrie, executându-se acele difuzoare de aer care au un grad ridicat de antrenare, conform simulărilor numerice care se vor efectua pentru aeratoarele simulate numeric în activitatea T.2.2.

### T2.4 Măsurări experimentale utilizând tehnica Particle Image Velocimetry (Decembrie 2022- Februarie 2023: în lucru)

În această activitate, care va începe în luna Decembrie, măsurările experimentale PIV (Particle Image Velocimetry) vor fi efectuate în laboratorul de cercetare CAMBI utilizând camera climatică, unde se va măsura câmpul de viteză al curgerii de aer prin difuzorul de aer inovator, rezultat la finalul activității T2.2. Astfel, în luna Decembrie se va executa standul experimental, urmând ca din Ianuarie să fie demarate măsurările propriu zise. Estimăm că în luna Februarie vor fi finalizate măsurările experimentale, efectuându-se totodată și procesarea datelor măsurate.

## Sumar progres

Notele și rapoartele tehnice au fost integrate în raportul științific aferent etapei 1 a proiectului.

## Activități de diseminare și popularizare desfășurate

În cadrul Etapei din 2022, rezultatele obținute au fost diseminate atât în cadrul manifestărilor științifice cât și în publicații cu impact.

### Articole științifice

1. Florin BODE, Amaury JAMIN, Gabriel Mihai SIRBU, Influence of the air diffusers on human thermal comfort inside vehicles – a review article, 27th Power Engineering and Power Machines Conference - PEPM 2022, Bulgaria, 16-19 Sep 2022
2. Titus JOLDOȘ, Florin BODE\*, Dan OPRUȚA, Numerical and experimental studies to increase the HVAC fan performance for electrical vehicles – Part 1, The 8th Conference of the Sustainable Solutions for Energy and Environment, EENVIRO 2022, Bucharest, Romania, 17-20 Oct 2022
3. Titus JOLDOȘ, Florin BODE\*, Dan OPRUȚA, Numerical and experimental studies to increase the HVAC fan performance for electrical vehicles – Part 2 The 8th Conference of the Sustainable Solutions for Energy and Environment, EENVIRO 2022, Bucharest, Romania
4. Diana LEMIAN, Florin BODE\*, Battery-Supercapacitor Energy Storage Systems for Electrical Vehicles: A Review, Energies, 2022, 15(15), 5863, <https://doi.org/10.3390/en15155683>, IF2021: 3.252 (Q3), ISSN: 1996-1073, 2022
5. Ilinca NASTASE, Paul DANCA, Florin BODE\*, Cristiana CROITORU, Lucian FECHETE, Mihnea SANDU, Costin Ioan COȘOIU, A regard on the thermal comfort theories from the standpoint of Electric Vehicle design — Review and perspectives, Energy Reports, Volume 8, November 2022, Pages 10501-10517, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.186>, ISSN 2352-4847, IF:2021:4.937 (Q2), 2022

### Întâlniri, stagii și participări la conferințe

Activitatea de diseminare a întregului proiect a fost inițiată încă de la începutul proiectului și a continuat pe tot parcursul anului 2022.

A fost creată pagina web a proiectului INNOVENT: <http://cambi.utcb.ro/researchprojects/innovent>.

S-au susținut prezentări la 2 conferințe în 2022 și anume la conferința internațională PEPM 2022 (16-19 Septembrie 2022 - Sozopol, Bulgaria) și la conferința internațională EENVIRO 2022 (17-21 Octombrie 2022 – București, România) în scopul diseminării rezultatelor obținute în urma cercetărilor întreprinse în cadrul proiectului INNOVATIVE.

În cadrul etapei 1 -2022 a avut loc un workshop online în data de 29.08.2022 de prezentare a rezultatelor și soluțiilor aferente T1.1 și T1.2 proiectului între echipele implicate în proiect, precum și a direcției viitoare de abordare a următoarelor activități din cadrul proiectului. Din partea coordonatorului au participat Florin Bode, Paul Danca și Titus Joldos iar din partea partenerului a participat Gabriel Sirbu.

Un alt workshop a avut loc în data de 17.10.2022, ca sesiune paralelă în cadrul conferinței internaționale EENVIRO 2022, fiind cuprins în programul conferinței. Sesiunea de workshop a avut loc între orele 14:30-15:30 (Sala I.4) și au participat membrii din ambele echipe ale proiectului. La întâlnire



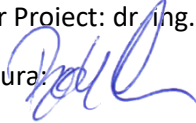
s-au analizat rezultatele obținute și s-au prezentat direcțiile viitoare de parcurs în cadrul proiectului, pe termen scurt, mediu și lung.

### Coordonator

Denumire: Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

Director Proiect: dr. ing. Florin BODE

Semnatura:



### Referințe bibliografice

- [1] Alahmer A, Mayyas A, Mayyas A A, Omar M A and Shan D 2011 Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review *Appl. Therm. Eng.* **31** 995–1002
- [2] Standard ISO - ISO/TS 14505-1:2007 - Ergonomics of the thermal environment — Evaluation of thermal environments in vehicles — Part 1: Principles and methods for assessment of thermal stress
- [3] Standard ISO - ISO 14505-2:2006 - Ergonomics of the thermal environment — Evaluation of thermal environments in vehicles — Part 2: Determination of equivalent temperature
- [4] Standard ISO - ISO 14505-3:2006 - Ergonomics of the thermal environment — Evaluation of thermal environments in vehicles — Part 3: Evaluation of thermal comfort using human subjects
- [5] Walgama C, Fackrell S, Karimi M, Fartaj A and Rankin G W 2006 Passenger Thermal Comfort in Vehicles - A Review: <http://dx.doi.org/10.1243/09544070D00705> **220** 543–62
- [6] Croitoru C, Nastase I, Bode F, Meslem A and Dogeanu A 2015 Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles - Current capabilities and future perspectives *Renew. Sustain. Energy Rev.* **44** 304–18
- [7] Horobet T, Danca P, Nastase I and Bode F 2018 Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants *E3S Web Conf.* **32** 1022
- [8] Danca P, Nastase I, Bode F, Croitoru C, Dogeanu A and Meslem A 2019 Evaluation of the thermal comfort for its occupants inside a vehicle during summer *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **595** 12027
- [9] Bode F, Nastase I, Danca P, Meslem A and Danca P 2017 The Influence of the Inlet Angle of Vehicle Air Diffuser on the Thermal Comfort of Passengers *Proc. 8th Int. Conf. Energy Environ. Energy Saved Today is Asset Futur. CIEM 2017* 442–6
- [10] Danca P, Bode F, Nastase I and Meslem A 2018 CFD simulation of a cabin thermal environment with and without human body – thermal comfort evaluation *E3S Web Conf.* **32** 1018
- [11] Karthick L, Prabhu D, Rameshkumar K, Prabhu T and Jagadish C A 2022 CFD analysis of rotating diffuser in a SUV vehicle for improving thermal comfort *Mater. Today Proc.* **52** 1014–25
- [12] Yang H, Wang Y and He T 2015 The Analysis on the Effect of Passenger car Air Conditioning and Distribution with Different Inlet Parameters *Proc. First Int. Conf. Inf. Sci. Mach. Mater. Energy* **126** 228–32

- [13] Jamin A, Janssens B, Bosschaerts W, Bode F, Danca P A and Nastase I 2021 Experimental Validation of the Human Thermal Plume of the Driver Inside a Vehicle Cabin *Proc. 2021 10th Int. Conf. ENERGY Environ. CIEM 2021*
- [14] Danca P, Bode F, Dogeanu A, Croitoru C, Sandu M, Meslem A and Nastase I 2019 Experimental study of thermal comfort in a vehicle cabin during the summer season *E3S Web Conf.* **111** 1048
- [15] Danca P, Bode F, Nastase I and Meslem A 2017 On the Possibility of CFD Modeling of the Indoor Environment in a Vehicle *Energy Procedia* **112** 656–63
- [16] Jose S S and Chidambaram R K 2021 Thermal Comfort Optimization in an Electric Vehicle *Int. J. Heat Technol.* **39** 1957–65
- [17] Nastase I and Danca P A 2021 Experimental Study on the Thermal Environment Inside a Vehicle Cabin with Innovative Air Diffusers *Proc. 2021 10th Int. Conf. ENERGY Environ. CIEM 2021*
- [18] Mumcuoglu K, Beyhan Y Y, Bingol E and Soyhan H S 2022 On pressure drop and airflow directivity ability of air vents on automobile cabinets – STUME Journals *nternational Sci. Journals Sci. Tech. Union Mech. Eng.*
- [19] Danca P A, Nastase I and Bode F 2021 The influence of different air flows introduced on the thermal comfort of car passengers during the cooling period – Numerical Study *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **664** 12112
- [20] Nastase I and Meslem A 2010 Vortex dynamics and mass entrainment in turbulent lobed jets with and without lobe deflection angles *Exp. Fluids* **48** 693–714
- [21] Nastase I, Meslem A, Vlad I and Colda I 2011 Lobed grilles for high mixing ventilation – An experimental analysis in a full scale model room *Build. Environ.* **46** 547–55
- [22] Meslem A, Nastase I and Allard F 2010 Passive mixing control for innovative air diffusion terminal devices for buildings *Build. Environ.* **45** 2679–88
- [23] Meslem A, Bode F, Nastase I and Martin O 2012 Optimization of lobed perforated panel diffuser: Numerical study of orifice geometry *Mod. Appl. Sci.* **6** 59–73
- [24] Meslem A, Nastase I, Bode F and Beghein C 2016 Optimization of a Lobed Perforated Panel Diffuser - A Numerical Study of Orifice Arrangement <http://dx.doi.org/10.1080/14733315.2012.11683986> **11** 255–70
- [25] Danca P 2019 Ventilation strategies for improving the indoor environment quality in vehicles *PhD Thesis*
- [26] Benabed A and Boulbair A 2022 Numerical analysis of thermal comfort and air freshness generated by a multi-cone diffuser with and without lobed inserts *J. Build. Eng.* **54** 104632



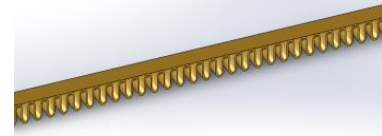
## Rezumat executiv al activităților realizate în perioada de implementare pentru proiectul

### Difuzoare de aer inovative cu inducție ridicată pentru îmbunătățirea calității mediului ambiant în vehicule - INNOVENT - PN-III-P2-2.1-PED-2021-0559 / 697PED din 24.06.2022

*Etapă 1 – 2022 - 24.06.2022 – 31.12.2022*

**Obiectivul general al proiectului:** Obiectivul general al proiectului actual va fi dezvoltarea unui model de difuzor de aer inovator cu amestec ridicat între aerul proaspăt și aerul ambiant, implementat într-un tablou de bord Dacia Renault dezasamblat pentru a demonstra funcționalitatea acestuia atât în ceea ce privește confortul îmbunătățit, cât și în ceea ce privește reducerea debitului de aer de ventilație. Proiectul începe de la conceptul (TRL2) și rezultatul va fi un prototip care funcționează în mediu de laborator (TRL4).

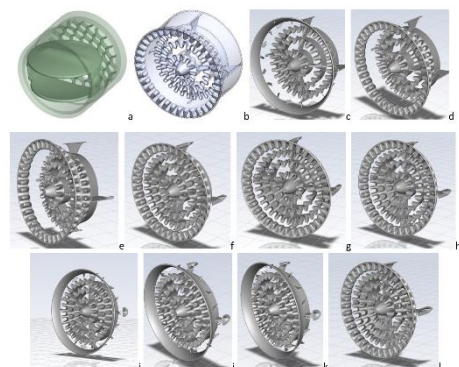
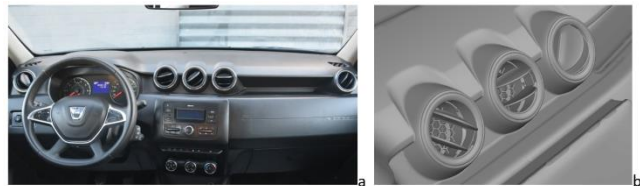
Proiectul de cercetare se bazează pe constatările anterioare ale membrilor echipei de cercetare de la UTCB care au o activitate îndelungată în acest domeniu al curgerilor de aer.



Prototipul rezultat sub forma unui sistem inovator de difuzoare de aer de amestec cu inducție ridicată va fi implementat într-un model funcțional de bord Dacia Duster.

Obiectivele specifice ale proiectului actual sunt:

1. Dezvoltarea unui sistem de difuzie a aerului cu inducție ridicată gata să fie integrat într-un Dacia Duster;
2. Efectuarea de măsurări experimentale neintruzive ale fluxului de aer după difuzorul de aer cu inducție ridicată;
3. Verificarea și validarea simulărilor numerice pentru difuzorul de aer cu inducție ridicată;
4. Modele numerice complexe ale fluxului de aer în interiorul unui vehicul pentru diferite configurații ale difuzoarelor de aer cu inducție ridicată;
5. Validarea prototipului difuzorului de aer utilizând un manechin termic, echipamentul ComfortSense și cu subiecți umani.



Până în acest moment au fost realizate următoarele activități:

- T1.1 Elaborarea cerințelor pentru conceptul de difuzor de aer inovator în ceea ce privește confortul termic
- T1.2 Elaborarea cerințelor privind prescripția pentru conceptul de sistem inovator de difuzoare de aer în ceea ce privește consumul de energie
- T1.3 Definiția preliminară a concepției pentru sistemul inovator de difuzoare de aer propus
- T2.1 Designul difuzoarelor de aer inovatoare
- T2.2 Simularea numerică a fluxului de aer prin difuzoarele de aer inovative propuse (în derulare).

