



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

CRASH TEST A JEHO VLIV NA KONSTRUKCI CHLADICÍHO MODULU

CRASH TEST AND ITS EFFECT ON COOLING MODULE DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patrik Hačunda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Bazala

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Patrik Hačunda**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Bazala**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Crash test a jeho vliv na konstrukci chladicího modulu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Chladicí modul je jedna z prvních částí vozidla, která se při čelním nárazu deformuje. Správné navrhnutí modulu může přispět jak k ochraně posádky, tak k ochraně chodců.

Cíle bakalářské práce:

Legislativní požadavky.
Rešerše různých přístupů automobilek k této problematice.
Porovnání přístupu konstrukce EV, PHEV a CE.
Zhodnocení a případné navržení inovativního přístupu.

Seznam doporučené literatury:

STONE, Richard. Introduction to internal combustion engines. 3rd edition. Warrendale, Pa.: Society of Automotive Engineers, 1999. 641 s. ISBN 0768004950.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá rešerší na téma „Crash test a jeho vliv na konstrukci chladícího modulu“. Práce obsahuje základní data Evropské legislativy, informace o společnostech provádějící nárazové testy, popis a funkce jednotlivých částí chladícího modulu a v neposlední řadě popis prvků kompenzující náraz v nízké rychlosti. Na základě předpisu společnosti RCAR je zpracována simulace čelního strukturálního nárazového testu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nárazový test za nízkých rychlostí, RCAR, vodič vzduchu, izolátor, chladič, pin, počítačová simulace, chladící modul

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with a research on the topic " Crash test and its effect on cooling module design". The thesis contains basic data of the European legislation, information about the companies performing crash tests, description and function of the individual parts of the cooling module and last but not least description of the elements compensating for low speed crash. A simulation of a frontal structural impact test is developed based on the RCAR code.

KEYWORDS

Low speed crash test, RCAR, air guide, isolator, radiator, pin, pc simulation, cooling module

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAČUNDA, P. *Crash test a jeho vliv na konstrukci chladicího modulu*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Jiří Bazala. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/150000>



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jiří Bazala a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 26. května 2023

.....

Patrik Hačunda

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce, Ing. Jiřímu Bazalovi, za odborné rady při tvorbě práce a za vstřícný přístup. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefovi Lapčíkovi za odborné vedení, vstřícný přístup, poskytnutí materiálů a pomoc při zpracování celé práce, chtěl bych také poděkovat za pozvánku návštěvy ve firmě Hanon Systems. Na závěr bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu po dobu studia.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Evropská legislativa	12
Nařízení (EU) 2019/2144.....	12
2 EURO NCAP	14
2.1 Ochrana dospělých cestujících	15
2.2 Ochrana dětí	15
2.3 Ochrana chodců	15
2.4 Asistenční systémy	16
2.5 Vyhodnocení testu.....	16
3 RCAR	17
3.1 Pracovní skupiny	17
3.2 Pracovní skupina poškoditelnost.....	18
3.2.1 Strukturální crash test při nízké rychlosti	18
3.2.2 Crash test nárazníků	24
3.2.3 Přehled jednotlivých testů rcar.....	25
4 Design chladicího modulu.....	26
4.1 Součásti chladicího modulu.....	26
4.1.1 Vodič vzduchu „Air guide“	27
4.1.2 Ochranná mřížka proti kamenům „Stone protection grill“	28
4.1.3 Chladič „Radiator“	29
4.1.4 Rámy „Frames“	30
4.1.5 Izolátory	31
4.1.6 Ventilátor a kryt „Fan and shroud“	32
4.1.7 Prvky kompenzující náraz od crash testu.....	33
5 Simulace čelního strukturálního crash testu rcar	39
5.1 RCAR simulace.....	39
5.2 Abaqus.....	39
5.3 Vyhodnocení vniknutí příčnicku do chladicího modulu	40
5.4 Dohodnuté podmínky simulace.....	41
5.5 Výsledky simulace	42
5.5.1 Translace příčnicku o 120 mm.....	43
5.5.2 Varianta translace příčnicku o 100 mm	45
5.6 Závěr simulace	45
5.7 Návrhy k vylepšení.....	46
Závěr	48
Použité informační zdroje	49
Seznam použitých zkratk a symbolů	50

ÚVOD

S přibývajícím počtem vozidel na silnicích je provoz čím dál hustější a s tím také stoupá riziko dopravní nehody. V první řadě je důležité zajistit bezpečnost cestujících, nicméně v malých rychlostech nejsou tak velmi ohroženi. Ohroženy jsou hlavně části automobilu, konkrétně při čelní srážce je nejvíce ohrožen chladicí modul. Je součástí chladicího systému vozidla a slouží k udržení optimální teploty pro co nejdelší životnost a efektivnost.

V rámci snížení rizika poškození chladicího modulu a snížení nákladů na opravu jsou do chladicích modulů implementovány prvky, které absorbují kinetickou energii od nárazu v nízké rychlosti.

Obsahem práce jsou základní informace o legislativě v EU a společnosti EURO NCAP, která se zabývá nárazovými testy ve vyšších rychlostech. Hlavní částí práce bylo zpracovat postup nárazového testu společnosti RCAR, popsat prvky chladicího modulu a jejich funkci, vysvětlit, co jsou to prvky kompenzující náraz v nízké rychlosti a v neposlední řadě je popsána simulace čelního strukturálního crash testu RCAR.

1 EVROPSKÁ LEGISLATIVA

Všechna vozidla prodávaná v EU musí splňovat EWVTA (European Whole Vehicle Type Approval). Homologace je proces, při kterém se prokazuje, že vozidlo splňuje všechny požadavky evropské legislativy týkající se bezpečnosti, emisních limitů, ekologických parametrů.

NAŘÍZENÍ (EU) 2019/2144

Nařízení stanovuje pravidla pro homologaci vozidel, která musí být splněna, aby mohla být registrována a provozována na silnicích EU. Například nařízení stanovuje požadavky na bezpečnost, emisní limity a ekologické parametry vozidel. Toto nařízení také zahrnuje pravidla pro schvalování výrobce a proces schvalování pro nové typy vozidel. Zahrnuje také pravidla pro použití a údržbu těchto vozidel, stejně jako pravidla pro technickou kontrolu.

Toto nařízení má za cíl posílit bezpečnost silničního provozu v EU, snížit emise vozidel a zlepšit efektivnost a účinnost homologace vozidel.

„Nařízení se použije na motorová vozidla kategorií M a N a jejich přípojná vozidla kategorie O, jež jsou určena k používání na veřejných komunikacích, včetně těch, jež jsou zkonstruována a vyrobená v jednom nebo více stupních, a na systémy, konstrukční části a samostatné technické celky, jakož i díly a zařízení, zkonstruované a vyrobené pro taková vozidla a jejich přípojná vozidla.“ [1]

Požadavky nárazových zkoušek se v tomto nařízení nachází v příloze II: „Požadavky pro účely schválení EU schválení typu vozidel, systémů, konstrukčních částí nebo samostatných technických celků.“

Položka 53A

- Ochrana cestujících v případě čelního nárazu (Nařízení (ES) č. 661/2009 Předpis EHK OSN č. 94) [1]

Položka 54A

- Ochrana cestujících v případě bočního nárazu (Nařízení (ES) č. 661/2009 Předpis EHK OSN č. 95) [1]

EHK OSN č.94

- týká se nárazové zkoušky, která se nazývá „čelní nárazová zkouška“
- vozidlo při této zkoušce narazí kolmo v rychlosti 56 ± 1 km/h do bariéry, kdy vozidlo překrývá čelo bariéry ze $40 \% \pm 20$ mm [1]

EHK OSN č.95

- týká se nárazové zkoušky, která se nazývá „boční nárazová zkouška“
- simuluje situaci, kdy silniční vozidlo narazí do překážky bočně (strom, sloupek, svodidlo) [1]

- vozidlo při této zkoušce stojí, pohyblivá bariéra do něj z boku narazí v rychlosti 50 ± 1 km/h
- cílem této zkoušky je posoudit, jak dobře jsou chráněni cestující v případě bočního nárazu a jak se vozidlo chová v situaci kdy dochází k bočnímu nárazu [1]

V obou těchto předpisech jsou definovány hodnoty pro biomechanická data, které jsou naměřeny během těchto nárazových zkoušek. Z těchto dat se dále vyhodnocuje, zdali vozidlo splní limity homologace.

2 EURO NCAP

„Euro NCAP je název organizace provádějící evropský spotřebitelský test bezpečnosti nových vozů, tzv. bariérové zkoušky. Výsledky testů slouží ke snadnější orientaci spotřebitelů na trhu, jelikož výsledky jsou veřejně dostupné, nezávislé a souměřitelné.



Obr. 1 Logo společnosti EURO NCAP [3]

Organizace Euro NCAP byla založena v roce 1997, dnes sídlí v Bruselu a sdružuje představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, pojišťoven a zákaznických organizací. Název Euro NCAP vychází z anglického European New Car Assessment Programme neboli Evropský program hodnocení nových vozů. Euro NCAP je ekvivalent podobných testů ve Spojených státech, Japonsku nebo Austrálii.


Cílem konsorcia Euro NCAP je nezávislé hodnocení pasivní bezpečnosti automobilů všech značek. Výsledky jsou vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Počet hvězdiček se pohybuje od 0 (nevyhovující) po 5 (bezpečné). Během vývoje nového automobilu, ještě před uvedením na trh, musí projít každý nový model tzv. homologačními testy. Výsledky těchto testů nejsou veřejně přístupné, a navíc mohou být pro každý trh trochu jiné, proto v Evropě vznikl jednotný test Euro NCAP. V roce 1998 vyšly první testy jednotného systému hodnocení Euro NCAP prováděné za souměřitelných podmínek. Na chodu těchto zkoušek se podílejí i ministerstva vlád Německa, Francie, Nizozemí, Švédska a Velké Británie. Dalšími strategickými partnery jsou Královský automobilový klub ve Velké Británii, ADAC, FIA a další.

Nezávislá autorizovaná zkušebna provádějící testy anonymně zakoupí vůz. Tím je zaručen náhodný výběr vozu a je vyloučeno ovlivnění ze strany automobilky. Pak jsou přizváni zástupci dané značky, kteří asistují při přípravě vozu na testy. Samotné zkoušky se pak zúčastní jako pozorovatelé. Zkouška je provedena pouze jednou.“ [2]

2.1 OCHRANA DOSPĚLÝCH CESTUJÍCÍCH

Vyhodnocení výsledků se skládá z šesti dílčích zkoušek.


Tab. 1 Přehled jednotlivých zkoušek [2]

1.	Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry	
2.	Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry	
3.	Boční náraz	
4.	Boční náraz do sloupu	
5.	Test ochrany krční páteře	
6.	Test bezpečnostních systémů	

2.2 OCHRANA DĚTÍ

Vyhodnocení výsledků se skládá ze tří aspektů.


Tab. 2 Přehled aspektů ochrany dětí [2]

1.	Ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu	
2.	Schopnost vozidla pojmout dětské zádržné systémy různých velikostí a provedení	
3.	Ověření správného uchycení dětských zádržných systémů	

2.3 OCHRANA CHODCŮ

Výsledek zkoušky ochrany chodců se stanovuje na základě testů střetu s přední částí vozidla. Posuzováno je potenciální riziko zranění hlavy, pánve, horní a dolní končetiny.


Tab. 3 Přehled zkoušek ochrany chodců [2]

1.	Střet s hlavou	
2.	Střet s horní částí dolních končetin	
3.	Střet s dolní částí dolních končetin	

2.4 ASISTENČNÍ SYSTÉMY

Výsledek této zkoušky je stanoven na základě testů nejdůležitějších asistenčních systémů, které podporují bezpečné řízení. Tyto testy ověřují účinnost a funkčnost aktivních prvků bezpečnosti.

Tab. 4 Přehled testů asistenčních systémů [2]

1.	test elektronického stabilizačního systému	
2.	kontrola zapnutí bezpečnostních pásů	
3.	asistent rychlostních limitů	
4.	test automatického nouzového brždění	
5.	asistent jízdy v jízdním pruhu	

2.5 VYHODNOCENÍ TESTU

Celkové hodnocení je vyjádřeno pomocí počtu hvězdiček. Čím více vozidlo v testu získá, tím více je v celkovém pohledu bezpečnější. Přidělují se podle procent ve čtyřech základních oblastech.

5 hvězdičková bezpečnost

- „celkově vynikající výkon v ochraně proti nárazu a dobře vybavený komplexní a robustní technologií pro předcházení nehodám“ [3]

4 hvězdičková bezpečnost

- „celkově dobrý výkon v ochraně proti nárazu a ve všech směrech, může být přítomna další technologie pro předcházení nehodám“ [3]

3 hvězdičková bezpečnost

- „alespoň průměrná ochrana cestujících, ale ne vždy vybavena nejnovějšími funkcemi pro předcházení nehodám“ [3]

2 hvězdičková bezpečnost

- „nominální ochrana proti nárazu, ale chybí technologie pro předcházení nehodám“ [3]

1 hvězdičková bezpečnost

- „mezí ochrana před nárazu a technologie pro předcházení nehodám“ [3]

0 hvězdičková bezpečnost

- „splňuje standardy typového schválení EU, takže může být legálně prodána, ale postrádá kritickou moderní bezpečnostní technologii.“ [3]

3 RCAR

„Mezinárodní sdružení automobilových výzkumných center, které vlastní nebo provozují pojistitelé nebo skupiny pojistitelů, jejichž primárním cílem je podporovat účel RCAR.

Toho je dosaženo výzkumem zlepšené odolnosti vozidla proti poškození, opravitelnosti, zabezpečení a bezpečnosti.

V současné době má RCAR 22 členů, kteří pokrývají 18 zemí a pět kontinentů: Evropa, Asie, Severní Amerika, Jižní Amerika a Austrálie.

RCAR poskytuje členům mezinárodní fórum pro výměnu informací o výsledcích výzkumu a strategiích pro implementaci. Přestože výzkumná činnost probíhá na denní bázi a je sdílána po celý rok, členové RCAR se setkávají alespoň jednou ročně, aby diskutovali o takových tématech, jako jsou nejnovější postupy a procesy oprav, průmyslové vzdělávání, bezpečnostní prvky a nové technologie – to vše může ovlivnit náklady na pojištění a opravy motorových vozidel.

RCAR vydává prohlášení o zásadách, konstrukční průvodce, poziční dokumenty a další informace pro použití těmi, kdo se podílejí na navrhování, konstrukci, opravách a pojištění motorových vozidel. Tento výzkum je poté použit jako výchozí bod pro zahájení smysluplného dialogu s výrobcí vozidel a ostatními o praktickém využití tohoto výzkumu. Tyto informace jsou k dispozici na této webové stránce.“ [4]

3.1 PRACOVNÍ SKUPINY

Rozdělují se do osmi skupin.

1. Poškoditelnost

„Zavádí a udržuje standardy pro hodnocení škodlivosti vozidel při nehodách v nízké rychlosti, kde může být narušena konstrukce vozidla, ale obvykle nedochází k žádnému tělesnému zranění.“ [5]

2. Opravitelnost

„Cílem je stanovit standardy pro hodnocení opravitelnosti vozidel při nehodách v nízké a vysoké rychlosti.“ [6]

3. P-safe

Výzkum a podpora technologií aktivní bezpečnosti, které mohou varovat řidiče nebo zasáhnout převzetím kontroly nad vozidlem, aby se vyhnuly nebo zmírnily nehodu. [7]

4. Prevence „Whiplash“podjetí

Vyhodnocuje statické a dynamické zkoušky schopnosti sedadel a opěrek hlavy zabránit zranění krku při nárazu zezadu při střední a nízké rychlosti. [8]

5. Kybernetická bezpečnost [9]
6. Oprava a kalibrace ADAS [9]
7. Náhradní díly [9]
8. EDR a telematika [9]

„Zařízení instalované v motorovém vozidle, které zaznamenává technické informace o vozidle a cestujících po krátkou dobu před nehodou, během ní a po ní. Zařízení EDR může například zaznamenávat dynamiku vozidla a stav systému před nehodou, vstupy řidiče, signaturu nárazu vozidla, stav použití/rozložení zádržných systémů a údaje po nehodě, jako je aktivace systému automatického hlášení kolize“ [10]

3.2 PRACOVNÍ SKUPINA POŠKODITELNOST

Vzhledem k téma práce je relevantní popsat pouze pracovní skupinu poškoditelnost, která se zabývá crash testy. Tato skupina se dělí na dva typy testů.

3.2.1 STRUKTURÁLNÍ CRASH TEST PŘI NÍZKÉ RYCHLOSTI

„Zahrnuje odhad poškození vozidla (fyzické poškození a náklady na opravu) při dvou nárazech. Čelní náraz do pevné bariéry a náraz do mobilní překážky s pevným povrchem do zadní části stojícího vozidla.“ [11]

ČELNÍ NÁRAZ DO PEVNÉ BARIÉRY

Nastavení vozidla

- „musí být před zahájením zkoušky zkontrolováno, zda na něm nedošlo k předchozímu poškození
- podle uvážení zkušebny a/nebo výrobce vozidla mohou být vybrané konstrukční části nahrazeny ekvivalentními hmotami, pokud tato záměna nebude mít vliv na výsledky
- palivová nádrž zkušebního vozidla musí být plná nebo podle uvážení zkušebního zařízení vypuštěna a doplněna náhradním palivem s přesností 5 % specifikace výrobce“ [11]

Hmotnost vozidla

- „pohotovostní hmotnost vozidla plus zkušební figurína o hmotnosti 75,5 kg nebo ekvivalentní zátěž na sedadle řidiče připoutaná standardním třibodovým bezpečnostním pásem
- pokud této hmotnosti nelze z jakéhokoli důvodu dosáhnout, může být vozidlo po vzájemné dohodě výrobce vozidla a zkušebny zkoušeno s nižší hmotností
- dohoda o nižší hmotnosti testovaného vozidla musí být uvedena ve zkušebním protokolu“ [11]

Zkušební stav vozidla

- „brzdové a plynové pedály, kotevní body bezpečnostních pásů a sloupky řízení, pokud jsou nastavitelné, musí být umístěny ve středu svého rozsahu pohybu nebo v poloze, která je středu nejbližší

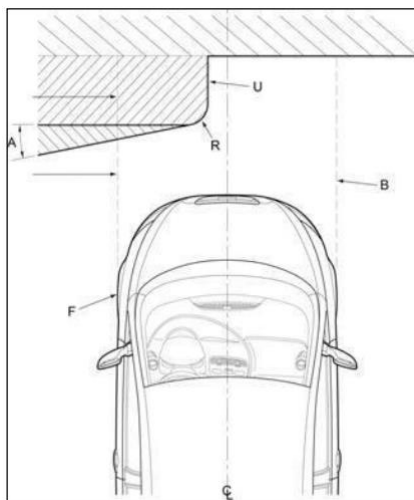
- přední sedadla musí být nastavena ve středu svého rozsahu pohybu, a to jak v příčném, tak ve svislém směru
- opěradlo sedadla musí být nastaveno do typické polohy pro řízení nebo do polohy určené výrobcem
- spínač zapalování by měl být zapnutý a všechna bezpečnostní zařízení (předpínače bezpečnostních pásů, airbagy atd.) by měly být v činnosti
- převodovka by měla být v neutrální poloze s plně uvolněnou parkovací/ruční brzdou
- kontrolka airbagu na přístrojové desce se pozoruje dostatečně dlouho, aby se zjistilo, že systém je v pořádku, když je zapnuto zapalování (motor by neměl běžet, s výjimkou případů, kdy se používá k pohonu zkušebního vozidla)
- všechny dveře musí být zavřené a buď zamčené, nebo odemčené podle požadavků zkušebny“ [11]

Pohon zkušebního vozidla

- „zkušební vozidlo může být poháněno vlastním motorem nebo jinou přijatelnou hnací silou
- v okamžiku nárazu musí být vozidlo bez příslušných vnějších nebo hnacích sil
- ke stabilizaci nájezdu může být povolen určitý odpor (např. pomocí ruční brzdy)
- rychlost vozidla při nárazu by měla být 15 km/h (+ 1/- 0 km/h)“ [11]

Sestavení a umístění bariéry

- „bariéra může být připevněna k pevnému závaží nebo ukotvena přímo k podlaze tak, aby se při nárazu nemohla pohnout
- v obou případech připevnění/ukotvení musí být přední strana bariéry svislá s přesností $\pm 1^\circ$
- přední strana bariéry musí být orientována v úhlu $10^\circ (\pm 1^\circ)$ vzhledem ke kolmici na podélnou osu zkušebního vozidla
- počáteční kontakt vozidla se uskuteční na straně sloupku řízení a přední část vozidla musí překrývat čelní plochu bariéry o $40\% \pm 25\text{ mm}$
- překrytí se měří při počátečním nárazu promítnutím okraje bariéry v podélné ose vozidla na přední část zkušebního vozidla
- výška bariéry musí přesahovat výšku přední části zkušebního vozidla“ [11]



Obr. 2 Pohled shora na čelní strukturální test [11]

Tab. 5 Jednotlivých bodů k Obr. 2

Popis	Zkratka	Rozměr
Překrytí	U	40 % ± 25 mm
Šířka vozidla	B	Každé vozidlo má svoji
Poloměr	R	150 mm
Zkušební vozidlo	F	-
Úhel	A	10 ° (± 1 °)

Na obrázku č. 2 je vidět schéma rozmístění pro čelní náraz do pevné překážky v uvedené rychlosti 15 km/h (+ 1/- 0 km/h). K obrázku je přiřazena tabulka (viz tab. 5)

ZADNÍ NÁRAZ

Nastavení vozidla

- „musí splňovat stejné požadavky jako u čelního nárazu, pokud však bylo vozidlo použito pro čelní náraz, je na výrobci vozidla nebo zkušebně, aby určili, zda je schopno odolat dalšímu nárazu
- zkušební vozidlo se umístí do zkušebního prostoru tak, aby se mobilní bariéra dotýkala zadní části vozidla na příslušné straně, jak určí výrobce nebo zkušební zařízení. Obvykle je to strana protilehlá straně, na kterou byl proveden náraz při přední zkoušce
- vzhledem k tomu, že vozidlo je v okamžiku nárazu v neutrální poloze, může být pro kontrolu nežádoucího pohybu vozidla po nárazu zapotřebí brzdový mechanismus“ [11]

Testovací zařízení

- „zkušební plocha musí být dostatečně velká, aby se do ní vešla zrychlovací dráha, bariéra a technická zařízení nezbytná pro zkoušku
- posledních 5 metrů dráhy přiléhající k bariéře musí být vodorovných, rovných a hladkých“ [11]

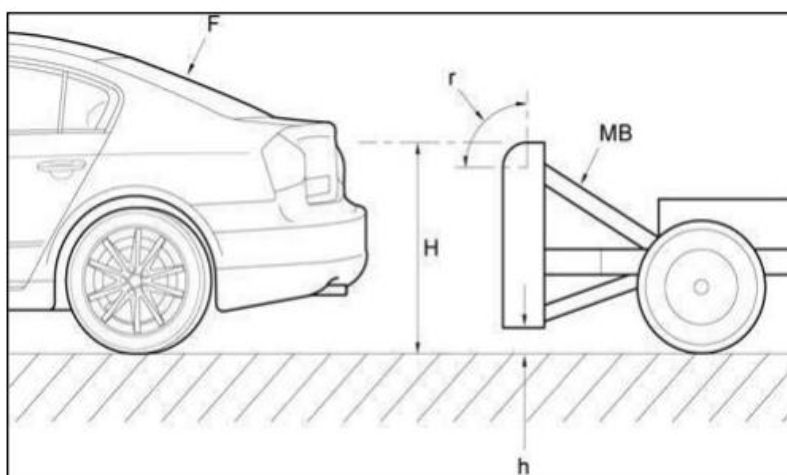
Pohon mobilní bariéry

- „bariéru lze pohánět jakoukoli přijatelnou hnací silou
- při počátečním nárazu musí být bariéra bez příslušných vnějších nebo hnacích sil
- rychlost bariéry při nárazu by měla být 15 km/h (+ 1/- 0 km/h)“ [11]

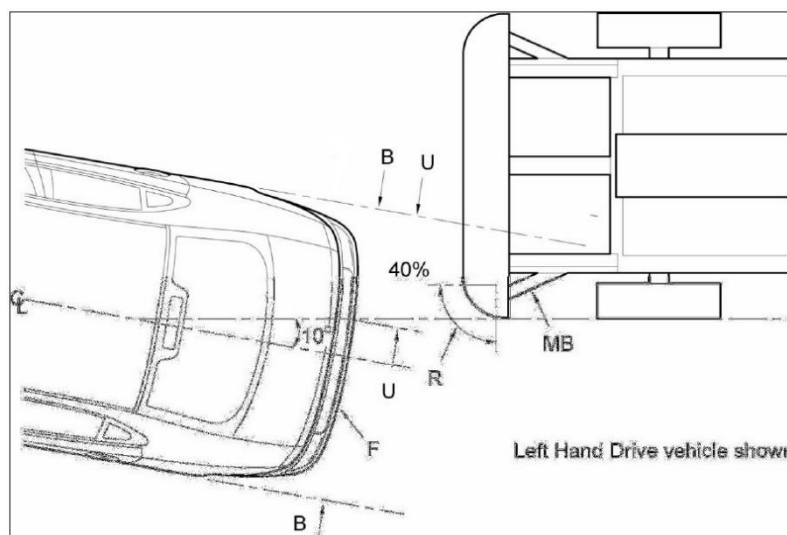
Sestavení a umístění bariéry

- „mobilní zábrana musí odpovídat rozměrům uvedeným jako "pevné" (viz. obr. 5) (ostatní rozměry jsou libovolné)
- při počátečním nárazu by měla být přední strana zábrany svislá s přesností ± 1 °

- nápravy musí být přesně vyrovnány a zajištěny tak, aby mobilní bariéra sledovala přímý směr
- bariéra musí být vybavena brzdami a/nebo zajištěna tak, aby po prvním kontaktu s vozidlem nedošlo k dalšímu neúmyslnému nárazu
- bariéra má hmotnost $1400 \text{ kg} \pm 5 \text{ kg}$
- poloha vozidla při zkoušce musí zajistit, aby mobilní bariéra překrývala zadní část zkušebního vozidla o $40 \% \pm 25 \text{ mm}$ a aby její podélná osa svírala s podélnou osou zkušebního vozidla úhel $10^\circ (\pm 1^\circ)$.“ (viz obr. 4) [11]



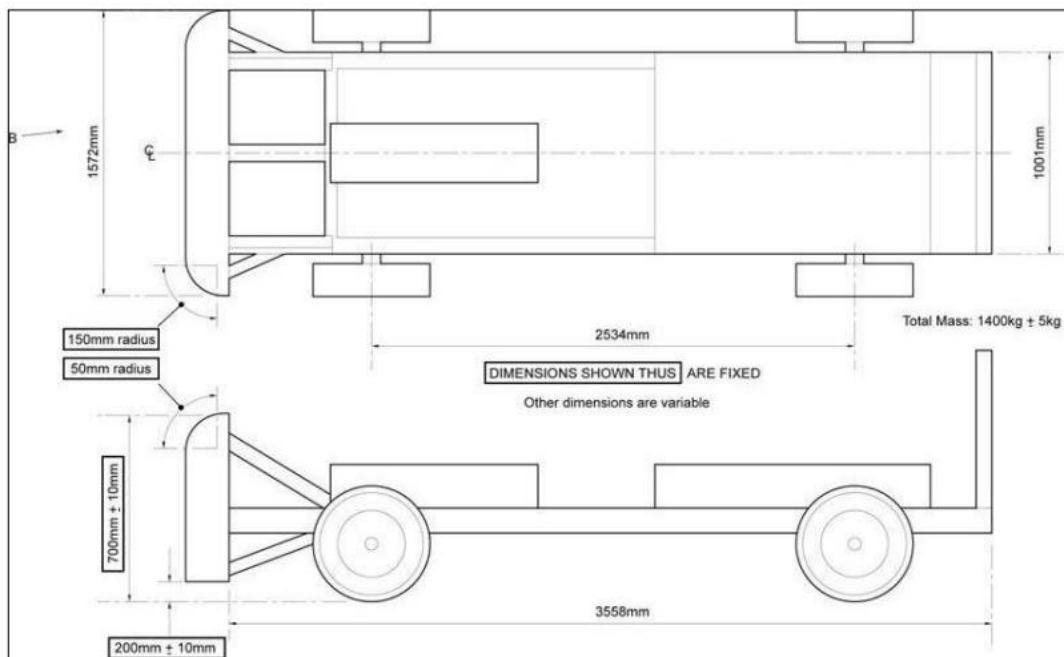
Obr. 3 Pohled zepředu na zadní náraz [11]



Obr. 4 Pohled shora na zadní náraz [11]

Tab. 6 Jednotlivých bodů k Obr. 3 a Obr.4

Popis	Zkratka	Hodnota
Mobilní bariéra	MB	-
Výška bariéry	H	700 ± 10 mm
Světlá výška	h	200 ± 10 mm
Zkušební vozidlo	F	-
Konstantní poloměr	R	150 mm
Překrytí	U	40 % ± 25 mm

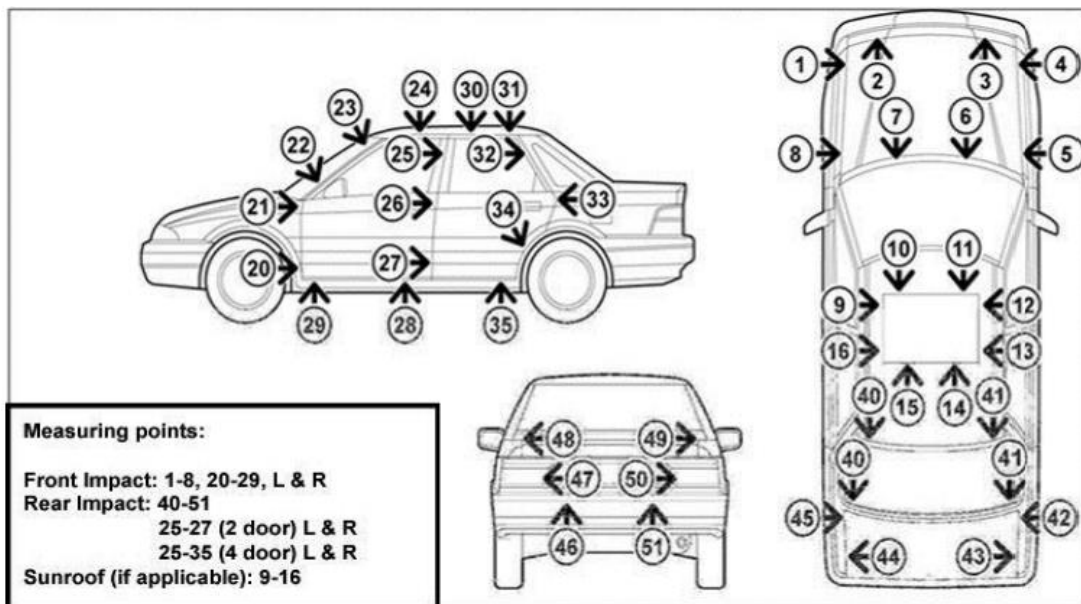


Obr. 5 Rozměry mobilní bariéry [11]

SHRNUTÍ TESTU

Měření mezi panely

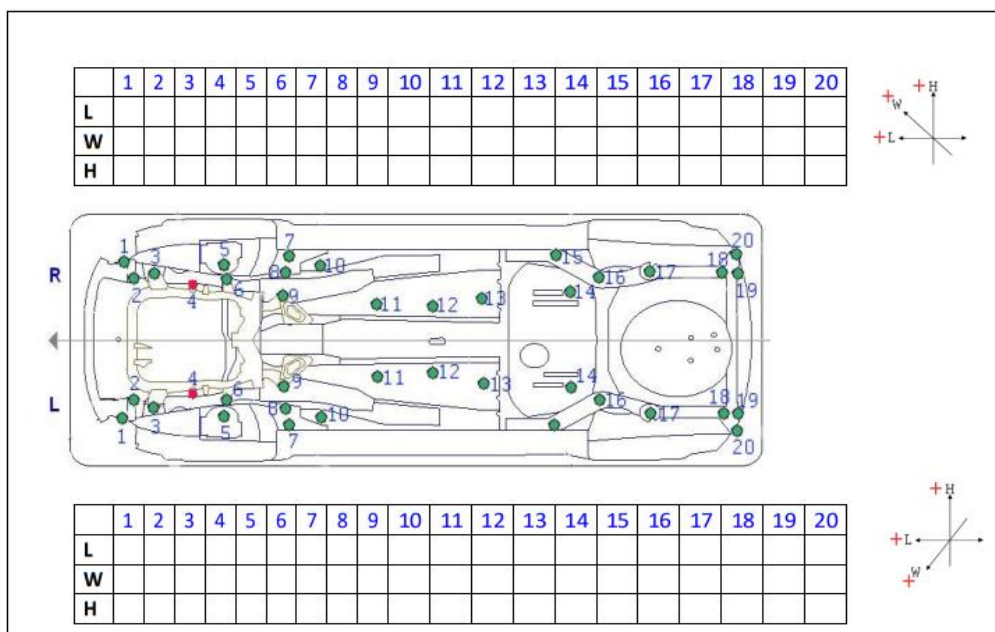
Po provedení testu čelního a zadního nárazu následuje zhodnocení testů, a to ve formě měření mezi panely na jednotlivých bodech karoserie (viz obr. 6). Data se zapisují do tabulky, která obsahuje kolonky pro měření před nárazem, po nárazu a jejich rozdíl v milimetrech. Pro každý test je třeba použít samostatnou tabulku. [11]



Obr. 6 Schéma bodů na karoserii vozidla pro měření posunutí [11]

Měření podvozku

„Při měření poškození podvozku se využívá tabulky, kde jsou uvedeny body měření (viz obr. 7). Zaznamenaná čísla by měly být rozdílem mezi měřením před nehodou a po nehodě. Hodnoty jsou měřeny v mm. V oblastech, kde se očekává nadměrná deformace, se doporučuje zaznamenat další body. Každý měřicí bod by měl být vyfotografován s uvedením jeho čísla a umístění. Pro nárazy zepředu a zezadu by se měly používat samostatné tabulky.“ [11]



Obr. 7 Obrázek tabulky pro měření poškození podvozku [11]

3.2.2 CRASH TEST NÁRAZNÍKŮ

TEST NÁRAZNÍKŮ DO DEFORMOVATELNÉ BARIÉRY

„Test nárazníků RCAR podporuje výrobce vozidel, aby vyráběli účinné systémy nárazníků s vysokými nosníky pohlcujícími energii a nárazovými boxy, které jsou namontovány v běžné výšce a mohou účinně chránit vozidlo při nárazu v nízké rychlosti. Systémy nárazníků by měly mít také široké nosníky, které chrání rohy vozidla při nárazu v nízké rychlosti.“ [12]

Testy jsou prováděny nárazem do pevné bariéry z deformovatelného materiálu, jako je nárazník jiného vozidla. Je také vybaven pevnou zadní "zábranou", která může replikovat závažnost poškození v reálném světě, kde dochází k podjetí. Nárazová rychlost při tomto testování je $10,0 \pm 0,5$ km/h. [12]

Pro stanovení deformace vozidla se před každým nárazem a po něm provede měření vnějších mezer mezi panely a podvozkem na místech dohodnutých zkušebníou/výrobce.



Obr. 8 Pohled na vozidlo při nárazu do deformovatelné bariéry

ROHOVÉ TESTY

„Nárazníky vozidel by měly zabránit nebo omezit většinu škod vzniklých při těchto menších nehodách. Mnoho vozidel však nemá výztužné nosníky nárazníků, které by přesahovaly boční lišty rámu, takže drahé součásti vozidla, jako jsou světlometry a blatníky (blatníky), nejsou chráněny. RCAR testuje nárazy s bočním překrytím o 15% šířky vozidla měřené v přebězích kol. Nárazová rychlost je $5,0 \pm 0,5$ km/h.“ [12] Tento test je uveden pouze jako informační, při těchto testech nedochází k poškození chladicího modulu.

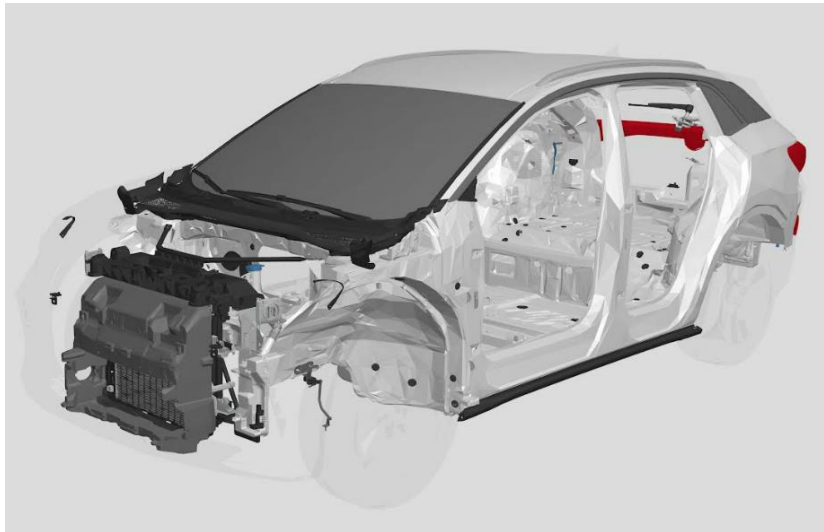
3.2.3 PŘEHLED JEDNOTLIVÝCH TESTŮ RCAR

Tab. 7 Přehled jednotlivých testů RCAR

Skupina testu	Typ testu	Rychlost	Rozsah poškození
Strukturální	Čelní náraz	15 km/h (+1/-0 km/h)	Chladicí modul, nárazník, nosník, kapota, světlomety, blatníky, radarové a parkovací senzory
	Zadní náraz	15 km/h (+1/-0 km/h)	Nárazník, blatníky, zadní dveře, světlomety, parkovací senzory
Test nárazníků	Test nárazníků	10 ± 0,5 km/h	Nárazník, nosník, světlomety, radarové a parkovací senzory
	Rohový test	5 ± 0,5 km/h	Světlomety, blatníky

Ze všech testů prováděných společností RCAR je validní pouze čelní náraz, kde dochází k poškození chladicího modulu.

4 DESIGN CHLADÍČÍHO MODULU

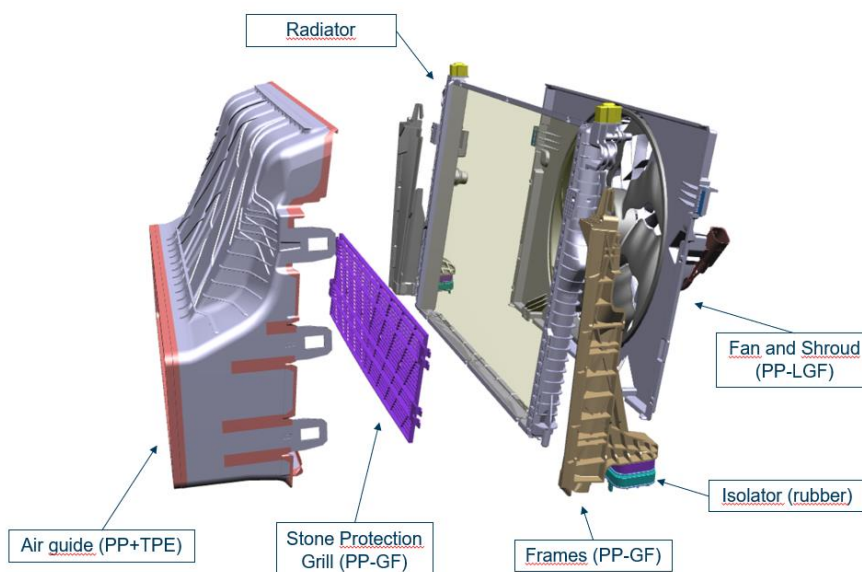


Obr. 9 Chladicí modul Volkswagen ID.4 [13]

Chladicí modul je součástí chladicího systému vozidla a slouží k udržení optimální teploty pro co nejdelší životnost a efektivnost. Je umístěn v přední části vozidla z důvodů přívodu náporového vzduchu. [13]

Ve vozidlech se spalovacím motorem se nachází tepelný výměník (high temperature radiator), případně kondenzátor chladiva. V elektronických vozidlech se nachází tzv. low temperature radiators, které udržují optimální teplotu nejen baterii ale i ostatním komponentům (DCDC konvertor, palubní nabíječka a elektrické motory + případně kondenzátor pro chladivo klimatizace). [13]

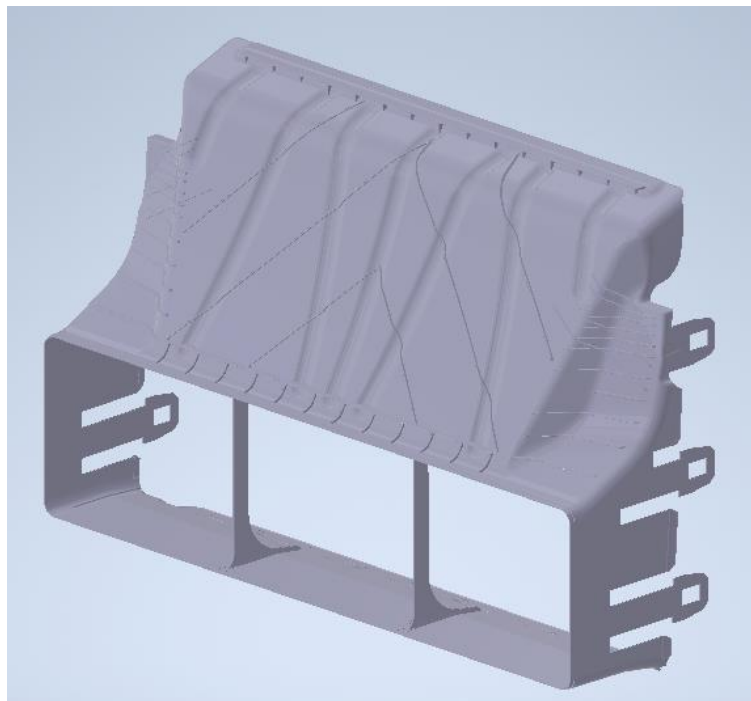
4.1 SOUČÁSTI CHLADÍČÍHO MODULU



Obr. 10 Schématické zobrazení jednotlivých součástí chladicího modulu [13]

4.1.1 VODIČ VZDUCHU „AIR GUIDE“

Součást chladicího modulu, která je určena k vedení vzduchu přes tepelné výměníky. Design komponentu je velmi důležitý, a to z důvodů optimalizace výkonu tepelných výměníků. [13]



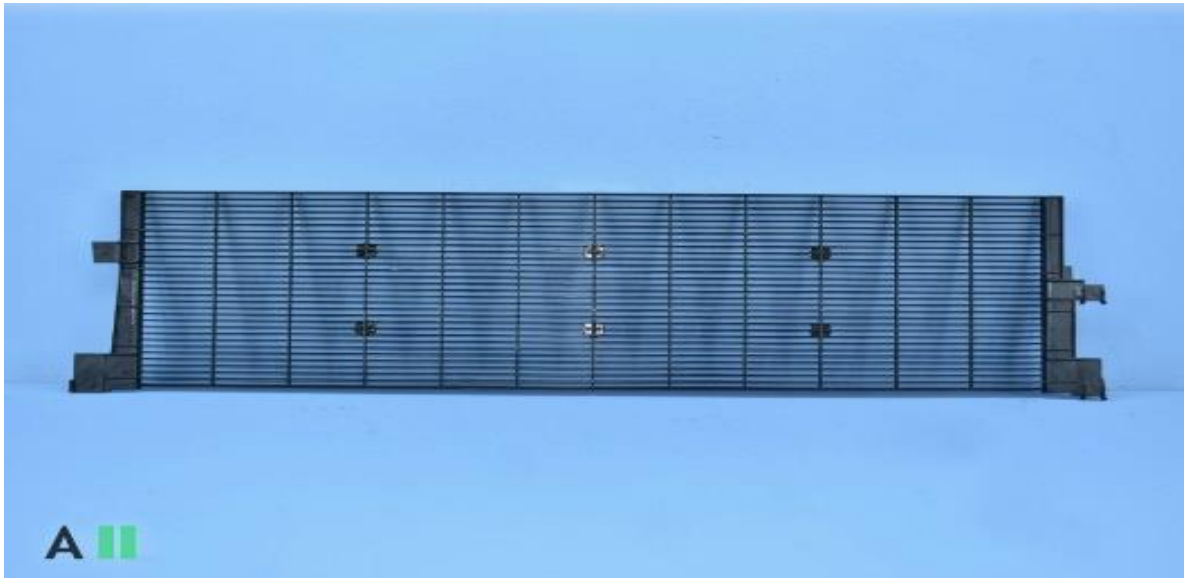
Obr. 11 Air guide z 3D modelovacího softwaru [13]



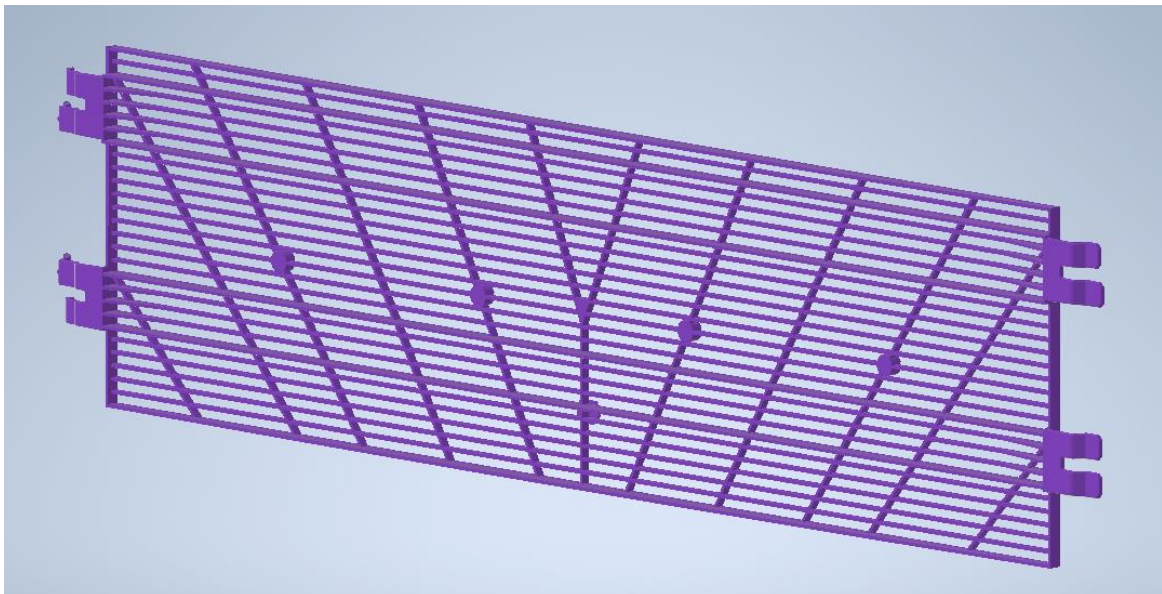
Obr. 12 Air guide BMW iX xDrive50 Sport 2022 [13]

4.1.2 OCHRANNÁ MŘÍŽKA PROTI KAMENŮM „STONE PROTECTION GRILL“

Je ochranná mřížka nebo síť, která se používá na vozidlech k ochraně radiátoru před poškozením kameny nebo jinými předměty, které mohou být odhazované z pod kol nebo jinak způsobit poškození radiátoru. Umísťuje se před radiátor do nasávací části air guide. Pokud dojde k poškození trubky v radiátoru dojde k vytečení chladicí kapaliny a nedostatečnému chlazení. [13]



Obr. 13 BMW iX xDrive50 Sport 2022 [13]

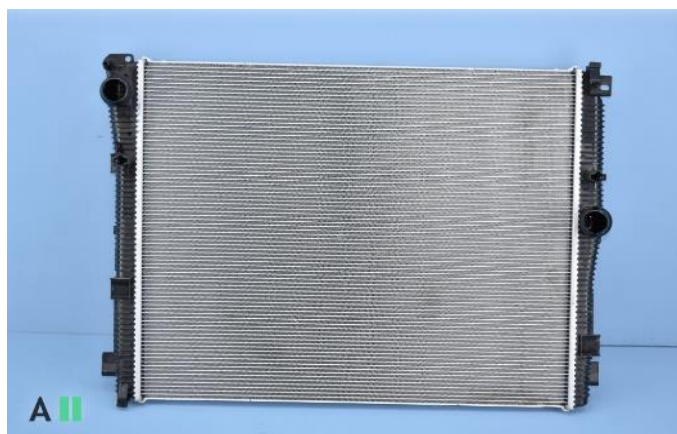


Obr. 14 Storm protection grill z 3D modelovacího softwaru [13]

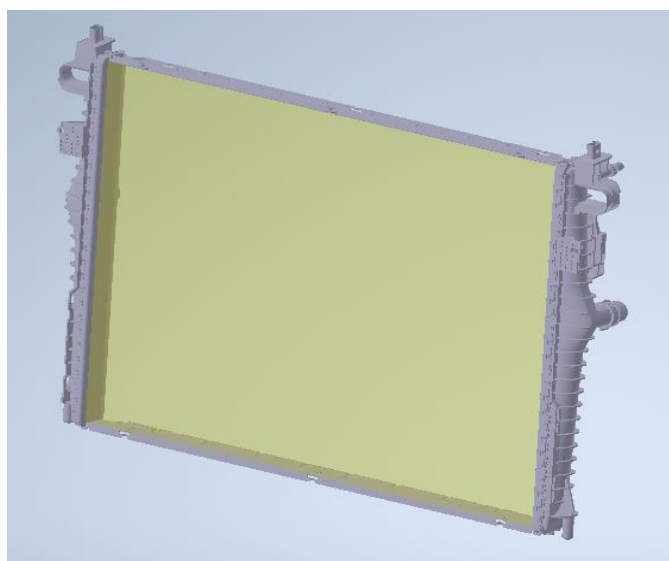
4.1.3 CHLADIČ „RADIATOR“

Důležitá součást vozu, která slouží k chlazení motoru nebo baterii. Je vyroben z hliníkového materiálu, který je schopen efektivně přenášet teplo. „Skládá se z husté sítě hliníkových trubek, mezi nimiž je připájen hliníkový vlnovec. Jejich cílem je maximalizovat povrch chladiče při zachování jeho kompaktních rozměrů.“ [14]. Tím se zabráňuje přehřátí a umožňuje pracovat v optimálních podmínkách. Je umístěn v přední části vozu, je chlazen vzduchem, který je nasáván přes air guide. Vzduch ochlazuje chladičí kapalinu, která je dále vedena do chlazených součástí. [13]

Součástí hliníkového radiátoru jsou na obou stranách plastové komory, které jsou určeny k přivedení a odvedení chladičí kapaliny. Komory mohou být také z hliníku jde o tzv. celohliníkový tepelný výměník, je méně častý, protože se jedná o komplikovanější řešení. [13]



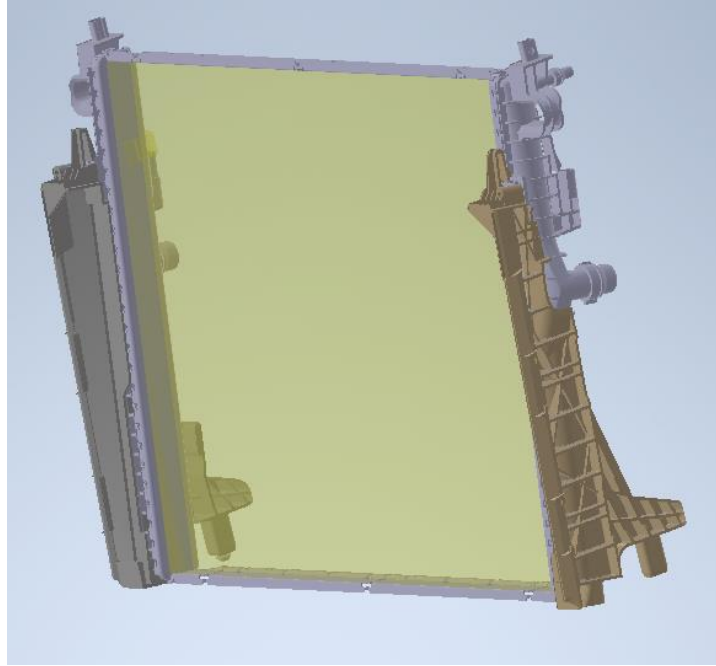
Obr. 15 Chladič BMW iX xDrive50 Sport 2022 [13]



Obr. 16 Chladič z 3D modelovacího softwaru [13]

4.1.4 RÁMY „FRAMES“

Součástí chladícího modulu a upevněny v gumových izolátorech (silentbloky), jedná se v zásadě o montážní prvek, který umožňuje zvolenou formu ukotvení jiných komponent např.: radiátoru nebo kondenzátoru atd... Mohou také přispívat k celkové vzduchové těsnosti modulu. [13]



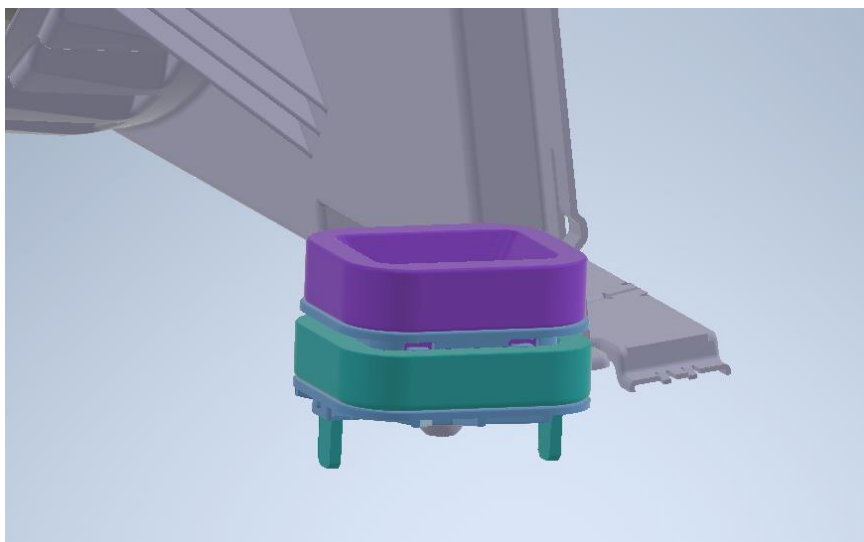
Obr. 17 Rámy z 3D modelovacího softwaru [13]



Obr. 18 Rám z BMW iX xDrive50 Sport 2022 [13]

4.1.5 IZOLÁTORY

Jsou kusy gumového materiálu, které slouží především k ochraně před vibracemi směřujícími k chladicímu modulu, které plynou z jízdy vozidla nebo případně o možnost posunu o definovanou dráhu při nárazu. Obvykle se používají spolu s dalšími upevňovacími prvky, jako jsou šrouby nebo svorky, aby se radiátor udržel na svém místě. [13]



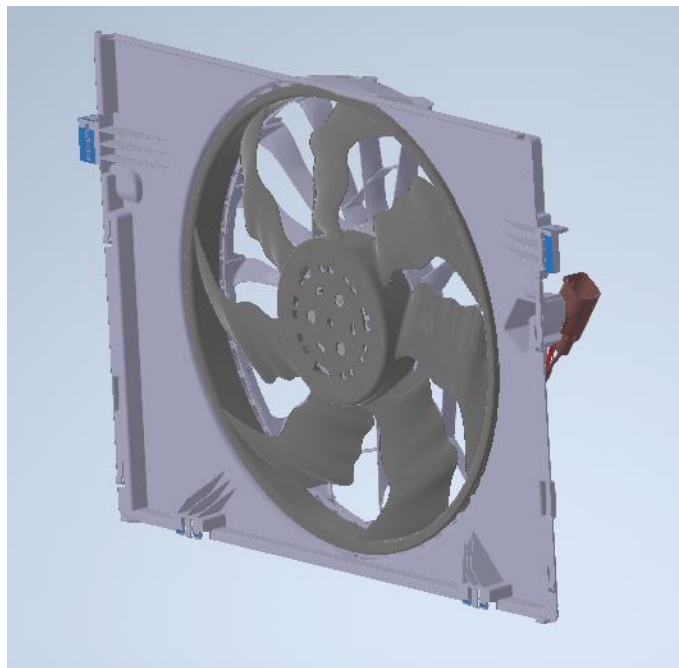
Obr. 19 Izolátor z 3D modelovacího softwaru [13]



Obr. 20 Izolátor z BMW iX xDrive50 Sport 2022 [13]

4.1.6 VENTILÁTOR A KRYT „FAN AND SHROUD“

Slouží k nucenému proudu vzduchu přes chladicí modul a tím zajišťuje správnou funkci chlazení v situacích, kdy auto stojí anebo se pohybuje nižší rychlostí (není k dispozici dostatek náporového vzduchu). Pohání vzduch přes celý chladicí modul a chladí tak, skrze v modulu umístěné výměníky všechny komponenty. Pro spalovací motory přivádí i vzduch do motorového prostoru, jde stále o ohřátý vzduch, který horký ochlazuje horký blok motoru. Primární je chlazení motoru chladicí kapalinou přes vložku chladiče. [13]



Obr. 21 Ventilátor s krytem z 3D modelovacího softwaru [13]



Obr. 22 Ventilátor s krytem BMW iX xDrive50 Sport 2022 [13]

4.1.7 PRVKY KOMPENZUJÍCÍ NÁRAZ OD CRASH TESTU

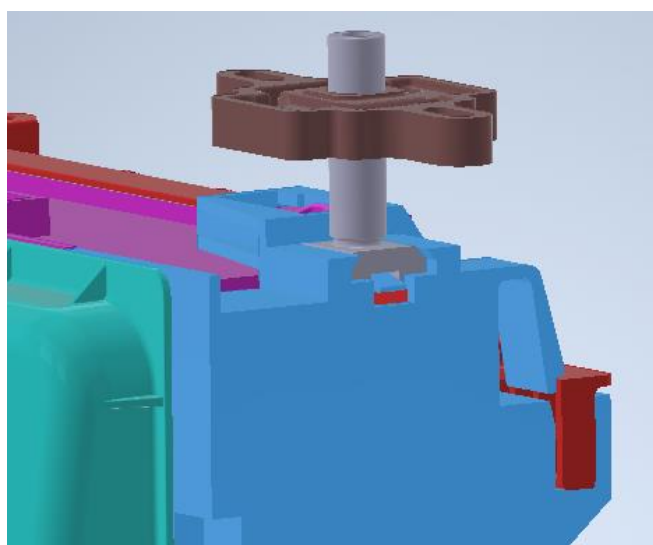
Stávají se stále běžnějším prvkem ve výrobě chladících systémů automobilů, protože slouží ke zmírnění poškození chladícího modulu a snižují náklady opravy.

ODLAMOVACÍ PINY

Praskací piny jsou montážním prvkem spojující chladicí modul s tělem vozu. Obvykle jsou vsazeny do izolátoru. Pin je navržen s úmyslným ztenčením průřezu v místě, kde se požaduje prasknutí při nárazu. Při prasknutí dojde k uvolnění pozice chladícího modulu a tím je umožněna kompenzace části deformační energie. Tím se snižuje riziko poškození radiátoru a zabraňuje se jeho úplnému zničení, což by mohlo vést k úplnému zastavení vozidla. Po odlomení pinů při nárazu může automobil z místa nehody bezpečně odjet do servisu, kde se vymění pouze piny. [13]



Obr. 23 Odlamovací pin z 3D modelovacího softwaru (projekt Volvo) [13]



Obr. 24 Odlamovací pin vložený v rámu a izolátoru (projekt Volvo) [13]

Výhody

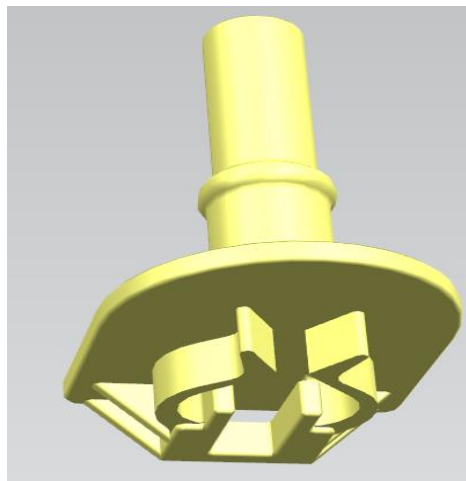
- snížení rizika poškození chladícího modulu, a hlavně chladičů samotných
- žádné poškození izolátoru po nehodě
- není nutná výměna izolátoru
- nižší spotřeba materiálu
- nižší hmotnost izolátoru

Nevýhody

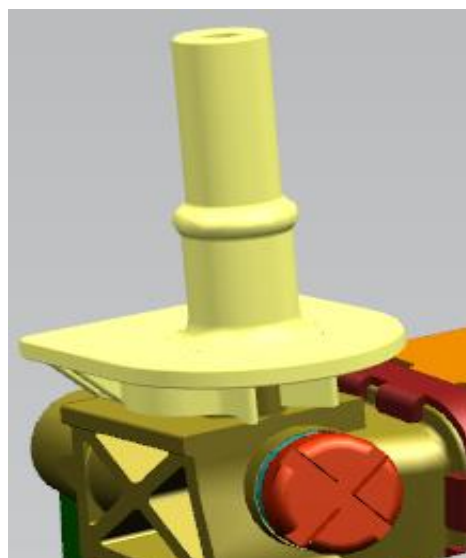
- není definován směr pohybu
- poškození pinu po nehodě
- nutná výměna pinu

VYCVAKÁVACÍ PIN „CLICK OUT PIN“

Pin se při nárazu může z pouzdra vycvaknout. Na obrázku 25 je vidět systém vycvaknutí. [13]



Obr. 25 Vycvakávací pin z 3D modelovacího softwaru [13]



Obr. 26 Vycvakávací pin z 3D modelovacího softwaru usazený v rámu [13]

IZOLÁTOR UMOŽŇUJÍCÍ POSUN

Izolátor při nárazu pohltí nárazovou energii tím, že se pin posune úzkou drážkou o definovanou dráhu. [13]

Výhody

- snížení rizika poškození chladicího modulu, a hlavně chladičů samotných
- jasně definovaný směr pohybu
- žádné poškození izolátoru po nehodě

Nevýhody

- vyšší hmotnost



Obr. 27 Izolátor umožňující posun Citroen DS4 2022 [13]



Obr. 28 Izolátor umožňující posun zasazený v rámu Citroen DS4 2022 [13]

IZOLÁTOR SE SNÍŽENOU TLOUŠŤKOU STĚNY A MALÝMI OTVORY

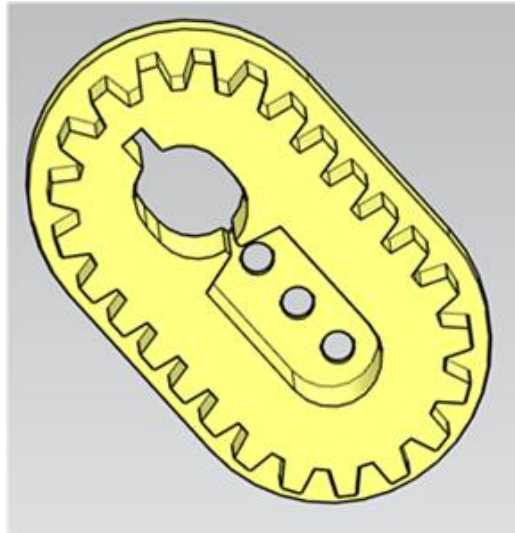
Pin může při nárazu přerušit oblast mezi malými otvory izolátoru. [13]

Výhody

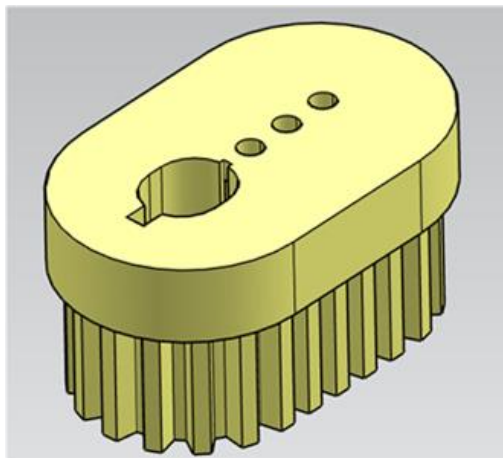
- snížení rizika poškození chladícího modulu, a hlavně chladičů samotných
- jasně definovaný směr pohybu

Nevýhody

- poškození izolátoru po nehodě
- nutná výměna izolátoru
- vyšší spotřeba materiálu
- vyšší hmotnost



Obr. 29 Izolátor s prolamovací stěnou z 3D softwaru



Obr. 30 Izolátor s prolamovací stěnou z 3D softwaru

DRŽÁK S PROLAMOVACÍ STĚNOU

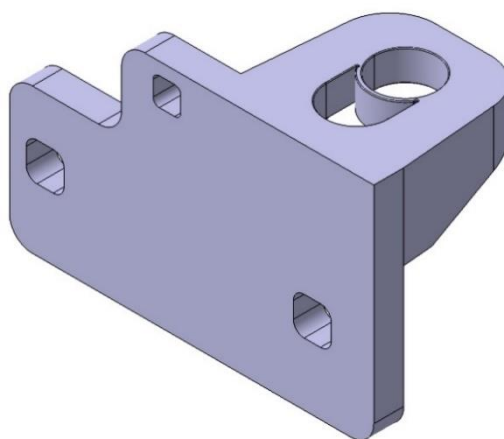
Pin se při nárazu může vylomit z pouzdra (prolomí stěnu). V okrajích stěny je drážka, která zmenšuje průřez materiálu (viz obr. 32). [13]

Výhody

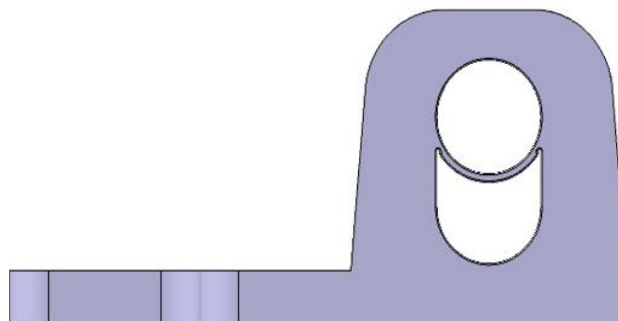
- jasně definovaný směr pohybu
- nižší spotřeba materiálu
- nižší hmotnost
- jednoduchý izolátor

Nevýhody

- žádný odpor po prolomení zářezu při translaci pinu o 30 mm
- poškození držáku při nárazu
- nutná výměna



Obr. 31 Držák s prolamovací stěnou z 3D softwaru



Obr. 32 Držák s prolamovací stěnou z 3D softwaru, pohled shora

DRŽÁK UMOŽŇUJÍCÍ POSUN

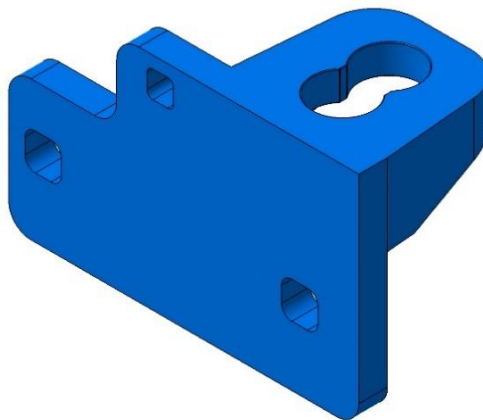
Pin při nárazu může procházet menším průměrem (viz *obr. 34*) a tím pohltit nárazovou energii. [13]

Výhody

- jasně definovaný směr pohybu
- žádné poškození izolátoru a pinu po nárazu
- není nutná výměna pinu
- nižší spotřeba materiálu izolátoru
- jednoduchý izolátor

Nevýhody

- žádný odpor po překročení zmenšené plochy při pohybu 30 mm



Obr. 33 Držák umožňující posun



Obr. 34 Držák umožňující posun, pohled shora

5 SIMULACE ČELNÍHO STRUKTURÁLNÍHO CRASH TESTU RCAR

5.1 RCAR SIMULACE

Jak už bylo zmíněno v kapitole RCAR čelní náraz probíhá při nárazu do pevné překážky při rychlosti 15 km/h, nicméně simulace je provedena v horním limitu tolerance tzn. 16 km/h.

Air guide je umístěn před vzduchovým vedením a bude první částí, do které nárazník při crash testu narazí. V některých případech je před chladícím modulem umístěn ještě shutter (mechanický komponent který reguluje průtok vzduchu do chladícího modulu), který se nachází v ústí air guide. Požadavek crash testu umožňuje poškození air guide, ale ne chladicí vložky, aby nedošlo ke ztrátě chladicí funkce. Vozidlo tedy může z místa kolize odjet s limitovaným chlazením. V rámci pohlcení kinetické energie od nárazu je v izolátorech umožněn posun o 30 mm. Izolátor může být nahrazen jakýmkoliv prvkem z kapitoly 4.1.7. Poškozené vozidlo může po kolizi odjet do servisu, kde dojde k výměně zmíněných prvků.

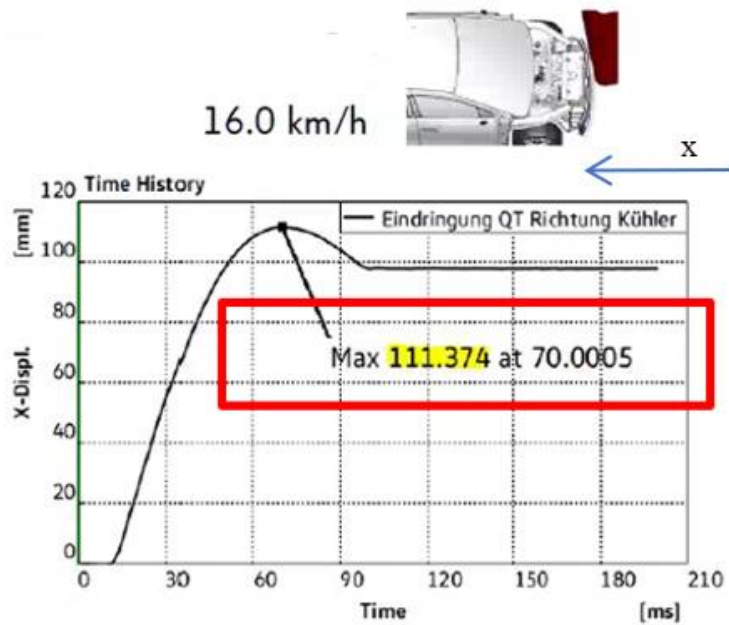
5.2 ABAQUS

Software, který je určený pro řešení široké škály inženýrských problémů. Umožňuje výpočet a simulaci fyzikálních a technických procesů v různých oblastech, jako jsou mechanika, termodynamika, proudění kapalin, elektromagnetismus, akustika nebo optika.

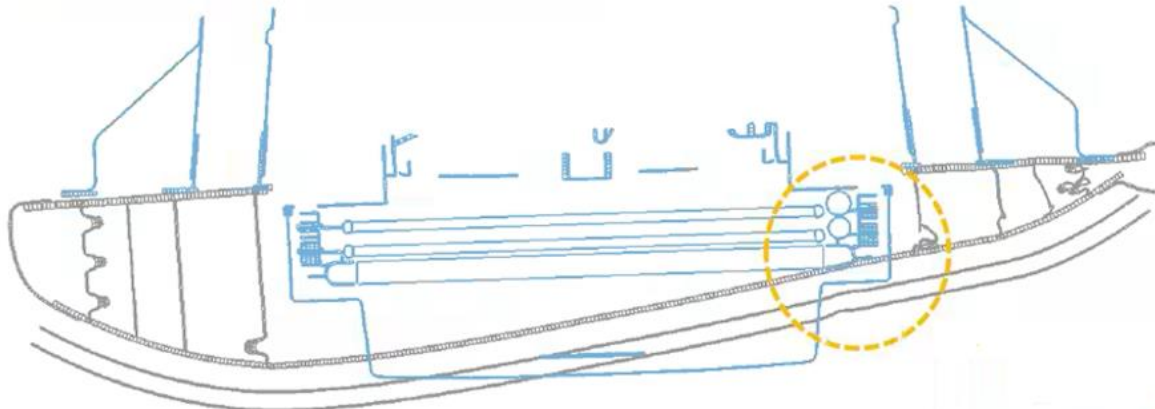
1. Vytvoření geometrického modelu
 - Vytvořen přímo v rozhraní Abaqus nebo importován z jiného 3D modelovacího softwaru
2. Rozdělení modelu na konečné prvky
 - Každý prvek reprezentuje malou část modelu
 - Prvky musí být dostatečně malé pro přesný popis deformace a chování materiálu
3. Definování materiálových vlastností a fyzikálních parametrů
 - Youngův modul pružnosti
 - Objemová hmotnost
 - Poissonova konstanta
4. Definování okrajových podmínek
 - Popisují vstupní podmínky modelu (např.: nárazová síla, teplota, rychlost, tlak)
 - Často časové závislé, mohou být definovány v průběhu času
5. Použití explicitního řešení pro dynamickou úlohu
 - Nevyžaduje konvergenci všech časových přírůstků
 - Přesný výsledek vyžaduje velmi malé časové přírůstky
6. Spuštění výpočtu
 - Založen na numerické analýze konečných prvků s explicitní integrací
7. Zobrazení výsledků simulace
 - V podobě grafů a animací
 - Zobrazují dynamické chování modelu v průběhu času

5.3 VYHODNOCENÍ VNIKNUTÍ PŘÍČNÍKU DO CHLADÍČÍHO MODULU

V rychlosti simulace 16 km/h vnikne příčník do chladícího modulu v maximální hloubce 111,374 mm v čase 70 ms ve směru osy x (viz obr. 35).



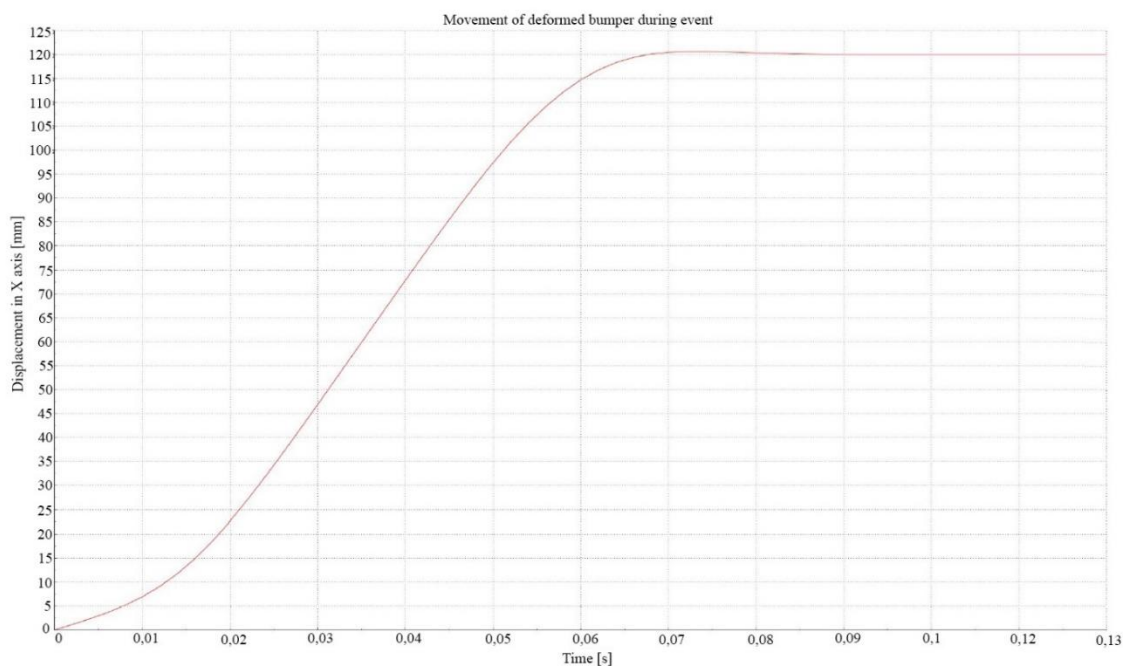
Obr. 35 Graf vniknutí příčníku do chladícího modulu ve směru osy x [13]



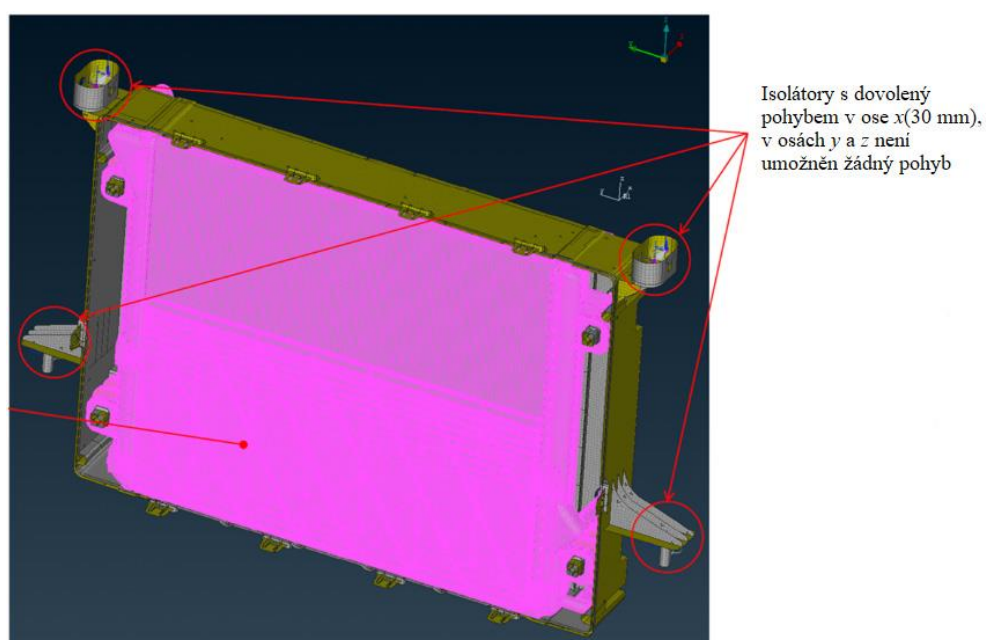
Obr. 36 Vniknutí příčníku do chladícího modulu, pohled shora [13]

5.4 DOHODNUTÉ PODMÍNKY SIMULACE

- uvažovaná teplota 20 °C
- deformovatelnými tělesy jsou pouze air guide a rám
- zbytek modelu je zjednodušen pomocí tuhých ploch
- sestava izolátoru nahrazena okrajovými podmínkami a spojovacími prvky
- uvažuje se odporová síla izolátoru 600 N
- deformovaný kinematický pohyb příčnicku definovaný pro 120 mm



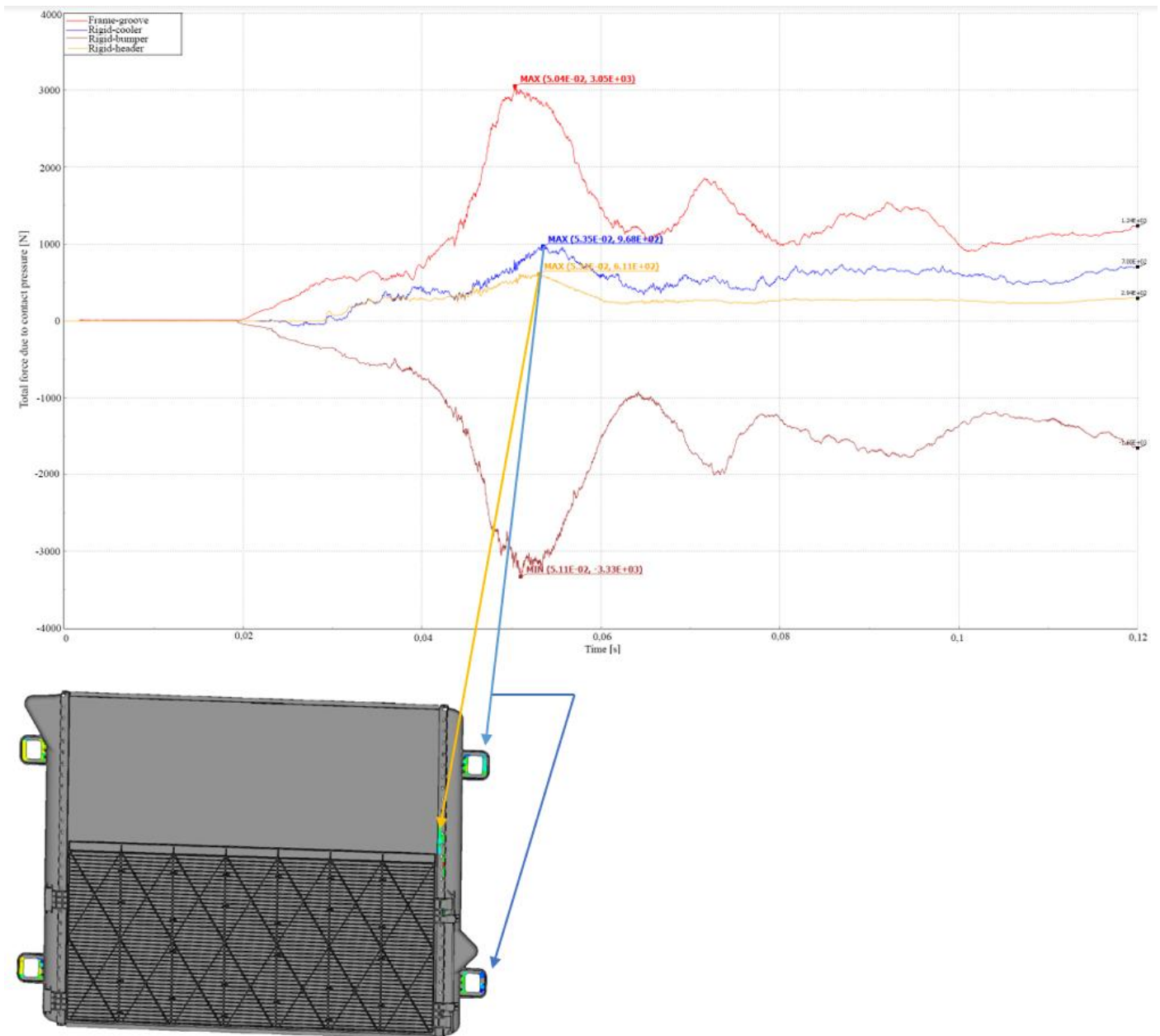
Obr. 37 Graf kinematického pohybu deformovaného příčnicku [13]



Obr. 38 Chladicí modul s detailem na izolátory [13]

5.5 VÝSLEDKY SIMULACE

Graf (viz obr. 39) popisuje průběh celkové síly způsobené kontaktním tlakem v závislosti na času. Maximální síla se přenáší do drážky kolem rámu 3050 N (červená křivka) tj. těsnění mezi air guide a rámem. Přenesená síla na držáky byla simulačně vypočtena 968 N (modrá křivka) a síla tlačící na čelo chladiče (žlutá křivka) byla vypočtena 611 N, což nezpůsobuje žádné poškození chladiče.

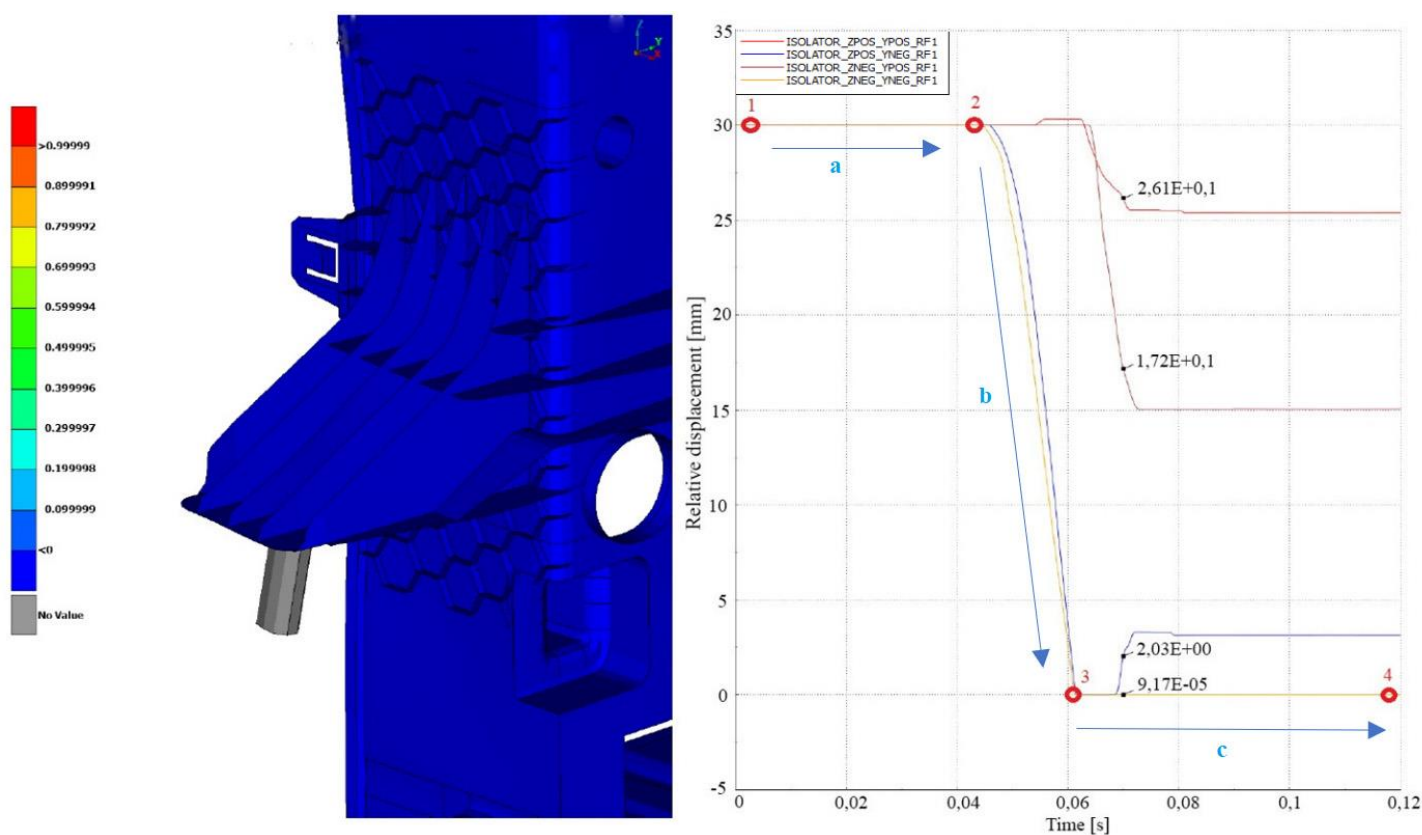


Obr. 39 Graf průběhu celkové síly způsobené kontaktním tlakem v závislosti na času [13]

5.5.1 TRANSLACE PŘÍČNÍKU O 120 MM

1. Počáteční stav 0 s (0 mm posunutí příčnicku)
2. Počáteční pohyb dvou levých izolátorů po cca 0,032 s (pohyb příčnicku o 50 mm)
3. Konečný pohyb dvou levých izolátorů po cca 0,06 s ~ 115 mm, zatímco pokračuje největší deformace
4. Konečný stav deformace
 - a. Doba, po kterou se deformuje vzduchové vedení, dokud se síla přenesená na izolátory nerovná 600 N a nezačne translace izolátoru.
 - b. Posunutí v rámci izolátoru o 30 mm
 - c. Konečná doba deformace, která ve skutečnosti způsobuje největší poškození čepu spodního držáku.

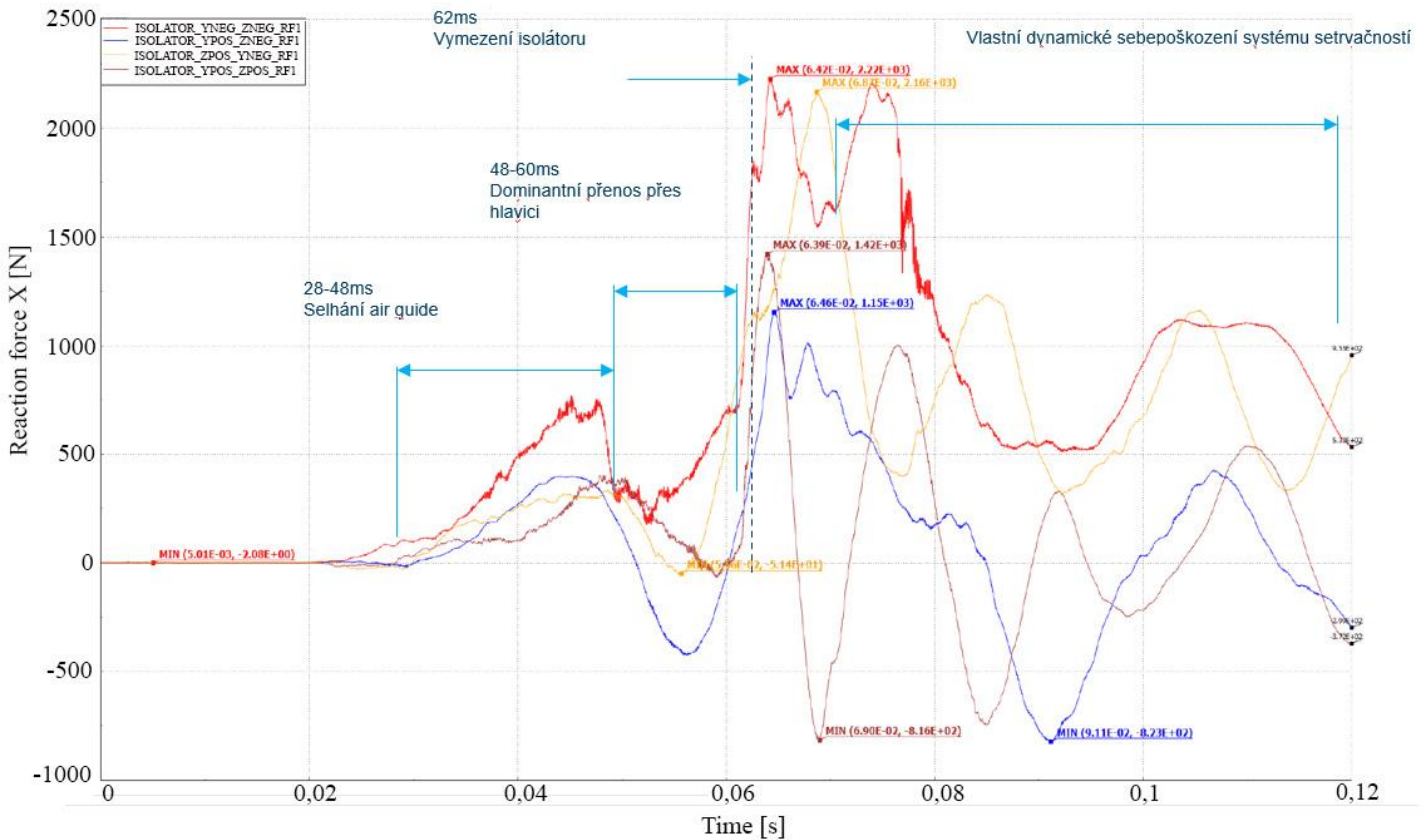
U izolátorů na pravé straně vozidla (orientace z pohledu řidiče), křivky červená a hnědá, nedojde ke stejnému posunutí jako u izolátoru na straně levé. Příčina je tvar nárazové bariéry (viz obr. 2)



Obr. 40 Obrázek čepu a grafu posunu v závislosti na času [13]

SÍLA NA IZOLÁTOR 600 N – REAKČNÍ SÍLY IZOLÁTORU VE SMĚRU X

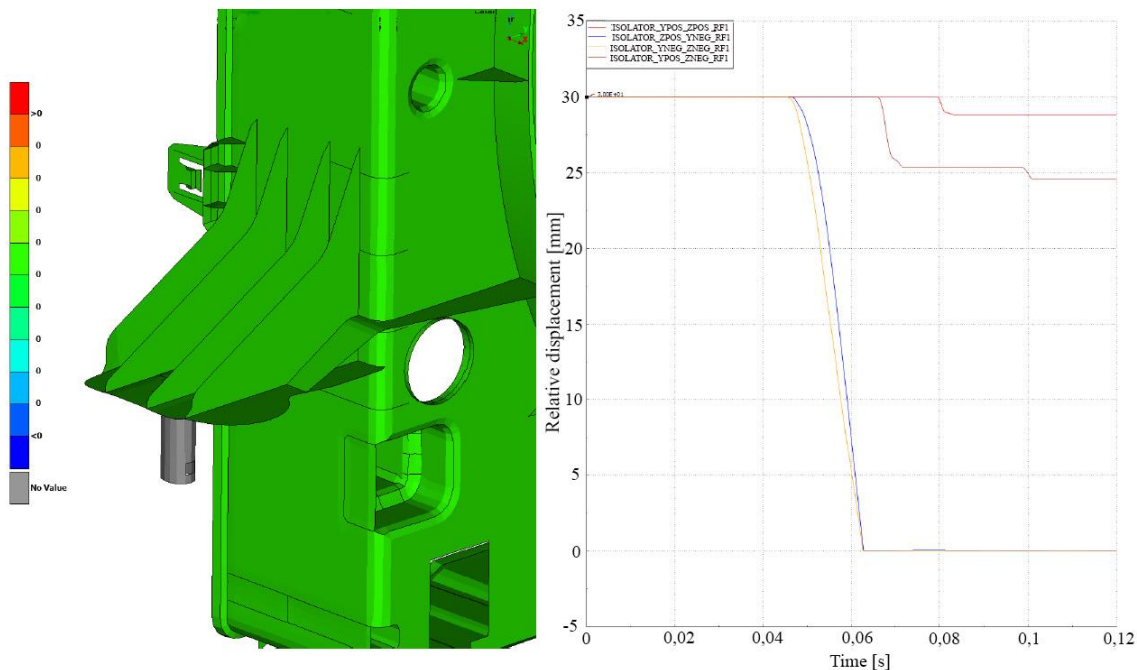
Graf (viz obr. 41) popisuje reakční síly izolátoru v závislosti na času. Červená křivka popisuje sílu působící na čep izolátoru, síla byla simulačně vypočtena na přibližně 2200 N. Při této síle dojde ke zlomení čepu.



Obr. 41 Graf závislosti reakční síly izolátoru na času [13]

5.5.2 VARIANTA TRANSLACE PŘÍČNÍKU O 100 MM

Při konstrukčních změnách čela vozidla nebo jiné části chladicího modulu v rámci jiných iterací simulace se snížila translace příčnicku na 100 mm. V této variantě simulace se síla na čep snížila přibližně na 890 N, nedojde ke zlomení čepu.



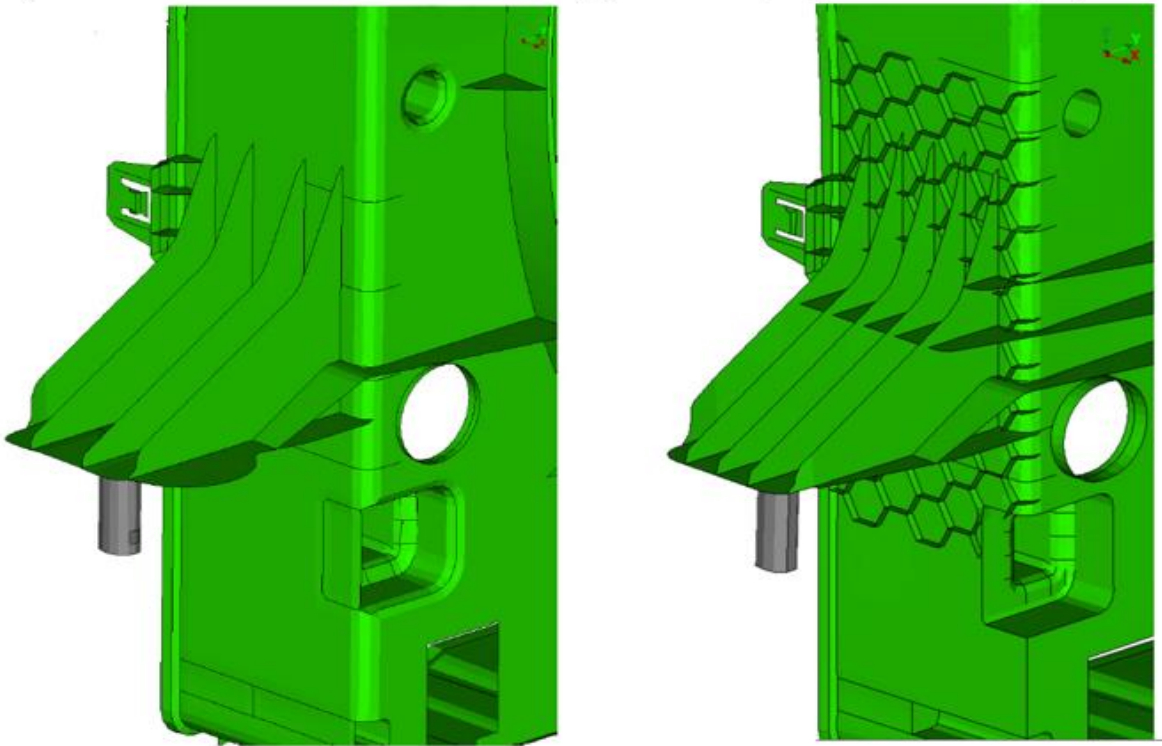
Obr. 42 Obrázek čepu a grafu posunu v závislosti na času [13]

5.6 ZÁVĚR SIMULACE

Vypočtená síla na čelo chladiče byla 611 N, která nezpůsobí jeho deformaci. To znamená, že požadavky testu byly splněny, ale izolátory, které umožňují posun o 30 mm nepohltí veškerou deformační energii. Naměřená síla na čep při translaci 120 mm byla 2200 N, což při současně konstrukci způsobí zlomení čepu. Při změně konstrukce čela vozidla v rámci různých iterací testu byla translace 100 mm, kde se síla na čep rámu snížila na 890 N, v tomto případě nedojde ke zlomení čepu.

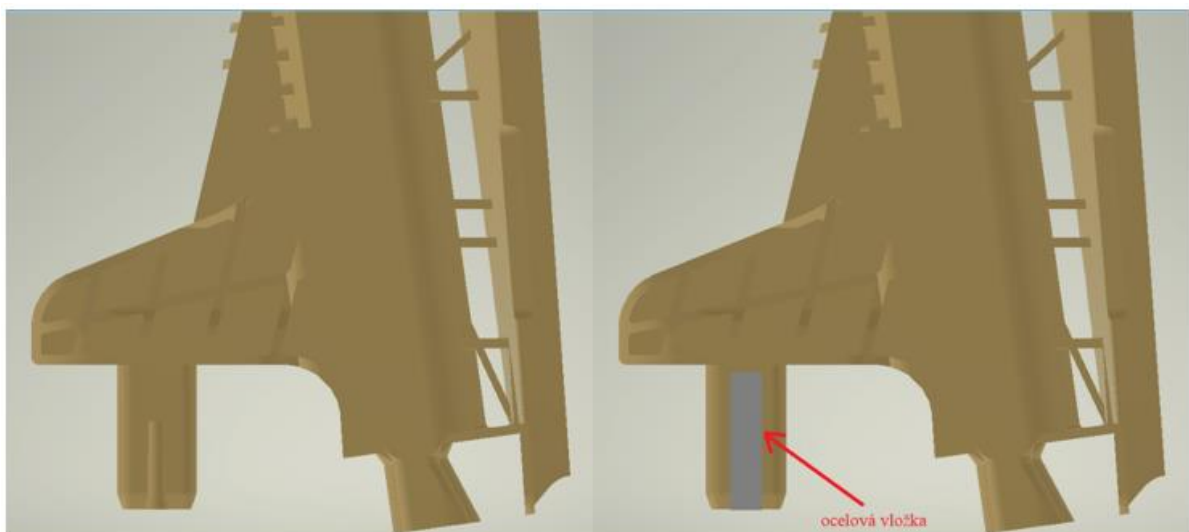
5.7 NÁVRHY K VYLEPŠENÍ

- optimalizovat množství žebér (viz obr. 43) na rámu a jejich pružnost, aby se dosáhlo lepší pružnosti



Obr. 43 Porovnání počtu žebér na rámu pro zvýšení celkové pružnosti [13]

- vložit do čepu ocelovou vložku (viz obr.44)



Obr. 44 Porovnání čepu bez a s ocelovou vložkou

- odnímatelnou konstrukci čepu, po nárazu jej v servisu vyměnit
- místně zvětšit tloušťku materiálu
- prodloužení posunu čepu v izolátoru 30 mm +

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat informace o dopadu nárazových testů na konstrukci chladicího modulu.

V první fázi práce byly sepsány základní informace Evropské legislativy. Nařízení (EU) 2019/2144, stanovuje pravidla pro homologaci vozidel, která musí být splněna, aby mohla být registrována a provozována na silnicích EU. Má za cíl posílit bezpečnost silničního provozu v EU, snížit emise vozidel a zlepšit efektivnost a účinnost homologace vozidel. V tomto nařízení jsou popsány dva testy nárazových zkoušek, a to čelní a boční.

Druhá fáze práce byla věnována společnostem, které provádějí nárazové testy. První z těchto společností byla Euro NCAP, která provádí nárazové testy ve vyšších rychlostech. Druhá společnost, RCAR, která provádí nárazové testy v nižších rychlostech je v práci popsána podrobněji, tyto testy jsou totiž validní s poškozením chladicího modulu.

Ve třetí fázi jsou podrobně popsány části chladicího modulu a jejich funkce. Ke každému prvku modulu je přiřazen obrázek 3D modelu a obrázek dílu z konkrétního vozidla. Součástí chladicího modulu jsou také prvky, které kompenzují náraz v nízké rychlosti. Tyto prvky jsou v dnešní době velkým tématem. Jejich funkce je kompenzovat kinetickou energii od nárazu, tím mohou ochránit chladič vozidla při nárazu. Vozidlo s těmito prvky může od kolize odjet do servisu, kde dojde pouze k výměně zmíněného prvku. Tím se snižují náklady na opravy.

V poslední fázi práce je popsána iterace simulace vytvořená v simulačním programu. Je zde popsán čelní strukturální náraz RCAR do chladicího modulu s použitím kompenzačního prvku, náraz probíhal v rychlosti 16 km/h. V rámci této iterace nedojde k poškození chladiče, tzn. požadavky simulace byly splněny.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/858. In: Evropská unie: Evropský parlament, Rada Evropské unie, 2018, ročník 2018, L 151/1. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R0858>
- [2] EURO NCAP. *Autolexicon* [online]. [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap/>
- [3] How to read the stars. *EURO NCAP* [online]. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/how-to-read-the-stars/>
- [4] About RCAR. *RCAR* [online]. [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.rcar.org/about>
- [5] Damageability. *RCAR* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.rcar.org/working-groups/damageability>
- [6] Repairability. *RCAR* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.rcar.org/working-groups/repairability>
- [7] P-safe. *RCAR* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.rcar.org/working-groups/p-safe>
- [8] International Insurance Whiplash Prevention Working Group. *RCAR* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.rcar.org/working-groups/irwpg-whiplash>
- [9] Active RCAR Working Groups. *RCAR* [online]. [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.rcar.org/working-groups>
- [10] Event Data Recorder. *NHTSA* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/research-data/event-data-recorder#overview-10516>
- [11] Low-speed structural crash test protocol. *RCAR* [online]. [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: http://rcar.org/Papers/Procedures/RCAR%20Structure%20Test%20procedure%20Version%202_3.pdf#zoom=80%
- [12] RCAR Bumper Test. *RCAR* [online]. [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: https://www.rcar.org/images/papers/procedures/RCAR_Bumper_Test_Procedure_2_2%20-%202020.pdf
- [13] Hanon systems. *Hanonsystems* [online]. [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.hanonsystems.com/En>
- [14] Chladič je důležitou součástí motoru. *Autoweb* [online]. [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/chladic-zivotne-dulezitou-soucasti-motoru-vite-ze-treba-casem-vymenit/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil Club
ADAS	Advanced driver assistance systems
EDR	Event data recorder
EHK	Evropská hospodářská komise
ES	Evropská společenství
EU	Evropská unie
Euro NCAP	European New Car Assements Programme
EWVTA	European whole vehicle type approval
FIA	Federation Internationale de l'Automobile
OSN	Tlaková ztráta proudu
RCAR	Research Council for Automobile Repairs