

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”**

**FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE**

**PROGRAMI: PRODHIMTARI DHE INXHINIERI INDUSTRIALE ME MENAXHMENT**



**PUNIM DIPLOME MASTER**

**“APLIKIMI I MATERIALEVE KOMPOZITE PËR DIZAJNIMIN DHE PRODHIMIN E  
PJESËVE MAKINERIKE”**

**Mentori:**

**Prof. Dr. Hysni Osmani**

**Kandidati:**

**Lendrita Jasiqi**

**Prishtinë, 2020**

**UNIVERSITY OF PRISHTINA “HASAN PRISHTINA”**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**

**PROGRAM: MANUFACTURING AND INDUSTRIAL ENGINEERING WITH  
MANAGEMENT**



**MASTER THESIS**

**“APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS FOR DESIGN AND MANUFACTURING  
OF MECHANICAL PARTS”**

**Mentor:**

**Prof. Dr. Hysni Osmani**

**Candidate:**

**Lendrita Jasiqi**

**Prishtinë, 2020**

*Materials, of themselves, affect us little; it is the way we use them which influences our lives.*

*Epictetus*

## 1. ABSTRAKT

Përzgjedhja e materialit për prodhimin e pjesëve të ndryshme makinerike ka qenë dhe është një problem që vazhdimisht i përcjell inxhinierët. Për shkak të numrit të madh të materialeve në dispozicion, ekspertët duhet të analizojnë detajisht vetitë e materialeve në mënyrë që ato të jenë në përputhshmëri me kërkesat e produktit dhe kushtet e eksploatimit të atij produkti. Në industrinë automobilistike përzgjedhja e materialit të pjesëve të automjetit është shumë e rëndësishme sepse këto pjesë sigurojnë funksionimin e rregullt të automjetit, ofrojnë siguri për ngasësit dhe pasagjerët, në rast të aksidentit duhet të mundësojnë absorbimin e goditjeve në mënyrë që të evidohen aksidentet me fatalitet etj. Vite më parë ka filluar zëvendësimi i materialeve metalike me ato kompozite për prodhimin e pjesëve të automjeteve, kjo për shkak të vetive shumë të mira të materialeve kompozite. Përparësitë e materialeve kompozite për aplikim në industrinë automobilistike janë në reduktimin e kostos, reduktimin e peshës, kanë performancë të shkëlqyer gjatë goditjeve në krahasim me ato metalike, janë te riciklueshme, kanë afinitet ndaj korrozionit, veti termike të shkëlqyera, qëndrueshmëri të lartë, stabilitet dimensional e shumë të tjera. Këto përparësi e rritin performancën e automjeteve dhe ndikojnë në prodhimin e automjeteve më të sigurt dhe më ekonomike për shkak të peshës së reduktuar. Përveç benefiteve ekonomike dhe në performancë, këto materiale janë me ekologjike sepse pas përfundimit të ciklit jetësorë, këto pjesë të automjetit mund të riciklohen dhe të përdoren për qëllime të tjera, si dhe për shkak të reduktimit të peshës së automjetit reduktohet edhe konsumi i lëndës djegëse e me këtë reduktohet edhe lirimi i CO<sub>2</sub> në atmosferë.

Për shkak të konkurrencës shumë të lartë, globalizimit të tregut dhe kërkesave për automjete me performancë më të madhe, kërkesave për siguri dhe ekologji përdorimi i materialeve kompozite është zgjidhja më e duhur në industrinë automobilistike.

## ABSTRACT

The selection of material for the manufacturing of various mechanical parts has been and it is a problem that has constantly followed the engineers. Due to the large number of materials available, experts should analyze in details the properties of the materials so that they are in compliance with the product requirements and conditions of exploitation of that product. in the automotive industry, the selection of vehicle parts material is very important because these parts ensure the proper functioning of the vehicle, provide safety for drivers and passengers, in the event of an accident they should enable shock absorption to avoid fatal accidents etc. Years ago, the replacement of metallic materials with composite materials for the production of automotive parts began, due to the very good properties of composite materials. The advantages of composite materials for application in the automotive industry are cost reduction, weight reduction, excellent impact performance compared to metallic shock, recyclability, corrosion resistant, excellent thermal properties, high durability, stability dimensional and many more. These advantages increase vehicle performance and affect the production of safer and more economical vehicles due to reduced weight. in addition to economic benefits and performance, these materials are more eco-friendly because after the end of the life cycle, these parts of the vehicle can be recycled and used for other purposes, and because of reduced vehicle weight, fuel consumption is also reduced, thus reducing the release of CO<sub>2</sub> into the atmosphere.

Due to the very high competition, globalization of the market and demands for higher performance vehicles, safety requirements and ecology, the use of composite materials is the most appropriate choice in the automotive industry.

## PËRMBAJTJA

1.	ABSTRAKT .....	4
2.	MATERIALET INXHINIERIKE.....	11
3.	PËRZGJEDHJA E MATERIALEVE PËR PRODUKTET MAKINERIKE .....	18
3.1.	Vetitë e materialeve.....	19
3.1.1.	Vetitë fizike.....	19
3.1.2.	Vetitë elektrike.....	22
3.1.3.	Vetitë termike.....	24
3.1.4.	Vetitë optike.....	26
3.1.5.	Vetitë ekologjike.....	26
3.2.	Diagramet e vetive të materialeve.....	27
3.2.1.	Diagrami Modul-Dendësi .....	28
3.2.2.	Diagrami Qëndrueshmëri mekanike - Dendësi.....	30
3.3.	Përzgjedhja e materialeve.....	31
3.3.1.	Kuptimi dhe përcaktimi i kërkesave .....	33
3.3.2.	Përzgjedhja duke u bazuar në kufizimet .....	34
3.3.3.	Renditja e materialeve duke u bazuar në objektivat .....	34
3.3.4.	Dokumentacioni .....	35
3.4.	Përzgjedhja me ndihmën e kompjuterit.....	35
4.	MATERIALET KOMPOZITE.....	38
4.2.	Funksioni i fibrave .....	40
4.2.1.	Fibrat e karbonit.....	42
4.2.2.	Fibrat e qelqit .....	45
4.2.3.	Fibrat e aramidit.....	45
4.3.	Funksioni i matricës .....	46
4.3.1.	Matrica termodure.....	47
4.3.2.	Matricat termoplastike .....	47
4.3.3.	Matricat e biodegradueshme .....	48
4.4.	Përparësitë e materialeve kompozite.....	49
4.5.	Te metat e materialeve kompozite .....	51
4.6.	Procesi i prodhimit të materialeve kompozite.....	52
4.6.1.	Formësimi me kallëp.....	53

4.6.2.	Formësimi me parangopje.....	54
4.6.3.	Formësimi me ngjeshje.....	55
4.6.4.	Formësimi me injektim të rrëshirës .....	56
4.7.	Aplikimi i materialeve kompozite.....	57
5.	APLIKIMI I MATERIALEVE KOMPOZITE NË INDUSTRINË AUTOMOBILISTIKE	61
5.1.	Aplikimi i materialeve kompozite në automjete për reduktimin e emisionit të gazrave	64
5.2.	Aplikimi i materialeve kompozite për aplikim strukturor.....	67
5.3.	Riciklimi i materialeve kompozite të automjeteve.....	70
6.	MODELIMI DHE ANALIZIMI I DISKUT TË FRENIMIT TEK AUTOMJETET .....	75
6.1.	Dizajnimi i diskut të frenimit .....	76
6.2.	Përzgjedhja e materialit dhe kalkulimet statike dhe termike për diskun e frenimit .....	78
6.3.	Analizimi i diskut me anë të programit ANSYS.....	88
7.	REALIZIMI I MODELIT TË DIZAJNUAR .....	99
8.	PËRFUNDIM .....	103
9.	LITERATURA .....	104
10.	SHTOJCA .....	106
10.1.	Diagrami ngurtësi specifike - qëndrueshmëri mekanike specifike.....	106
10.2.	Diagrami i përçueshmërisë termike-rezistencës elektrike .....	108
10.3.	Diagrami i kostos së materialeve.....	110

## FIGURAT

Figura 2.1. Plotësimi progresiv i vetive të materialeve për gjatë kohës. Në figurë tregohet se si janë zhvilluar materialet për gjatë viteve për të plotësuar kërkesat për sforcim dhe dendësi, ky diagram po ashtu tregon plotësimin progresiv të vetive të materialeve [2].....	13
Figura 2.2. Ndarja e materialeve inxhinierike [2].....	14
Figura 3.1. Komponentë e shkencës dhe inxhinierisë së materialeve dhe ndërlidhja në mes tyre	19
Figura 3.2. Diagrami sforcim-zgjatim [5].....	22
Figura 3.3. Diagrami i modulit të Young-it në raport me dendësinë. Në diagram janë paraqitur të gjitha grupet dhe nëngrupet e materialeve inxhinierike. Drejtëzat në diagonale tregojnë shpejtësinë e valëve gjatësore [2][7].....	29
Figura 3.4. Diagrami i qëndrueshmërisë mekanike në raport me dendësinë. Drejtëzat udhëzuese përdoren për përzgjedhjen e materialeve me masë të vogël dhe dizajn të kufizuar [9].....	31
Figura 3.5. Procedura e përzgjedhjes së materialeve.....	33
Figura 3.6. Ndërlidhja e materialeve me vetitë e tyre, duke shfrytëzuar programin Microsoft SQL Server.....	37
Figura 4.1. Materialet kompozite natyrore; a. Druri dhe b. Kocka [1].....	39
Figura 4.2. Paraqitje skematike e karakteristikave të ndryshme gjeometrike dhe hapsinore që mund të ndikojnë në vetitë e kompoziteve. (a) përqëndrimi, (b) përmasat, (c) forma, (d) shpërndarja dhe (e) orientimi [4] [10].....	39
Figura 4.3. Klasifikimi i llojeve të ndryshme të materialeve kompozite [4][10].....	41
Figura 4.4. Raporti në mes të diametrit të fibrave dhe sforcimit (me zvogëlimin e diametrit rritet sforcimi i fibrave)[12].....	41
Figura 4.5. Kompozitet me fibra të karbonit; a. matrica polimere; b. matrica termoplastike; c. matrica epoksi [13].....	43
Figura 4.6. CNTs [13].....	44
Figura 4.7. Fibrat e qelqit; a. E-glass, b. S-glass dhe c. ECR-glass.....	45
Figura 4.8. Fibrat e aramidit.....	46
Figura 4.9. Kompozitet me matricë termoplastike me fibra të gjata (ana e majtë) dhe të shkurtra (ana e djathtë).....	48
Figura 4.10. Energjia e thyerjes për disa materiale inxhinierike [6].....	50
Figura 4.11. Formësimi me kallëp [11].....	54
Figura 4.12. Formësimi me ngjeshje [11].....	55
Figura 4.13. Formësimi me injektim të rrëshirës (RTM-Resin Transfer Molding) [11].....	56
Figura 4.14. Cirrus SR-22 single engine.....	58
Figura 4.15. Materialet e përdorura në trupin e Boeing 787 [16].....	59
Figura 5.1. Aplikimi i materialeve kompozite në transportin rrugorë përgjatë viteve [17].....	61
Figura 5.2. Automjeti Ford me materiale kompozite me matricë duromere [17].....	62
Figura 5.3. Chevrolet Corvette [11]      Figura 5.4. McLaren MP4 [18].....	62
Figura 5.5. (a) Citroen XM-Mbrojtësi i parëm me materiale kompozite [12]; (b) Volkswagen-Golf Mbrojtësi i parëm me materiale kompozite [19].....	65
Figura 5.6. Ford Focus-Bartësi i modulit të dyerve [20].....	66
Figura 5.7. Muri dyanësor i motorit (Dual wall dash) i Ford Explorer 2020 [20].....	66
Figura 5.8. Shasia e automjeteve sportive Yamaha, me materiale kompozite me fibra karboni [21].....	68
Figura 5.9. BMW i3 [22].....	68



Figura 5.10. Boshti i motorit me fibra karboni [21] .....	69
Figura 5.11. Disku i frenimit të Porsche [23] .....	70
Figura 5.12. Deponia e automjeteve .....	71
Figura 5.13. Shembull i komponentave të automjeteve [24] .....	72
Figura 6.1. Pjesët përbërëse të diskut të frenimit [24] .....	76
Figura 6.2. Disku i frenimit për automjetin Ford Focus Tipi: LS/LT HATCHBACK, NON TURBO, SEDAN.....	76
Figura 6.3. Pllakat e frenimit .....	77
Figura 6.4. Montimi i tërësisë së diskut.....	77
Figura 6.5. Përzgjedhja e materialeve me dendësi të ulët dhe qëndrueshmëri mekanike të lartë.	79
Figura 6.6. Dimensionet e diskut; A-diametri i jashtëm, B-Lartësia e diskut, C-trashësia e diskut [26].....	80
Figura 6.7. Faqja kryesore e Workbench të programit ANSYS, fillimi i analizës statike strukture .....	89
Figura 6.8. Insertimi i të dhënave për materialin gizë bazuar në të dhënat nga tabela 6.2. ....	90
Figura 6.9. Insertimi i të dhënave për materialin Al/5%SiC bazuar në të dhënat nga tabela 6.2. ....	90
Figura 6.10. Insertimi i të dhënave për materialin C/SiC bazuar në të dhënat nga tabela 6.2. ....	91
Figura 6.11. Importimi i gjeometrisë .....	91
Figura 6.12. Rrjetëzimi i modelit të diskut (Anglisht: Meshing).....	92
Figura 6.13. Prerja e modelit për të dalluar rrjetëzimin në modelin gjeometrik të diskut .....	92
Figura 6.14. Aplikimi i ngarkesave – Fiksimi i diskut (Fixed support –në figurë është paraqitur me ngjyrën e kaltër) .....	93
Figura 6.15. Aplikimi i ngarkesave - Presioni në dy sipërfaqe (në figurë është paraqitur me ngjyrën e kuqe) .....	93
Figura 6.16. Nxitimi këndor (i paraqitur me ngjyrën e verdhë).....	94
Figura 6.17. Rezultatet e fituara me programin ANSYS për materialin gizë .....	95
Figura 6.18. Rezultatet e fituara me programin ANSYS për materialin Al/5%SiC .....	96
Figura 6.19. Rezultatet e fituara me programin ANSYS për materialin C/SiC .....	97
Figura 7.1. Importimi i file-it STL në programin për printim CURA .....	99
Figura 7.2. Ndryshimi i infill në 90% .....	100
Figura 7.3. Ndryshimi i trashësisë së shtresës nga 0.2mm në 0.15mm .....	100
Figura 7.4. Koordinatat, temperatura e punës dhe koha e nevojshme për përfundimin e modelit në printerin 3D .....	101
Figura 7.5. Gjatë procedurës së realizimit .....	101
Figura 7.6. Produktet finale .....	102
Figura 10.1. Diagrami ngurtësi specifike – qëndrueshmëria mekanike specifike. Drejtëzat udhëzuese shërbejnë për përzgjedhjen e materialeve për sustat me peshë të vogël dhe sistemet për ruajtjen e energjisë [2] .....	107
Figura 10.2. Diagrami i përçueshmërisë termike në raport me rezistencën elektrike [2].....	109
Figura 10.3. (a) Diagrami i vlerave të përafërta të çmimit/kg të materialeve; (b) Diagrami i vlerave të përafërta të çmimit/m <sup>3</sup> të materialeve [2] .....	110
Figura 10.4. Diagrami i Modullit – Koshtet relative për njësi të vëllimit. Vijat udhëzuese ndihmojnë për përzgjedhjen e materialeve me ngurtësi të lartë për njësi të Çmimit [2] .....	111
Figura 10.5. Përzgjedhja e materialeve sipas raportit të dendësisë dhe modullit të Young-it [8] 112	

## TABELAT

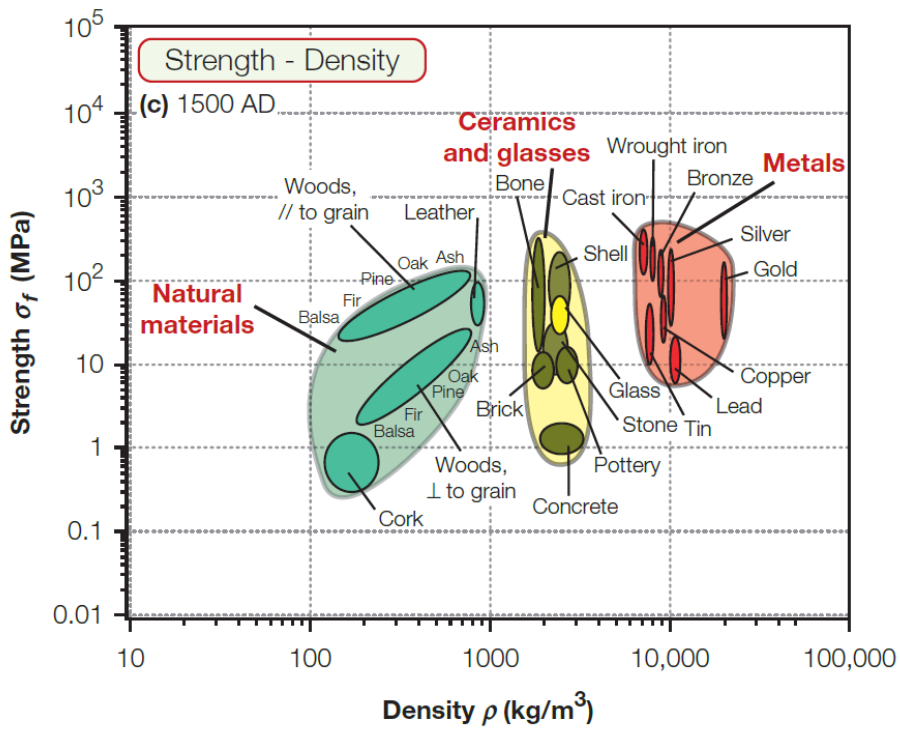
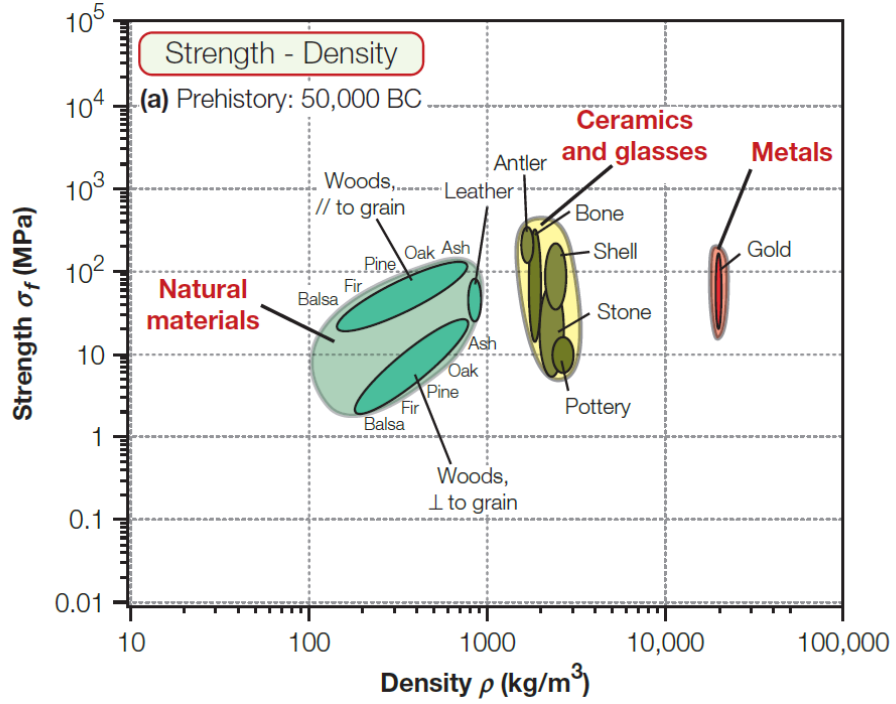
Tabela 3.1. Vetitë e disa prej materialeve inxhinierike [6].....	27
Tabela 4.1. Vetitë mekanike të disa llojeve të kompoziteve [14].....	47
Tabela 4.2. Vetitë mekanike të disa fibrave dhe metaleve [14].....	51
Tabela 4.3. Rangu i temperaturës punuese për disa lloje të termoturëve dhe termoplastikave [6] .....	52
Tabela 5.1. Riciklimi i planifikuar i automjeteve bazuar në Direktivat Europiane [12] .....	71
Tabela 5.2. Përbërësit e një makine tipike Ford [12].....	72
Tabela 6.1. Dimensionet e diskut [26].....	78
Tabela 6.2. Vetitë e materialeve të cilat do të shqyrtohen për aplikim në disqe [27] [26] .....	79
Tabela 6.3. Dimensionet e automjetit .....	80
Tabela 6.4. Përmbledhje e vlerave të fituara.....	87
Tabela 6.5. Përmbledhje e vlerave të fituara.....	98
Tabela shtojcë 1. Legjenda e fjalëve dhe shprehjeve të përdorura në figurat 2.1, 3.3, 3.4, 6.5, 10.1, 10.2 dhe 10.3.....	113

## 2. MATERIALET INXHINIERIKE

Materialet inxhinierike gjatë historisë kanë ndikuar në jetën e njerëzve, ku zhvillimi i shoqërisë njerëzore është i lidhur ngushtë me zhvillimin e materialeve. Madje periudhat e lashta janë emërtuar duke u bazuar në materialin dominues të asaj epoke [1]:

- a) Koha e gurit- 100 000 deri 10 000 vjet para erës tonë (p.e.s)
- b) Koha e bakrit – 4000 vjet para erës tonë
- c) Koha e bronzit- 3000 vjet para erës tonë
- d) Koha e hekurit- 1500 vjet para erës tonë

Gjatë periudhave të mëhershme numri i materialeve ka qenë më i kufizuar e po ashtu edhe produktet e zhvilluara, mirëpo u zbulua se vetitë e materialeve mund të ndryshohen me trajtim termik si dhe nëse i shtohen përbërës të tjerë, në këtë pikë e tutje gjendemi në epokën e evolucionit të materialeve e bashkë me këtë edhe në periudhën e inovacionit teknologjik të produkteve. Përderisa në shekullin e kaluar hekuri dhe çeliqet kanë qenë materialet më të kërkuara tani përdorimi i tyre ka rënë dukshëm pasi që po zëvendësohen me materiale të reja si polimerët dhe kompozitet. Arsyeja e zhvillimit kaq të madh të materialet ka ardhur si shkak i nevojës dhe dëshirës së njeriut për rritjen e performancës së produkteve ekzistuese si dhe zhvillimin e produkteve të reja inovative.



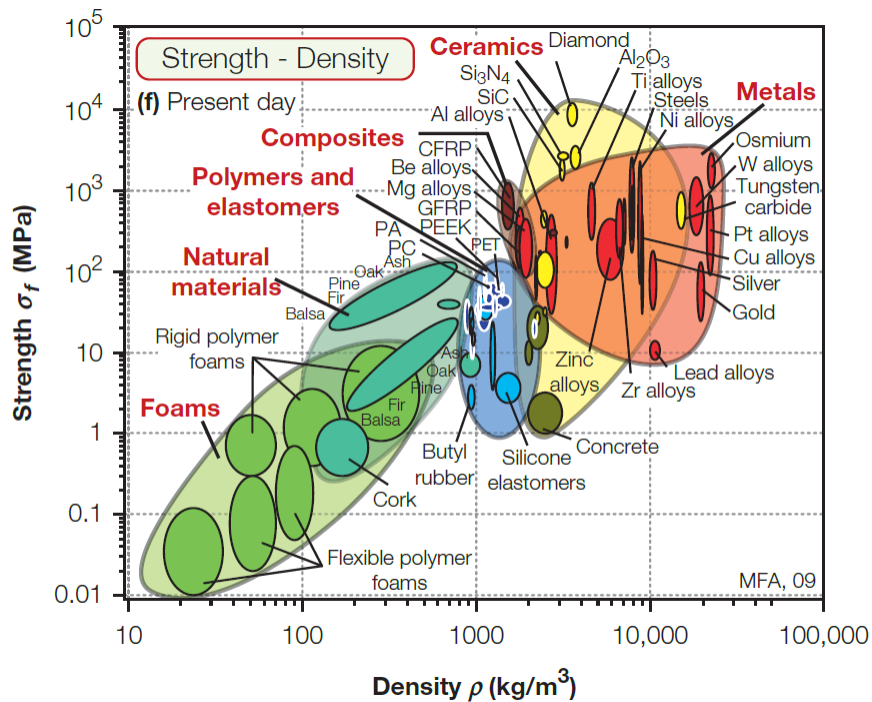


Figura 2.1. Plotësimi progresiv i vetive të materialeve për gjatë kohës. Në figurë tregohet se si janë zhvilluar materialet për gjatë viteve për të plotësuar kërkesat për sforcim dhe dendësi, ky diagram po ashtu tregon plotësimin progresiv të vetive të materialeve<sup>1</sup> [2]

Produktet inxhinierike janë të sukseshme atëherë kur i plotësojnë të gjitha kriteret e parapara teknike për eksploatim si dhe përmban materialin e duhur për të plotësuar kriteret estetike dhe për të rritur jetëgjatësinë e shfrytëzimit të atij produkti.

Llojlojshmëria e materialeve inxhinierike ka mundësuar krijimin e produkteve të reja të cilat nuk kanë mundur të imagjinohen më parë, mirëpo edhe me këtë zhvillim gjithmonë ekziston mundësia e përzgjedhjes së materialit jo të duhur. Mos analizimi i vetive kimike dhe fizike të materialeve për produktet specifike ka shkaktuar dëme materiale madje në disa raste edhe pasoja në njerëz. Që t'i shmangemi kësaj për përzgjedhjen e materialit duhet të analizohen vetitë kimike dhe fizike, të bëhen simulime me kushtet në të cilat do të funksionojë produkti, të krijohen prototipa të cilët lansohen para produktit përfundimtar etj.

<sup>1</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

Për të analizuar dhe kuptuar më mirë materialet inxhinierike ato janë ndarë në gjashtë grupe: metalet, polimerët, elastomeret, qeramikat, materialet me bazë qelqi dhe me kombinimin e këtyre formohen materialet hibride. Materialet të cilat bëjnë pjesë brenda këtyre grupeve kanë veçori të përbashkëta si: veti kimike dhe fizike të ngjashme, procese të ngjashme të përpunimit dhe shpesh edhe aplikim të njëjtë.



**Figura 2.2. Ndarja e materialeve inxhinierike [2]**

### ***Metalet***

Në këtë grup bëjnë pjesë materialet të cilat përbëhen nga një ose më shumë elemente metalike dhe shpesh me pjesmarrje të vogël të elementeve jometalike. Atomet në metale janë të organizuara në mënyrë të rregullt. Janë materiale të ngurta të cilat kanë modul të elasticitetit relativisht të lartë, e reflektojnë dritën; për shkak se posedojnë elektrone të cilat nuk janë të lokalizuara metalet njihen si përçues shumë të mirë të elektricitetit, nxehtësisë dhe kanë veti magnetike shumë të mira. Metalet kur janë të pastra janë të buta dhe lehtë të deformueshme, ato mund të forcohen nëse iu shtohen materiale plotësuese duke krijuar legura ose me trajtim mekanik dhe termik, mirëpo prap mbesin duktile duke mundësuar procesin e deformimit. Pjesërisht për shkak të duktilitetit të tyre metalet i nënshtrohen lodhjes dhe nga të gjitha llojet e materialeve inxhinierike metalet janë më pak rezistente ndaj korrozionit.

### ***Qeramikat***

Janë komponime në mes të elementeve metalike dhe jometalike, zakonisht janë okside, nitride dhe karbide. Janë materiale të ngurta dhe të forta, për dallim nga metalet ato janë të brishta dhe të ndjeshme ndaj thyerjes. Qeramikat nuk janë duktile për këtë arsye kanë tolerancë të ulët në presion te koncentruar (si p.sh në hapjen e vrimave ose thyerje). Zakonisht përdoren si materiale izoluese për nxehtësi dhe elektricitet mirëpo janë më rezistente ndaj temperaturave të larta dhe ambienteve të ashpra sesa metalet dhe polimeret. Për sa i përket vetive optike qeramikat mund të jenë transparente, të tejdukshme ose të errëta si dhe disa lloje të qeramikave kanë veti magnetike (qeramikat okside).

### ***Qelqet***

Janë materiale amorfe, dhe ngjashëm me qeramikat janë materiale të forta dhe të brishta, janë jashtëzakonisht shumë rezistente ndaj korrozionit. Janë izolatorë të shkëlqyer dhe janë transparent ndaj dritës.

### ***Polimeret***

Janë komponime organike me bazë karboni, hidrogjeni dhe nga elementet jometalike (O, N dhe Si), kanë dendësi të ulët, nuk janë shumë të forta dhe të ngurta mirëpo mund të bëhen të forta gati sa metalet. Deformimet elastike i kanë relativisht të mëdha, me kombinimin e vetive, materialet plastike mund edhe t'i zëvendësojnë metalet. Janë të lehtë për tu formësuar, ku pjesët e komplikuar të produkteve mund të formësohen me injektim në formë përfundimtare me materialet plastike, dhe nuk ka nevojë për operacione përfundimtare duke e bërë procesin e montimit më të lirë dhe më të shpejtë. Polimeret i rezistojnë korrozionit, nuk kanë veti magnetike dhe janë përçues të dobët të elektricitetit.

### ***Elastomeret***

Janë materiale me veti unike të cilat kanë ngurtësi shumë të ulët (500-5000 herë më e ulët sesa e metaleve) dhe kanë veti elastike pavarësisht sa zgjaten kanë aftësi të kthehen në gjendjen fillestare kur lëshohen. Por për kundër ngurtësisë së dobët elastomeret mund të jenë materiale të forta dhe të ashpra (p.sh gomat e automjetit). [3].

### ***Materialet hibride***

Janë kombinimi i dy apo më tepër materialeve në një konfiguracion dhe shkallë të paracaktuar. Këto materiale kombinojnë vetitë më të mira të materialeve tjera duke anashkaluar ato të papërshtatshme. Materialet hibride përfshijnë kompozitët me bazë fibra ose grimca, strukturat sandwich, strukturat laminate, shkumat etj., gati të gjitha materiale natyrale si druri, kockat, lëkura, gjethet janë materiale hibride.

Më të përdorurat janë kompozitët e përforcuar me fibra, ku zakonisht përbëhen nga një matricë polimere e përforcuar me fibra të karbonit, qelqit, Kevlar (aramide). Janë materiale të lehta, të forta, të ngurta dhe mund të jenë të ashpra. Mirëpo hibridet të cilat përdorin polimerët si bazë e matricës nuk mund të përdoren në temperatura më të larta se 250°C, mirëpo në temperaturë të dhomës kanë performancë të shkëlqyer.

Përveç këtyre materialeve mund të përmendet edhe një grup tjetër *Materialet e avancuara* (Advanced Materials), këtu bëjnë pjesë materialet të cilat shfrytëzohen në industrinë high-tech. Këto materiale zakonisht janë materialet tradicionale mirëpo me veti të përmirësuara, në këto materiale përfshihen gjysmëpërçuesit, biomaterialet, materialet e mençura, nanomaterialet etj.

*Gjysmëpërçuesit* kanë veti elektrike që janë në mes të përçuesve dhe izolatorëve, këto materiale kanë mundësuar formimin e qarkut të integruar që ka revolucionarizuar industrinë elektronike dhe kompjuterike.

*Biomaterialet* janë materiale të cilat vendosen brenda trupit njerëzor për të zëvendësuar pjesët trupore të dëmtuara. Këto materiale nuk duhet të prodhojnë substanca toksike dhe të jenë të përshtatshme në raport me indet trupore, pra të mos shkaktojnë reaksione biologjike. Të gjitha materialet e lartpërmendura mund të përdoren si biomateriale.

*Materialet e mençura* janë grup i ri i materialeve të cilat janë në zhvillim e sipër dhe kanë ndikim të jashtëzakonshëm në zhvillimin teknologjik të pajisjeve. Me fjalën “mençur” nënkuptojmë se këto materiale i ndjejnë dhe reagojnë ndaj ndryshimeve në mjedis. Këto materiale zakonisht përmbajnë lloje të sensorëve (që detektojnë sinjalin input) dhe aktuatorë (që japin një funksion reagues dhe adaptiv). Aktuatorët mund të reagojnë duke ndryshuar pozitën, formën, frekuencën,



ose vetitë mekanike ndaj ndryshimeve si temperatura, fusha elektrike ose magnetike të cilat i detektojnë sensorët.

*Nanomaterialet inxhinierike* në kohët e fundit ka filluar analizimi i strukturës atomike të materialeve, madje edhe atomeve dhe molekulave individualisht ashtu që të mundësohet manipulimi dhe zhvendosja e atomeve dhe molekulave për të formuar struktura të reja të materialeve. Në këtë formë mundësohet rregullimi i atomeve dhe molekulave që të fitohen vetitë kimike, mekanike, magnetike, elektrike të dëshiruara. Pra analizimi i vetive të materialeve bëhet me nanoteknologji ( $10^{-9}\text{m}$ ).

### 3. PËRZGJEDHJA E MATERIALEVE PËR PRODUKTET MAKINERIKE

Performanca e produktit varet nga lloji i materialeve që janë përdorur për ta prodhuar atë pjesë. Ekzistojnë më shumë se 50 000 lloje të materialeve që janë në dispozicion për dizajnimin dhe prodhimin e pjesëve të ndryshme, mirëpo jo të gjitha këto materiale janë të duhura për një aplikim të caktuar. Ka shumë faktorë që ndikojnë në përzgjedhjen e duhur të materialit si dizajni, përpunimi, kosto, kualiteti dhe performanca e produktit, përzgjedhja është proces vital për produktet makinerike dhe të ndërtimtarisë për shkak se kosto e materialit është 50% e kostos totale të produktit, ndërsa për pjesët mikroelektronike kosto e materialit është 5% e kostos totale.

Për të kuptuar materialet inxhinierike duhet të trajtohen në dy disiplina: shkenca e materialeve dhe inxhinieria e materialeve. Shkenca e materialeve hulumton lidhjet që ekzistojnë në mes të strukturave<sup>2</sup> dhe vetive të materialeve. Ndërsa inxhinieria e materialeve në bazë të lidhshmërisë në mes të strukturave dhe vetive të materialeve, hulumton mundësinë e dizajnit ose prodhimit të strukturave të materialeve me veti të paracaktuara. Pra në aspektin funksional shkenca e materialeve merret me krijimin e materialeve të reja ndërsa inxhinieria e materialeve merret me përdorimin e këtyre materialeve për prodhimin e produkteve dhe të zhvillojë teknika për përpunimin e këtyre materialeve.

Përzgjedhja e materialeve bëhet bazuar në vetitë e atij materiali, me veti të materialit nënkuptojmë reagimin e materialit ndaj ekspozimit në një mjedis të caktuar. Të gjitha vetitë e materialeve mund të grupohen në këto kategori: mekanike, elektrike, magnetike, optike dhe deteriorative. Vetitë mekanike paraqiten nëpërmes deformimeve kur i nënshtrohen një force të caktuar, vetitë elektrike paraqiten nëpërmes përçueshmërisë, konstantës dielektrike etj., vetitë termike paraqiten nëpërmes kapacitetit termik, përçueshmërinë termike etj., vetitë magnetike paraqiten nëpërmes reagimit të materialeve kur i nënshtrohet veprimi të një fushe magnetike, për vetitë optike demonstrohen nëpërmes rrezatimit të dritës, reflektimit, indeksi i refraksionit etj., ndërsa vetitë deteriorative ndërlidhen me reaktivitetin kimik të materialeve. [4]

Përveç strukturës dhe vetive në materiale ndikojnë edhe përpunimi dhe performanca.

---

<sup>2</sup>Struktura e materialeve nënkupton organizimin e komponentave të brendshme[4]



**Figura 3.1. Komponentë e shkencës dhe inxhinierisë së materialeve dhe ndërlidhja në mes tyre**

Në bazë të figurës 3 struktura e materialit varet nga mënyra e përpunimit të materialit dhe performanca e materialit varet nga vetitë e atij materiali.

### 3.1. Vetitë e materialeve

Materialet gjatë kohës së eksploatimit i nënshtrohen veprimit të forcave të ndryshme, temperaturës, reaksioneve kimike, kohës etj., dhe për shkak të këtyre veprimeve ato materiale mund të deformohen, korrodohen apo shkrihen. Për të fituar informata për reagimet e materialeve në kushte përkatëse, këto materiale i nënshtrohen testeve të ndryshme dhe fitohen vlera për vetitë e ndryshme të materialeve.

Vetitë fizike janë ato veti të cilat kur një material i nënshtrohet veprimit të forcave, reagimet janë të formës së deformimeve, thyerjeve, plasaritjeve etj., janë veti të matshme si p.sh. dendësia, pika e shkrirjes, përçueshmëria. Vetitë mekanike tregojnë se si materialet reagojnë kur në to veprojnë forca. Mirëpo mund të shkruhen në një grup të përbashkët.

Vetitë kimike janë ato veti nën veprimin e të cilave një material humb strukturën e tij kimike si p.sh djegia. Në veti kimike bën pjesë toksiciteti, reaktiviteti, lidhja kimike, aciditeti, radioaktiviteti etj. Në vazhdim do të shqyrtohen më në detaje disa veti të materialeve.

#### 3.1.1. Vetitë fizike

##### **Dendësia**

Dendësi i një materiali është masa e tij për njësinë e vëllimit. Dendësia varet nga pesha atomike e atomeve ose ioneve, madhësia e tyre dhe mënyra e renditjes në strukturën atomike. Shpërndarja e dendësisë vjen nga shpërndarja e peshës atomike (varion nga 1-Hidrogjeni deri 238-Uraniumi). Metalet janë materiale të dendura për shkak se përbëhen nga atome të rënda, përderisa polimeret

kanë dendësi të ulët sepse përbëhen nga atome të karbonit (pesha atomike: 12) dhe hidrogjenit (pesha atomike: 1).

$$\rho = \frac{m}{V} \frac{kg}{m^3}$$

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]- Dendësia

$m$  [kg] – masa

$V$  [m<sup>3</sup>] – Vëllimi

### **Moduli i Elasticitetit (Moduli i Young-ut)**

Paraqet madhësinë e cila matë rezistencën e një materiali që të deformohet kur mbi të vepron një forcë. Moduli i elasticitetit përcaktohet si pjerrtësia e lakores në diagramin sforcim-zgjatim në pjesën e deformimit elastik. Kur një material deformohet në mënyrë elastike, shkalla e deformimit varet nga materiali, zgjatimi dhe sforcimi lidhien në mes vete me ligjin e Hukut

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Sipas ligjit të Hukut moduli i elasticitetit shprehet si:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$\sigma$  – Sforcimi [MPa]

$E$  – Moduli i elasticitetit [MPa]

$\varepsilon$  – Zgjatimi [Pa njësi ose %]

Moduli i elasticitetit varet nga nga dy faktorë: ngurtësia e lidhjes dhe numri i atomeve për njësi të vëllimit. Diamanti ka modul të lartë për shkak se atomet e karbonit janë të vogla, të lidhura me lidhje kovalente shumë të fortë duke krijuar dendësi të lartë. Metalet kanë po ashtu modul të lartë për shkak se atomet janë të vendosura shumë afër njëra tjetrës duke krijuar dendësi të lartë dhe lidhje shumë të fortë, por jo më të fortë se të diamantit.

**Sforcimi dhe zgjatimi**

Sforcimi definohet si raporti i forcës normale e cila vepron mbi një sipërfaqe të caktuar. Në testet e zgjatimit dhe shtypjes, sipërfaqja është normal në raport me forcën. Ndërsa në provat e torzionit sipërfaqja është normal me aksin e rrotullimit.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \frac{N}{m^2}$$

$\sigma$  [N/m<sup>2</sup>]- Sforcimi

F [N] – Forca

A [m<sup>2</sup>] – Sipërfaqja

Njësia është megapaskal=10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup>

Për shkak të veprimit të sforcimit shkaktohen ndryshime në dimensione ose deformime në zgjatim. Zgjatimi paraqet raportin në mes të ndryshimit të gjatësisë nga gjatësia fillestare e kampionit.

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$\varepsilon$  - zgjatimi

$l_0$  [m] – gjatësia para veprimit të sforcimit

$l_i$ [m] – gjatësia pas veprimit të sforcimit

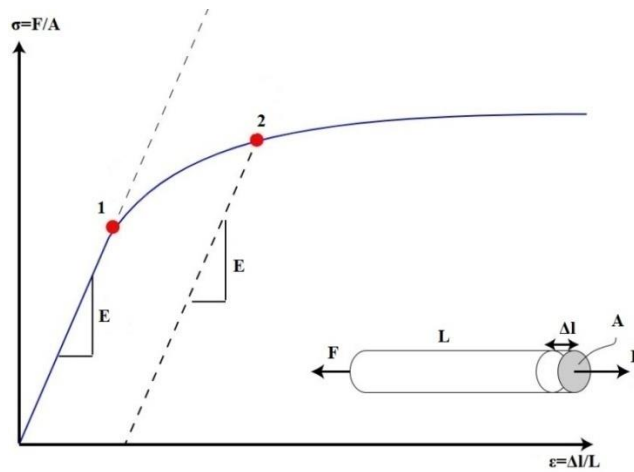


Figura 3.2. Diagrami sforcim-zgjatim [5]

Diagrami  $\sigma$ - $\epsilon$  fillon nga qendra e sistemit koordinativ. Në bazë të figurës 4, mund të dallohen dy pikat karakteristike të këtij diagrami,

- a. Kufiri i elasticitetit,
- b. Kufiri i rrjedhshmërisë

### 3.1.2. Vetitë elektrike

#### Përçueshmëria dhe rezistenca elektrike

Përçueshmëria paraqet shkallën në të cilën një material arrin të përçojë rrymën elektrike, pra sasinë e rrymës elektrike që një material mund ta mbart.

Rezistenca është e kundërta e përçueshmërisë, paraqet forcën e një materiali që të pengoj ose rezistojë përçimit të rrymës elektrike.

Përçueshmëria elektrike kalkulohet si vlera reciproke e rezistencës.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \frac{S}{m}$$

$$\rho = R \frac{l}{A}$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \cdot \Omega \cdot m \frac{m}{m^2}$$

Për rastet me gjeometri të komplikuar, ose kur fusha elektrike ndryshon në pjesët e materialit, përdoret shprehja më gjenerale:

$$\rho = \frac{E}{J}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{J}{E} \frac{S}{m}$$

$\sigma$  [S/m] - Përçueshmëria elektrike

$\rho$  [ $\Omega \cdot m$ ] - Rezistenca e materialit

R [ $\Omega$ ] - Rezistenca elektrike e një trupi uniform të një materiali

A [ $m^2$ ] - Sipërfaqja e trupit uniform

E [N/C] - Madhësia e fushës elektrike

J - Madhësia e dendësisë të rrymës elektrike [ $A/m^2$ ]

### **Konstanta dielektrike**

Kur një izolator (ose dielektrik) vendoset në fushë elektrike ai polarizohet dhe ngarkesat shfaqen në sipërfaqe. Tendencja e një materiali që të polarizohet matet me *konstanten dielektrike*  $\epsilon$ , që është madhësi pa njësi. Vlera e saj për qëllime praktike, për hapësirë të lirë, tek shumica e gazrave është 1. Shumica e izolatorëve i kanë vlerat në mes 2 deri 30, mirëpo këtu përjashtohen shkumat me denisitet të ulët të cilat i afrohen vlerës 1 për shkak të prezencës së lartë të ajrit[2].

Dy pllaka përçuese që janë të ndara nga një dielektrik formojnë një kondensator. Kondensatorët ruajnë ngarkesat Q (Njësia Kuloni).

$$Q = C \cdot V$$

Q – Ngarkesa [Kuloni]

C – Kapaciteti [Farad]

V – Tensioni [Volt]

Kapaciteti i pllakave paralele me sipërfaqe A, të ndara nga hapësira është:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{t}$$

$\epsilon_0$  - Premitiviteti<sup>3</sup> i hapësirës së lirë ( $8.85 \times 10^{-12}$  F/m)

Nëse hapësira e lirë zëvendësohet me dielektrik, kapaciteti rritet si shkak i polarizimit. Fusha e krijuar nga polarizimi e kundërshton fushën elektrike E, duke reduktuar ndryshimin e tensionit që nevojitet për të mbështetur ngarkesën. Kështu kapaciteti i kondensatorit merr një vlerë tjetër:

$$C = \epsilon \frac{A}{t}$$

$\epsilon$  – Premitiviteti i dielektrikut

$$\epsilon_r = \frac{C \text{ me dielektrik}}{C \text{ pa dielektrik}} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Kapaciteti si përfundim do të jetë:

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{t}$$

### 3.1.3. Vetitë termike

#### Përcjellshmëria termike

Është aftësia e një materiali që të përçojë nxehtësinë. Materialet të cilat kanë aftësi të përçojnë nxehtësinë janë metalet, ndërsa ato që nuk e përçojnë njihen si izolatorë termik dhe ndër ta janë shkumat poroze.

Ekuacioni i përçueshmërisë termike, ndryshe njihet si ligji i Fourier-it i cili thotë “Shkalla e transferimit të nxehtësisë nëpër një material është proporcionale me gradientin negativ të temperaturës dhe me sipërfaqen, në kënd të drejtë me gradientin nëpër të cilin rrjedh nxehtësia”:

$$q = -k\Delta T$$

<sup>3</sup> Premitiviteti paraqet aftësinë e një substance që të ruajë energji elektrike në një fushë elektrike



$q$  – fluksi i nxehtësisë,

$k$  – përçueshmëria termike,

$\Delta T$  – Gradienti i temperaturës

### **Kondensimi**

Paraqet procesin e kalimit të gjendjes agregate nga e gazëta në të lëngët të një materiali. Temperatura e kondensimit paraqet temperaturën në të cilën avulli kalon nga gjendja agregate e gaztë në atë të lëngët.

Shprehet me kelvin (K) ose °C.

### **Nxehtësia specifike**

Është energjia e nevojshme  $E$  për të nxehur masën prej një kilogrami në temperaturën një kelvin (1K).

$$c = \frac{E}{m \cdot T} \frac{J}{kg \cdot K}$$

$E$  [J] – Energjia për nxehjen e masës së materialit,

$m$  [kg] – Masa e materialit dhe

$T$  [K] – Temperatura e materialit.

### **Bymimi termik**

Shkalla e zmadhimit ose e zvogëlimit të përmasave fillestare të materialit me ndryshimin e temperaturës për 1K, quhet koeficient i bymimit linear.

$$l = l_0 (1 + \alpha \cdot T)$$

$l$  [m] – gjatësia pas nxehjes,

$l_0$  [m] – gjatësia fillestare,

$\alpha$  [K<sup>-1</sup>] – koeficienti i bymimit linear të materialit dhe

T [K] – Temperatura e nxehjes.

Nëse ndërrimet e përmasave ndodhin në tërë vëllimin e materialit, bymimi atëherë shprehet përmes koeficientit të bymimit vëllimor.

### 3.1.4. Vetitë optike

Të gjitha materialet e lejojnë depërtimin e dritës edhe pse tek disa materiale sasia e rrezeve të dritës që kalojnë është shumë e vogël. Shpejtësia e dritës në material  $v$ , është më e vogël sesa shpejtësia në vakum  $c$ , dhe si pasojë kur një rreze e dritës e prek sipërfaqen e materialit ajo thyhet nën një kënd të caktuar  $\alpha$ -këndi i rënjes, dhe kur hyn në material hyn me një kënd tjetër  $\beta$ -këndi i thyerjes. indeksi i thyerjes  $n$  është:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

Lidhet me konstantën dielektrike  $\epsilon_r$  në frekuencë të njejtë:

$$n \approx \sqrt{\epsilon_r}$$

Indeksi i thyerjes varet nga gjatësia e valës dhe ngjyra e rrezës së dritës. Sa më i dendur të jetë materiali dhe sa më e madhe të jetë konstanta dielektrike aq më i madh është indeksi i thyerjes.

Kur  $n=1$  e tërë rrezja hyn në material, ndërsa kur  $n>1$  një pjesë reflektohet. Nëse sipërfaqja e materialit është e lëmuar dhe e pastër reflektimi bëhet si rreze ndërsa në të kundërtën shpërndahet ose përthyeret. Shkalla e reflektimit varet nga nga indeksi i thyerjes

$$R = \left[ \frac{n - 1}{n + 1} \right]^2 \times 100$$

Me rritjen e  $n$ , vlera  $R$  i afrohet 100%.

### 3.1.5. Vetitë ekologjike

Embodied energy (Njësia MJ/kg) është energjia e nevojshme për të nxjerr 1kg material nga xehet dhe lëndët e para.

Carbon footprint (Njësia kg/kg) është masa e CO<sub>2</sub> që lirohet në atmosferë me rastin e prodhimit të 1kg materiali.

**Tabela 3.1. Vetitë e disa prej materialeve inxhinierike [6]**

<b>Materialet</b>	<b>Dendësi (ρ) (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Moduli i Elasticitetit (E) (GPa)</b>	<b>Sforcimi elastik (σ) (GPa)</b>	<b>Moduli specifik (E/ρ)</b>	<b>Sforcimi specifik (σ/ρ)</b>	<b>Temperatura maksimale e punës (°C)</b>
<b>Metalet</b>						
Hekur	7.0	100	0.14	14.3	0.02	230-300
Çelik, AiSi 1045	7.8	205	0.57	26.3	0.073	500-650
Alumin 2024-T4	2.7	73	0.45	27.0	0.17	150-250
Alumin 6061T6	2.7	69	0.27	25.5	0.10	150-250
<b>Plastikat</b>						
Najloni 6/6	1.15	2.9	0.082	2.52	0.071	75-100
Polipropileni	0.9	1.4	0.033	1.55	0.037	50-80
Epoxy	1.25	3.5	0.069	2.8	0.055	80-215
Fenolike	1.35	3.0	0.006	2.22	0.004	70-120
<b>Qeramikat</b>						
Alumina	3.8	350	0.17	92.1	0.045	1425-1540
MgO	3.6	205	0.06	56.9	0.017	900-1000
<b>Kompozitet me fibra të shkurtra</b>						
Epoksi i mbushur me qelq (35%)	1.90	25	0.30	8.26	0.16	80-200
Poliester i mbushur me qelq (35%)	2.00	15.7	0.13	7.25	0.065	80-125
Najloni i mbushur me qelq (35%)	1.62	14.5	0.20	8.95	0.12	75-110
Najloni i mbushur me qelq (60%)	1.95	21.8	0.29	11.18	0.149	75-110
<b>Kompozitet me një drejtim</b>						
Qelqi S/epoksi (45%)	1.81	39.5	0.87	21.8	0.48	80-215
Karboni/epoksi (61%)	1.59	142	1.73	89.3	1.08	80-215
Kevlar/epoksi (53%)	1.35	63.6	1.1	47.1	0.81	80-215

### 3.2. Diagramet e vetive të materialeve

Secila veti e materialeve ka ndikimin e vet në performancën e atij materiali gjatë përdorimit. Vetitë e materialeve kanë rangun e vlerave, dhe në bazë të tyre materialet e ndryshme karakterizohen me vlerat e tyre për vetitë përkatëse. Kuptimi dhe vlerësimi i këtyre vetive mund të bëhet në forma të ndryshme, një nga format është pasqyrimi i vetive të materialeve në një diagram, tek i cili tregohet se ku bën pjesë secili prej materialeve bazuar në rangun e vlerave të

vetisë që pasqyrohet, tek këto diagrame është e paraparë të përfshihen të gjitha grupet e materialeve inxhinierike së bashku me grupet dhe nëngrupet e tyre.

Përveç kësaj forme informata për vetitë e materialeve mund të fitohen duke i pasqyruar me një diagram një veti kundrejt një vetie tjetër, p.sh diagrami i modulit të elasticitetit në raport me dendësinë. Qëllimi i kësaj forme është hulumtimi i disa vetive njëkohësisht të cilat ndikojnë në performancën e dëshiruar për një produkt të caktuar, p.sh nga diagrami i lartëcekur kërkohet të materiali i cili ka dendësi dhe modul të elasticitetit shumë të lartë, duke u bazuar në figurën 6 arrijmë të kuptojmë që në këtë rang bëjnë pjesë çeliqet, lidhjet e titaniumit, nikelit etj.

Në vazhdim do të tregohen disa nga diagramet<sup>4</sup> për shkak të numrit të madh janë përzgjedhur disa dhe do jepen informacione për ato.

### **3.2.1. Diagrami Modul-Dendësi**

Moduli i elasticitetit dhe dendësi janë veti shumë të rëndësishme të materialeve mekanike, ato i japin disa karakteristika materialeve duke i bërë ato unike, si p.sh çeliku është i ngurtë për shkak të modulit të elasticitetit që ka ( $190\text{GPa}-203\text{GPa}^5$ ), materialet plastike janë më të buta për shkak të modulit të elasticitetit (PVC  $0.001\text{GPa}-1.800\text{GPa}^6$ ), plumbi është i rëndë për shkak të dendësitit të lartë ( $11.34\text{ g/cm}^3$ ) etj.

Në diagram është pasqyruar raporti i një vetie kundër një vetie tjetër, rangi i vlerave është zgjedhur ashtu që të përfshijë të gjitha materialet nga më të lehtat, shkumat dhe metalet më të rënda. Përveç grupeve të materialeve, po ashtu janë paraqitur nëngrupe brenda këtyre grupeve ashtu që të bëhet një paraqitje sa më e saktë e vetive të materialeve.

Moduli i elasticitetit për të gjitha grupet e materialeve, secili grup tregon vetitë e veçanta të materialeve që përfshihen në atë grup. i cili është prej  $0.001\text{GPa}$  (shkumat me dendësi të ulët) deri në  $1000\text{GPa}$  (diamantin). Moduli po ashtu përfshin edhe lloje të tjera të materialeve me modul më të ulët ose më të lartë se vlerat e lartpërmenduarat. Në raport me modulën e elasticitetit është pasqyruar një veti tjetër dendësia e atyre grupeve të materialeve.

---

<sup>4</sup> Diagramet janë marrë nga literatura [2]. Këto diagrame mund të shkarkohen dhe po ashtu të krijohen të reja duke i kombinuar vetitë në [www.grantadesign.com](http://www.grantadesign.com)

<sup>5</sup><https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=965>

<sup>6</sup><https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/young-modulus>

Mirëpo me zgjedhjen e duhur të akseve dhe shkallëve, mund të fitohet diagram për pasqyrimin edhe të vetive të tjera. Në këtë rast shpejtësia e valës në një trup të ngurtë varet nga  $E$  dhe  $\rho$ ;

$$v = \left(\frac{E}{\rho}\right)^{1/2}$$

Ose

$$\log E = \log \rho + 2 \log v$$

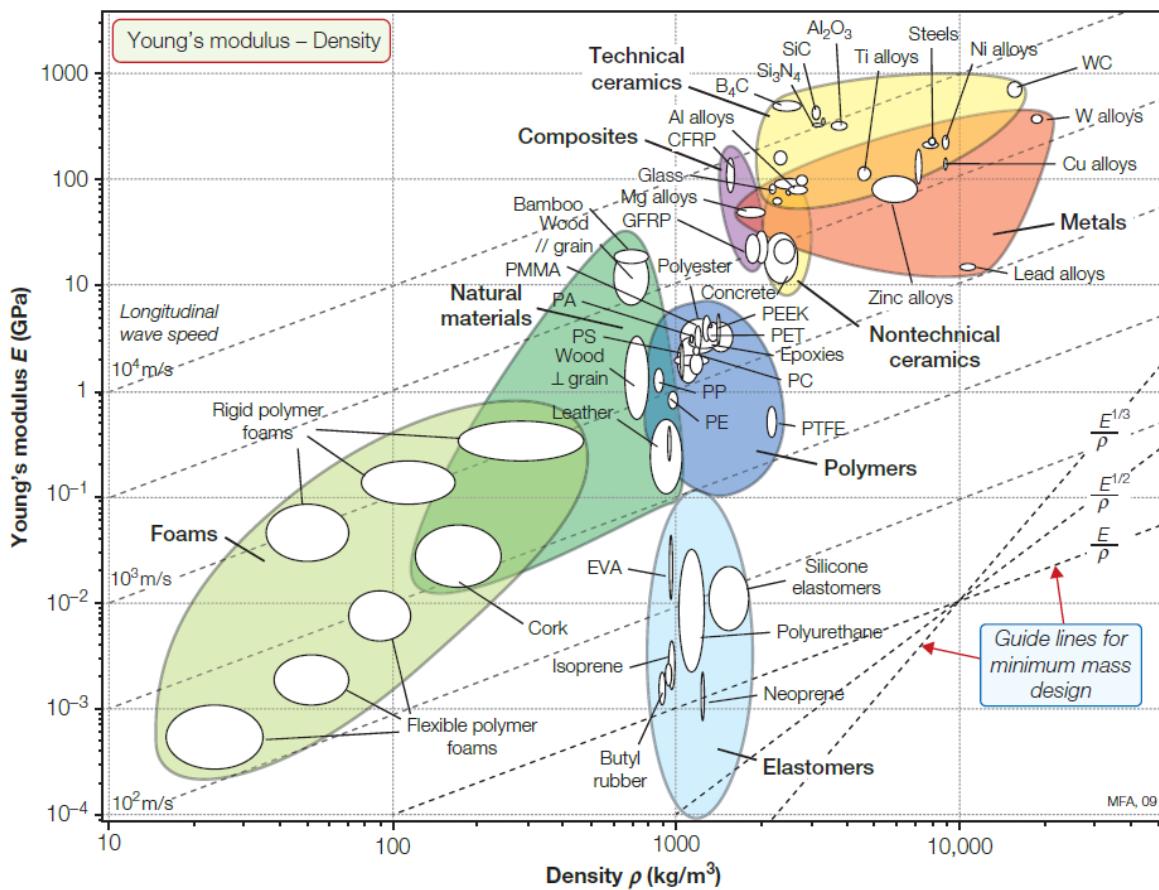


Figura 3.3. Diagrami i modulit të Young-it në raport me dendësinë. Në diagram janë paraqitur të gjitha grupet dhe nëngrupet e materialeve inxhinierike. Drejtëzat në diagonale tregojnë shpejtësinë e valëve gjatësore<sup>7</sup> [2][7]

<sup>7</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

Për një vlerë të caktuar të shpejtësisë konstante të valëve  $v$  në diagram mund të paraqitet një vijë e drejtë, e cila i lidhë të gjitha materialet tek të cilat valët gjatësore lëvizin me shpejtësi të njëjtë.

Shpejtësia varion prej më pak se 50 m/s (elastomeret e buta) deri afër  $10^4$  m/s (qeramikat e ngurta).

### 3.2.2. Diagrami Qëndrueshmëri mekanike - Dendësi

Qëndrueshmëria mekanike si term dallon për grupet e materialeve, për metalet dhe polimeret është “*Yield Strength*”, për qeramikat “*Flexural Strength*”, për elastomeret është “*Tear Strength*”, për kompozitet dhe drurin është “*Tensile Strength*”, mirëpo simboli  $\sigma_f$  përdoret për të gjitha.

Në këtë diagram është pasqyruar raporti në mes të qëndrueshmërisë mekanike dhe dendësisë, dhe ky është diagrami më i shfrytëzueshëm nga të gjithë, për shkak të vetive shumë të rëndësishme që përmban.

Rangu i vlerave të qëndrueshmërisë për materialet inxhinierike varion prej 0.01Mpa (Shkumat, që përdoren për absorbim të energjisë) deri  $10^4$ Mpa (si Diamanti).

Përveç qëndrueshmërisë mekanike dhe dendësis që pasqyrohen në këtë diagram, po ashtu janë pasqyruar vijat udhëzuese për përzgjedhjen e materialeve me masë të vogël në raport me qëndrueshmërinë mekanike

Rëndësi duhet t'i kushtohet rangut të *Strength-Peierls ose Rezistenca e rrjetës*<sup>8</sup>. Metalet e pastra janë të buta për shkak të ngarkesave të palokalizuarra të cilat nuk ndihmojnë fare në zhvendosjen e atomeve, ndërsa qeramikat janë shumë të forta për shkak të ngarkesave të lokalizuara dhe lodhjeve kovalente dhe jonike shumë të forta, që e bllokojnë zhvendosjen. Kur rezistenca e rrjetës është relativisht e vogël tek ndonjë material kjo mund të rritet duke e përforcuar materialin, si p.sh. tek metalet rritet duke i shtuar elemente shtese dhe në këtë mënyrë formohen lidhjet e metaleve, ose tek polimeret ndryshohet orientimi i lidhjeve ashtu që të formohen lidhje kovalente më të forta.

<sup>8</sup> Nënkupton forcën e cila duhet për të zhvendosur atome në një rrafsh. Kjo qëndrueshmëri varet nga madhësia dhe gjerësia e distancës në mes të rrafsheve.

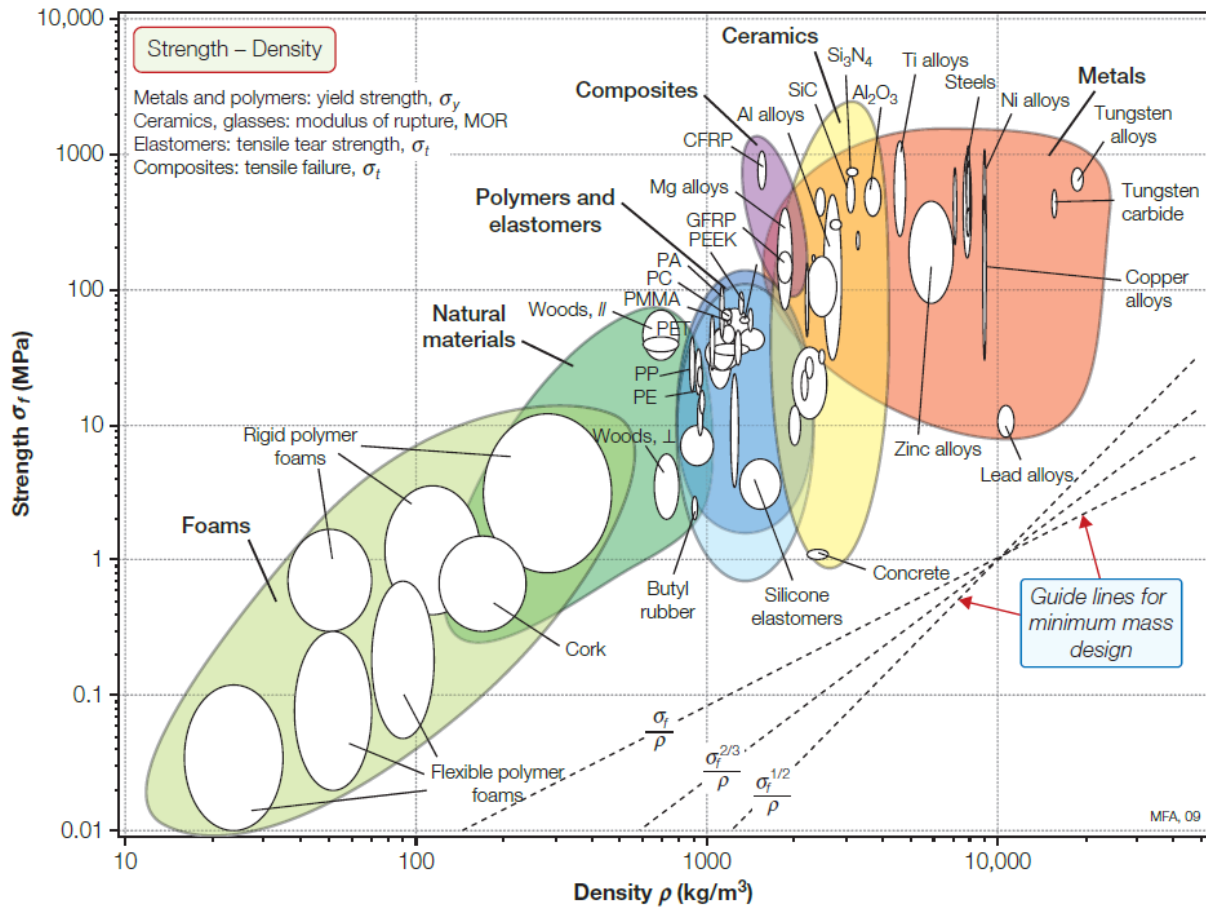


Figura 3.4. Diagrami i qëndrueshmërisë mekanike në raport me dendësinë. Drejtëzat udhëzuese përdoren për përzgjedhjen e materialeve me masë të vogël dhe dizajn të kufizuar <sup>9</sup>[9]

### 3.3. Përzgjedhja e materialeve

Procedura për përzgjedhjen e materialeve inxhinierike përbëhet nga disa faza të cilat përbëhen nga shumë nënfaza, kjo për shkak se ky është një proces kompleks i cili bartë me veti të gjitha pasojat që ndërlidhen me materialin nga procedura e përzgjedhjes, pastaj tek dizajnimi, përpunimi, eksploatimi dhe në fund riciklimi ose asgjësimi. Kjo procedurë shërben si funksion ndërlidhës ndërmjet materialit dhe funksionit të tij. Për të startuar me këtë procedurë fillimisht duhet të kemi disa informata bazike për kërkesat e materialeve në përgjithësi, të cilat duhet të merren parasysh para dhe gjatë tërë procesit.

<sup>9</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

Kërkesat që materialet mekanike duhet t'i përmbushin për prodhimin e produkteve varen nga shumë faktorë dhe ndahen në [1]:

- a. **Kërkesat teknologjike**, lidhen me kërkesat e përpunimit gjatë fazës së prodhimit. Këto kërkesa ndërlidhen me aftësinë e materialit që të marrë formën e kërkuar, të mundësojë prodhimin e produkteve me dimensionet e parapara, të ruaj vetitë e materialit, si dhe riciklimin e materialit ose përdorimin e sërishëm.
- b. **Kërkesat eksploatuese dhe funksionaliteti**, lidhet me ruajtjen e dimensioneve , formës konstruktive, mbrojtja nga dëmtimet sipërfaqësore, ruajtja e karakteristikave fizike.
- c. **Disponimi dhe furnizimi**, kjo nënkupton që materiali i kërkuar a mund të gjindet lehtë në treg, nëse jo kushtet e transportimit, kosto etj.
- d. **Standardizimi dhe normimi**, materiali i kërkuar a është i standardizuar, sepse materialet e standardizuara është më lehtë të gjinden dhe janë më të besueshme.
- e. **Riqarkullimi dhe ekologjia**, pas shfrytëzimit të materialit çfarë dëmi mund t'i shkaktojë ambientit ai material, a mund të riciklohet ose asgjësohet.
- f. **Kërkesat ekonomike**, këtu nënkuptohet kostoja dhe kërkesat për materialin në fjalë në treg dhe
- g. **Kërkesat estetike**, ngjyra, kualiteti i materialit etj.

Secili material ka atributet ose karakteristikat e veta, me të cilat ai identifikohet, si dendësia, sforcimi, temperatura e punës, përçueshmëria elektrike ose termike, rezistenca ndaj veprimeve kimike etj. E po ashtu dizajni i secilit produkt ka parametrat e përcaktuar të cilët duhet t'i përmbushë, p.sh. kërkohet të ketë dendësi të ulët, rezistentë ndaj korrozionit, qëndrueshmëri të lartë, kosto të ulët etj. Prandaj fillimisht duhet të kuptohen të gjitha kërkesat për produktin dhe pastaj përcaktimi i materialeve të mundshme që i plotësojnë ato kërkesa. Pra procesi i përzgjedhjes përbëhet nga:

- a. Identifikimi i attributeve të kërkuara për produktin dhe
- b. Krahasimi i tyre me atributet e materialeve inxhinierike.



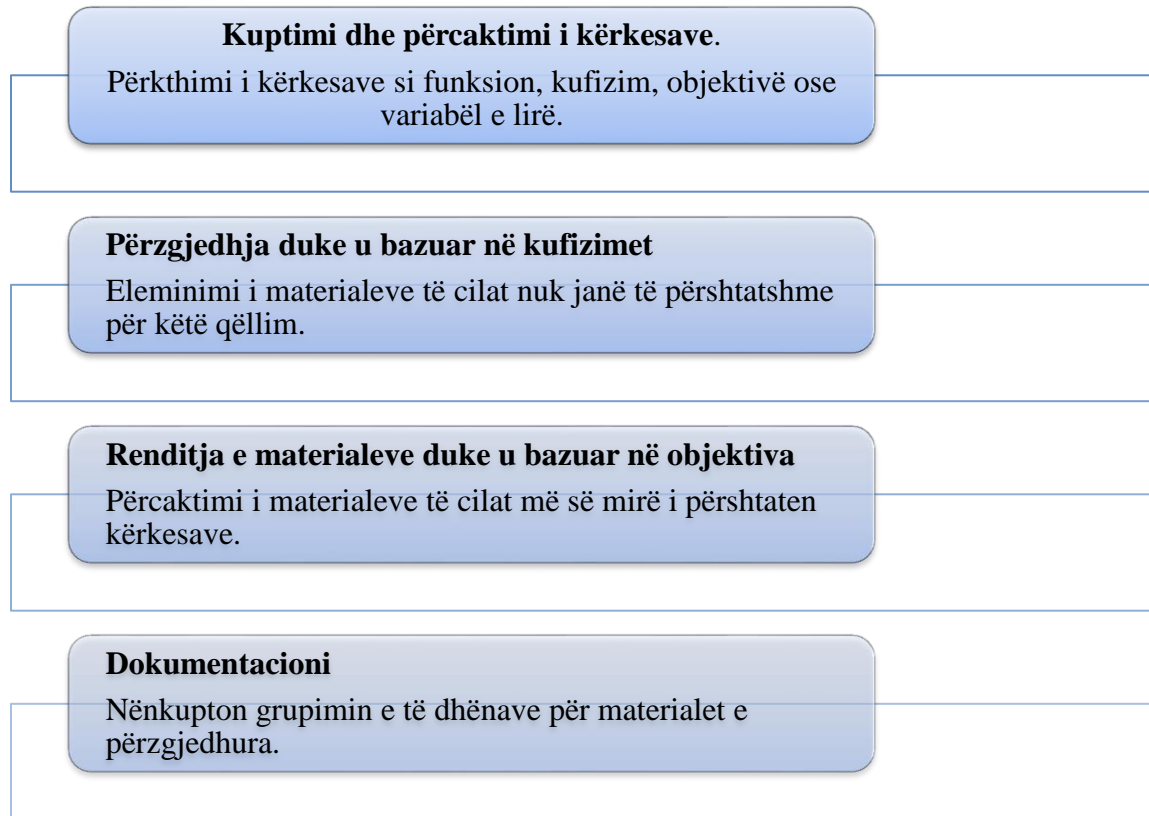


Figura 3.5. Procedura e përzgjedhjes së materialeve

### 3.3.1. Kuptimi dhe përcaktimi i kërkesave

Hapi i parë në procesin e përzgjedhjes së materialit është kuptimi i kërkesave për produktin e paraparë dhe “përkthimi” i këtyre kërkesave në funksione, kufizime, objektiva dhe variabla të lira për vetitë e materialeve.

- Funkcioni nënkupton se çfarë detyre do të kryej komponenti ose produkti i paraparë
- Kufizimet, nënkupton se cilat kritere duhet t’i plotësoj materiali patjetër dhe cilat janë të diskutueshme. Këto kufizime mund të klasifikohen edhe si të forta “hard” që nënkupton kufizimet absolute që duhet të përmbushen dhe të buta “soft” të cilat mund të diskutohen-negociohen.
- Objektivat, cilat kritere mund të maksimizohen ose minimizohen.
- Variablat e lira, janë ata parametra të cilët mund të ndryshohen.

P.sh produkti do të punojë nën veprimin e ngarkesave, në presion etj., këto paraqesin funksionin, kur tregohet që produkti duhet të punoj në temperatura të larta, të përçojë rrymën elektrike etj., nënkupton kufizim mirëpo kufizimet mund të jenë të negociueshme p.sh kërkohet që çmimi i produktit të jetë sa më i lirë por kjo varet nga faktorët e tjerë, objektivë mund të jetë që produkti të jetë i lehtë, i sigurtë etj., ndërsa variabël e lirë ato të cilat dizajneri mund t'i vendos vet, p.sh ngjyra. Mund të ndodh që një material i caktuar të ketë shumë përparësi për një aplikim të caktuar mirëpo të ketë disa pika kritike në eksploatimin e një produkti, si p.sh. pesha, rezistenca në korrozion, në përçueshmëri elektrike ose termike etj.

Pra në këtë pikë duhet të analizohen dhe të trajtohen me prioritet kërkesat për produktin dhe të arrihet një sqarim i plotë dhe i qartë i funksionit, kufizimeve, objektivave dhe variablave të lira për produktin.

### **3.3.2. Përzgjedhja duke u bazuar në kufizimet**

Duke u bazuar në listën e kërkesave që duhet t'i plotësojë materiali atëherë përzgjedhen materialet që i plotësojnë kërkesat minimale dhe maksimale. Në këtë fazë analizohet edhe dizajni i produktit dhe procesi i prodhimit të pjesës. Duke u bazuar në dizajn dhe përpunueshmëri filtrohet edhe më tutje kjo listë e materialeve të mundshme për shkak se disa prej tyre nuk mundet të plotësojnë kriteret e përpunimit ose të dizajnit. Përzgjedhja e materialeve të mundshme bëhet përmes databazës së materialeve nga furnizuesit ose nga doracakët.

### **3.3.3. Renditja e materialeve duke u bazuar në objektivat**

Pas përcaktimit të listës së materialeve të mundshme duhet të përcaktohen një numër më i vogël i materialeve të cilat janë më të përshtatshmet për produktin e caktuar. Në fazën fillestare të dizajnit të konceptit mundësitë e përpunimit dhe llojet e materialeve janë më të gjëra, mirëpo në fazat e mëtejshme analizohen kërkesat e përcaktuara në fazat e mëhershme dhe kështu fillojnë të filtrohen dhe në fund mbesin vetëm disa mundësi, prej të cilave krijojnë prototipa dhe në fund përzgjidhet materiali më i përshtatshëm dhe procesi më i përshtatshëm, më pak i kushtueshëm dhe efektive. Vetitë ose grupet e vetive të cilat e maksimizojnë performancën e një materiali për një dizajn të caktuar quhen *treguesit e materialit*. Këta tregues përcaktojnë kriterin e performancës që mundësojnë renditjen e materialeve varësisht se sa mirë një material i përmbush objektivat e përcaktuara. Për të aritur maksimizimin e performancës në dizajnet e

realizuara inxhinierët analizojnë koston, peshën e produktit dhe performancën ashtu që të arrihet përzgjedhja e duhur e materialit dhe procesit të prodhimit, këtu FEA<sup>10</sup> software dhe të tjerë me anë të të cilëve mundësohet arritja e produktit përfundimtar ashtu që të plotësohet kriteri i qëllimit që është prodhimi i produkteve kualitative me kosto më të ulët dhe në kohë më të shpejtë.

#### **3.3.4. Dokumentacioni**

Në fazën e fundit kërkohet krijimi i një profili të detajuar për secilin nga materialet që kanë plotësuar kriteret e parapara. Këtu mund të përfshihen informata më të detajuara për vetitë, raste të përdorimit, përparësitë dhe dobësitë, çmimi, disponimi dhe furnizimi, ekologjia etj. Kjo procedurë e filtron edhe më tutje listën e materialeve sepse p.sh disa materiale janë afërsisht të ngjashme mirëpo njëra ka çmimin më të lirë, ose mund të gjindet tek furnitorët e brendshëm.

Pas kësaj kandidatët e mbetur që zakonisht janë në numër shumë të vogël mund t'i nënshtrohen testimit, pra të krijohen prototipat e produkteve dhe testohen ashtu që të përcaktohet se sa i realizojnë kërkesat e përcaktuara. Varësisht nga lloji i produktit dhe shkalla e rrezikshmërisë që mund të ketë shfrytëzimi i atij produkti përcaktohet edhe numri i testeve që duhet të bëhen. Përpos testimit nën kushtet të cilat do të operojë produkti ndonjëherë testohen edhe rastet më të vështira ashtu që të përshkruhen në manualin e përdorimit të produktit, që përdoruesit të kenë njohuri si duhet vepruar në mënyrë që produkti të jetë i besueshëm.

#### **3.4. Përzgjedhja me ndihmën e kompjuterit**

Përveç metodave konvencionale të përzgjedhjes së materialeve, ekzistojnë edhe metoda bashkëkohore të cilat bëhen me ndihmën e kompjuterit dhe software-ve të ndryshëm.

Për të thjeshtuar procedurën e analizimit dhe testimi të materialeve janë formuluar libra dhe manuale të ndryshme të cilat tregojnë se si reagojnë materialet në kushte të ndryshme, dhe pastaj duke u bazuar në këto janë krijuar databaza të cilat përmbajnë të gjitha shënimet e duhura për materialet. Bazuar në hulumtimet në internet disa nga databazat që përmbajnë shënime për materialet janë *CES material and processes selection software*, *matmatch* etj.

---

<sup>10</sup> Finite Element Analysis është simulim i fenomeneve fizike. Kjo teknikë përdoret për të reduktuar numrin e eksperimenteve dhe për optimizimin e komponenteve në fazën e dizajnit për zhvillimin e produkteve më cilësore.

Po ashtu industritë e ndryshme kanë databaza-t e veta për ruajtjen e shënimeve për materialet që i përdorin për shënimet e tyre.

Në figurën më poshtë është treguar një databazë e thjeshtë e krijuar me programin *Microsoft SQL server*.

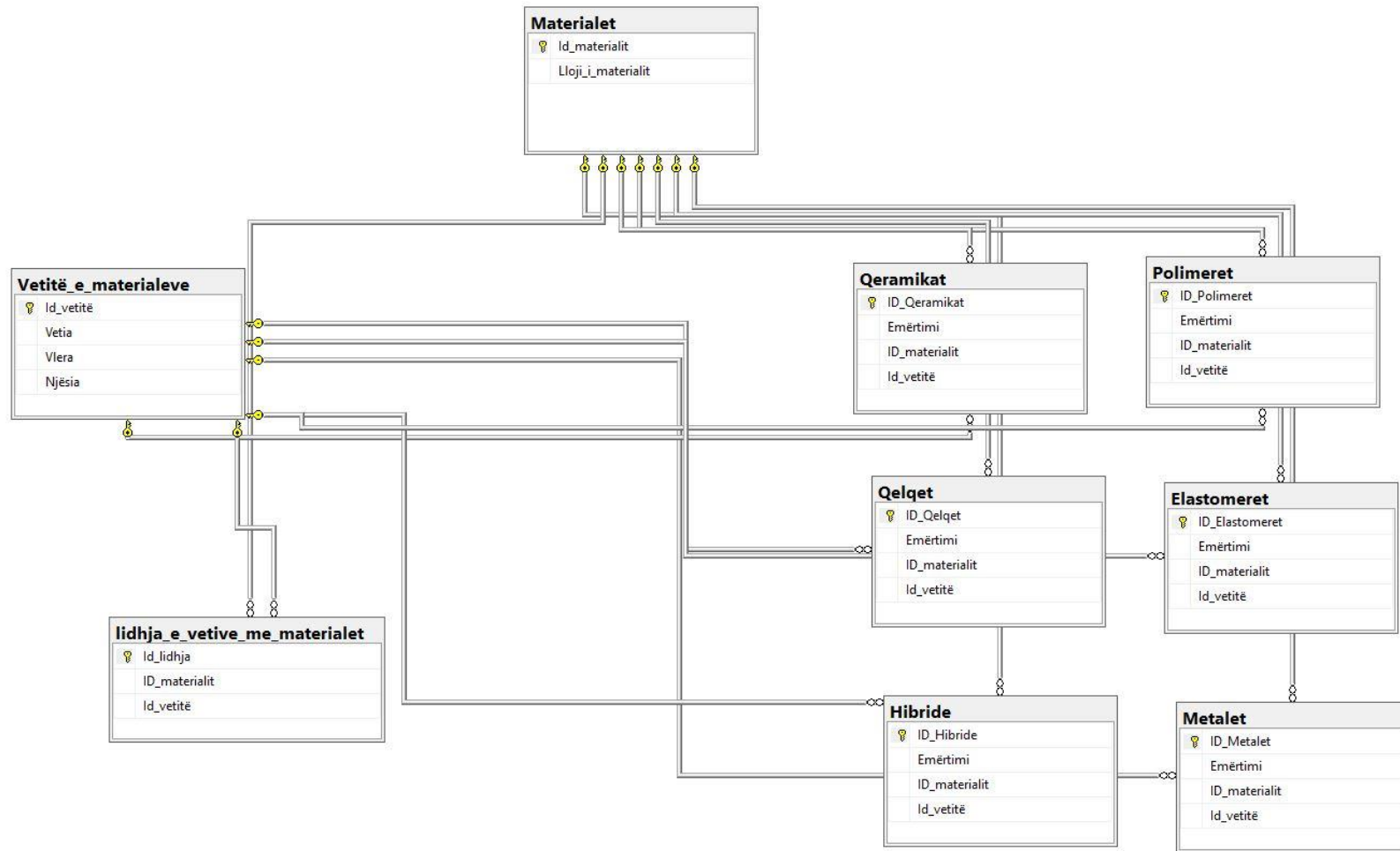


Figura 3.6. Ndërlidhja e materialeve me vetitë e tyre, duke shfrytëzuar programin Microsoft SQL Server

## 4. MATERIALET KOMPOZITE

Fjala kompozit vjen nga fjala latine *compositum-e kombinuar*.

Materialet kompozite janë kombinim i dy ose më shumë materialeve të tjera të cilat formojnë një material të ri me veti unike. Pra në përbërje të kompozitit mund të ketë metale, polimere, qeramika etj. Materialet kompozite përfitohen nga kombinimi i vetive më të mira të materialeve përbërëse ashtu që materiali i përfituar posedon veti të reja shumë më të mira sesa vetitë e materialeve përbërëse. Për dallim nga legurat e metaleve materialet kompozite i ruajnë vetitë e tyre fizike dhe kimike.

Si rezultat materialet kompozite janë të qëndrueshme, kanë ngurtësi të lartë dhe dendësi të ulët krahasuar me materialin bazë dhe në këtë formë mundësojnë reduktimin e peshës së produktit final.

Materialet kompozite kanë qenë të pranishme dhe të përdorshme që në kohët e lashta. Mirëpo përdorimi i tyre në industri ka filluar diku në vitet 1960-ta, ku fillimisht janë përdorur kompozitet me bazë polimere. Dhe që atëherë këto materiale kanë gjetur përdorim të gjerë si në industrinë automobilistike, aviacionit, në produkte për përdorim në masë, në marinë, rafineri të naftës etj.

Ideja për krijimin e materialeve kompozite ka ardhur nga natyra, duke analizuar drunjët të cilët përbëhen nga fibrat e celulozës të cilat përforcohen nga materiali i ngurtë i quajtur linjin, po ashtu edhe eshtrat janë materiale kompozite që përbëhen nga indet kockore që janë të forta dhe nga proteinat (kolagjen) që janë elastike, guacka e kërmillit është material kompozit dhe është kompozit më i fortë sesa secili nga kompozitet e krijuara nga njeriu. Po ashtu në Indi, Greqi dhe vende të tjera në kohët e mëhershme janë krijuar vendbanime me bazë të materialeve kompozite natyrore, me përzierjen e fijeve të kashtës ose lëvoreve dhe baltës, këto janë bërë me qëllim të përmirësimit të performancës.

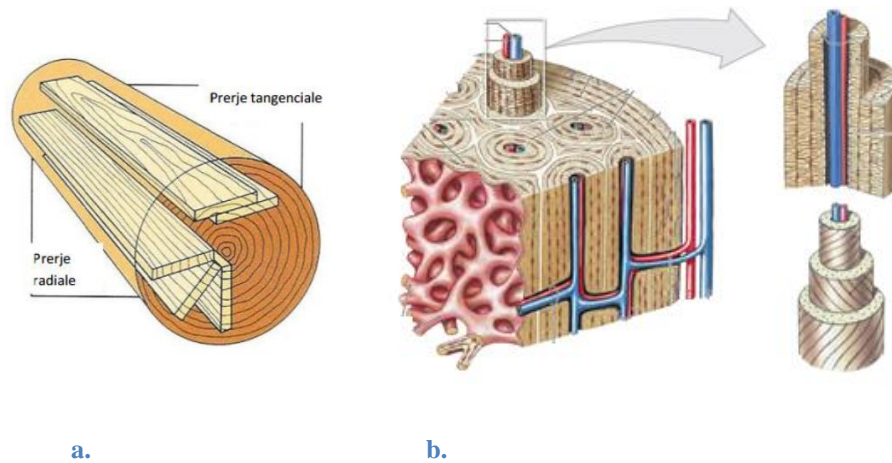


Figura 4.1. Materialet kompozite natyrore; a.Druri dhe b. Kocka [1]

Materialet kompozite më të përdorshme janë ato të cilat në përbërjen e tyre përmbajnë fibra dhe matricën.

Pra zakonisht përbëhen nga dy faza:

- b. Faza Matricë, e cila është uniforme dhe e rrethon fazën tjetër, dhe
- c. Faza e shpërndarë, e cila është pjesë përforcuese.

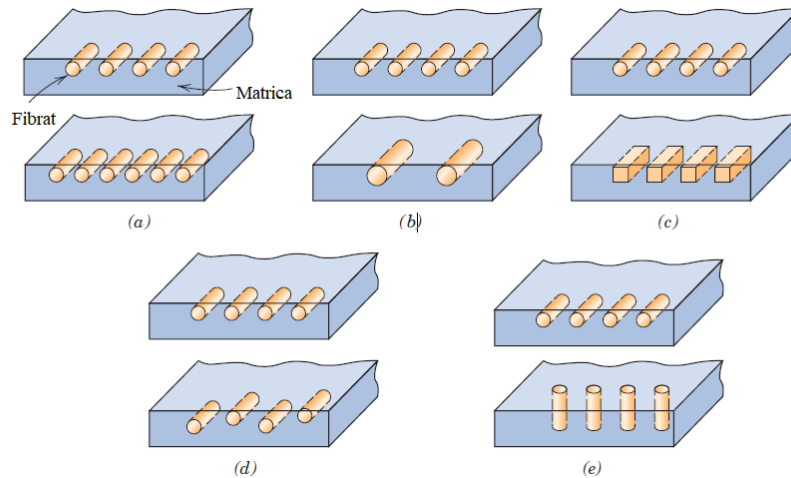


Figura 4.2. Paraqitje skematike e karakteristikave të ndryshme gjeometrike dhe hapsinore që mund të ndikojnë në vetitë e kompoziteve. (a) përqëndrimi, (b) përmasat, (c) forma, (d) shpërndarja dhe (e) orientimi [4] [10]

Faza e përforcimit mund të jetë nga fibrat ose grimcat ndërsa faza matricë mund të jetë nga materialet polimere, metale apo qeramika. Vetitë e kompozitit janë funksion i vetive të fazës matricë, sasisë relative dhe gjeometrisë së fazës së shpërndarë, këtu përfshihet forma e grimcave, madhësia, shpërndarja, orientimi etj.

## 4.2. Funksioni i fibrave

Fibrat janë të përbëra nga filamentet, ku secili filament ka diametër afërsisht 5 deri 15 mikrometer. Në kompozit fibrat paraqesin materialin e fortë që i bart ngarkesat ato përdoren në kompozite për shkak se kanë peshë të vogël, janë të forta dhe të ngurta. Për shkak se ato janë në numër të madh tek një material, fibrat nuk kanë një vlerë të vetme të fortësisë por kanë fortësi individuale të fibrave, e cila e ndjek shpërndarjen e Weibull<sup>11</sup>, probabiliteti kumulativ që fibra të dështon me sforcim më të vogël ose të barabartë me  $\sigma$  ipet me[11]:

$$F(\sigma) = 1 - e^{-\left(\frac{\sigma}{\lambda}\right)^m}$$

$\lambda$  – parametri i shkallës,

$m$  – Parametri i formës, i njohur edhe si sforcimi karakteristik dhe moduli i Weibullit (Kontrollon se sa i shpërndarë është sforcimi).

Fibrat mund të jenë në dy forma:

- Fibra të shkurta me gjatësi disa centimetra ose fraksione milimetrike,
- Fibrat e gjata të cilat prehen gjatë kohës së prodhimit të kompoziteve.

Fibrat zakonisht janë nga materialet:

- Qelqi,
- Aramid ose Kevlar (shumë të lehta)
- Karboni (Modul të lartë dhe qëndrueshmëri të lartë)
- Boroni (Modul të lartë dhe qëndrueshmëri të lartë)
- Karbidet e silikonit (rezistente në temperatura të larta).

---

<sup>11</sup> Paraqet shpërndarjen e probabilitetit të vazhdueshëm



Funksioni kryesorë i fibrave është të mbajnë peshën, ku në një kompozit struktural 70-90% e peshës mbahet nga fibrat. Fibrat sigurojnë ngurtësi, forcë, qëndrueshmëri termike dhe strukturore, mundësojnë përçimin apo izolimin nga elektriciteti e shumë veti të tjera për kompozitet. Fibrat janë gjetur edhe në natyrë si p.sh rrjeta e marimangës e cila është studiuar dhe në bazë të studimeve është konkluduar se është më e fortë dhe qëndrueshme sesa fibrat sintetike.

Klasifikimi i kompoziteve bëhet varësisht nga lloji i fibrave të përdorura.

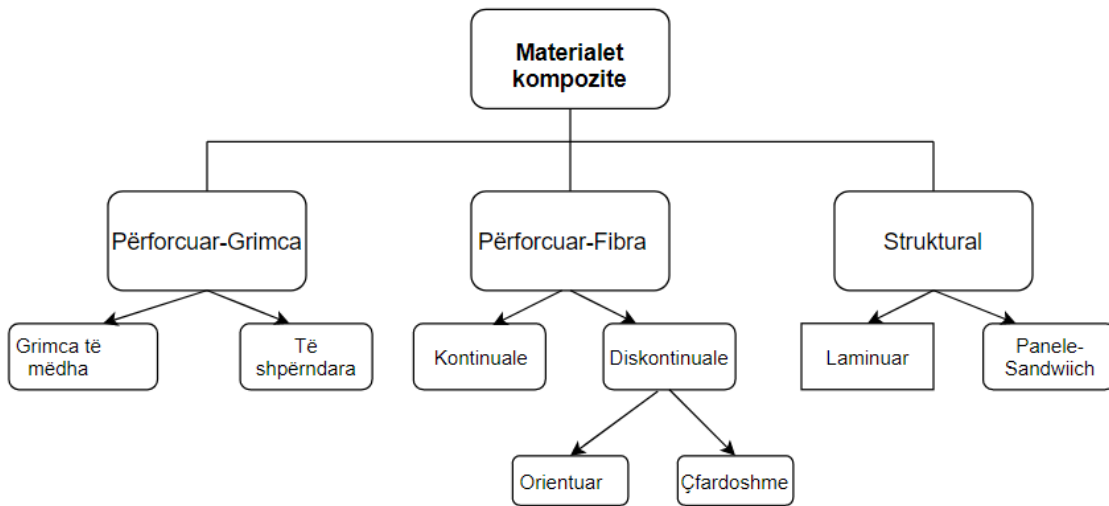


Figura 4.3. Klasifikimi i llojeve të ndryshme të materialeve kompozite [4][10]

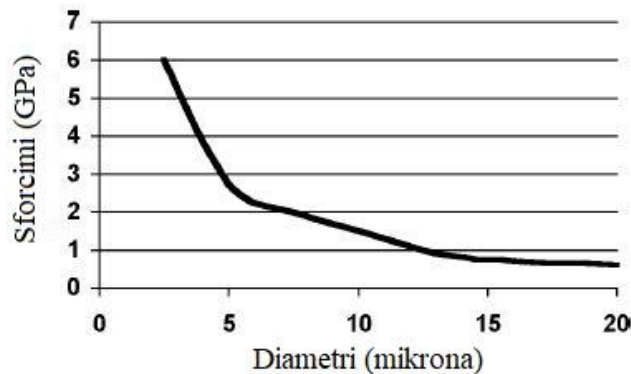


Figura 4.4. Raporti në mes të diametrit të fibrave dhe sforcimit (me zvogëlimin e diametrit rritet sforcimi i fibrave)[12]

Më së shumti rëndësi ka shpërndarja e fibrave, për shkak se fibrat e bartin ngarkesën dhe sforcim më të madh kanë fibrat në përgjatë aksit të tyre. Prandaj varësisht nga lloji i aplikimit të materialit kompozit dhe metodës së prodhimit përzgjidhet forma e fibrave. Për aplikim strukturor përdoren fibrat e gjata ose të vazhdueshme, për aplikim jo-strukturor përdoren fibrat e shkurtra. Injektimi dhe ndrydhja përdorin fibrat e shkurtra ndërsa pultrusioni, mbështjellja përdorin fibrat e vazhdueshme.

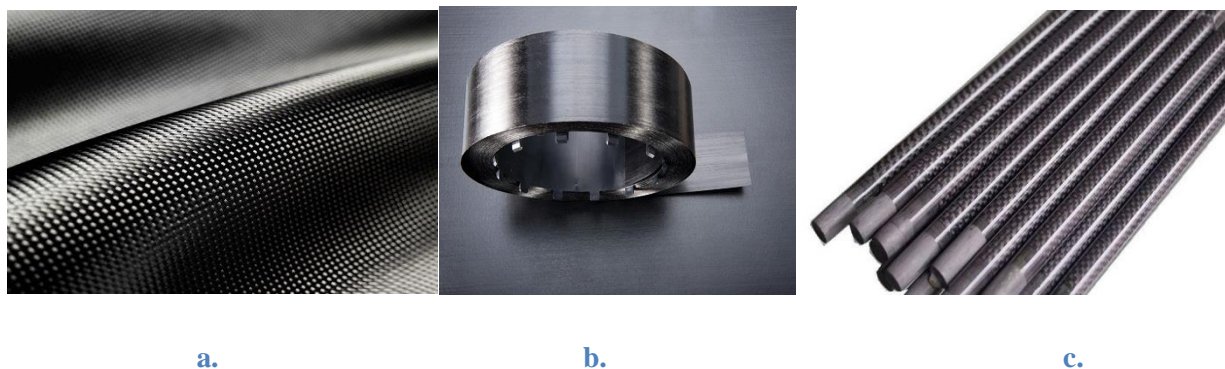
Ka një llojllojshmëri të fibrave të cilat përdoren për materialet kompozite si: fibrat e karbonit, fibrat e qelqit, fibrat organike ku më të përdorurat janë fibrat e aramidit, fibrat metalike, fibrat natyrore ku bëjnë pjesë mbetjet e ndryshme bimore etj.

#### **4.2.1. Fibrat e karbonit**

Fibrat e karbonit ose siç njihen ndryshe fibrat e grafitit janë fibra me diametër 5-10 mikrometra të cilat kanë kryesisht atome të karbonit të lidhura mes veti ashtu që formojnë zinxhir ose varg. Këto fibra janë shumë të njohura për përparësitë që ofrojnë si pesha e ulët, rezistenca kimike, toleranca në temperatura të larta dhe të ulëta, sforcim të lartë, ngurtësi të lartë, përçueshmëria e mirë e elektricitetit, janë rezistente ndaj lodhjes e shumë të tjera. Për shkak të këtyre përparësive fibrat e karbonit përdoren në industrinë automobilistike, aerospace, inxhinieri të ndërtimit, ushtri, në mjete sportive etj. Vetitë mekanike të fibrave të karbonit janë të varura nga konfiguracioni atomik i zinxhirëve të karbonit dhe lidhjet e tyre, fortësia e fibrave të karbonit kontrollohet nga orientimi i strukturës atomike të karbonit.

Po ashtu fibrat e karbonit janë më ekologjike për shkak se kanë qëndrueshmëri të lartë dhe reduktojnë carbon footprint, fibrat e karbonit po ashtu përdoren edhe në implante të ndryshme për shkak se karboni nuk është i dëmshëm dhe është i pranueshëm për organizmin e njeriut.

Kompozitet me fibra të karbonit mund të kenë matricë polimere, epoksi, termoplastike etj.



**Figura 4.5. Kompozitet me fibra të karbonit; a. matrica polimere; b. matrica termoplastike; c. matrica epoksi [13]**

Për shkak të vetive shumë të mira kompozitet me fibra karboni ofrojnë përparësi të shumëta në zëvendësimin e çelikut dhe aluminit, kjo për shkak se këto kompozite ofrojnë fortësi të lartë por me peshë shumë më të ulët në krahasim me çelikun ose aluminin. Fibrat e karbonit kanë performancë më të mirë sesa fibrat e qelqit apo aramidit, janë po ashtu më të lehta mirëpo më të shtrenjta (afërsisht 50% janë më të shtrenjta produktet me fibra të karbonit sesa ato me fibrat e qelqit), që e bën përdorimin e tyre më të kufizuar.

Pra përkundër këtyre vetive materialet kompozite me fibra të karbonit kanë përdorim të limituar për shkak të çmimit shumë të lartë, pra përdorimi i këtij materiali vjen si mundësi vetëm atëherë kur kosto e produktit arsyetohet me reduktimin e madh të peshës, temperaturës së lartë të operimit, përmirësimi i vetive mekanike të produkteve, përmirësimi i lodhjes së materialit etj. Po ashtu reduktimi i koston mund të bëhet me integrimin e pjesëve në një tërësi ashtu që të reduktohet kosto e dizajnit, e prodhimit të produktit, e mirëmbajtjes, e instalimit etj. Mirëpo prap se prap përdorimi është i kufizuar sepse arsyetimi i koston së lartë është mjaft i vështirë duke e krahasuar me koston e materialeve konvencionale si çeliku ose alumini.

Përdorimin më të madh këto fibra e kanë në aerospace ashtu që të ketë reduktime esenciale të peshës, duke mundësuar prodhimin e tankut më të lehtë i cili mund të ngarkohet me lëndë djegëse më shumë për shkak se pesha totale e raketave apo ndonjë mjeti tjetër në gjithësi është shumë me e lehtë, e kjo mundëson edhe udhëtimin në distanca më të mëdha.

Po ashtu këto fibra më shumë përdoren për krijimin e produkteve të reja me performanca ndryshe nga ato të zakonshmet, ose për të arritur përmbushjen e misioneve që ma herët ka qenë e pamundshme të arrihen, sesa për zëvendësimin e materialeve në produktet e ndryshme.

Përveç koston dobësi tjetër e materialeve kompozite është rezistenca e ulët ndaj shokut, dhe rezistenca kimike nga prezenca e oksigjenit në temperatura shumë të larta etj.

#### 4.2.1.1. CNTs

Përdorimi i fibrave të karbonit dhe dëshira e inxhinierëve për të përmirësuar vazhdimisht vetitë e materialeve ka mundësuar zbulimin e fibrave të reja të njohura si Nanotubat e karbonit (Carbon Nanotubes) CNTs, një nga materialet më të jashtëzakonshme të zbuluara ndonjëherë.

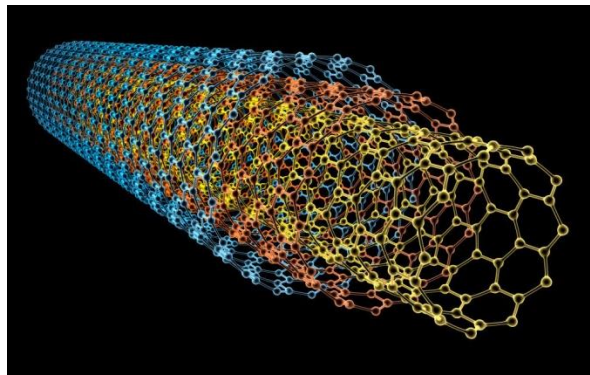


Figura 4.6. CNTs [13]

Atomet e karbonit tek CNT janë të vendosura në strukturë atomike cilindrike me diameter 1nm dhe gjatësi 1 $\mu$ m, me orientim të lidhjeve të karbonit përgjatë aksit të cilindrit. Për shkak të strukturës superior defektet që janë paraqitur tek materialet e tjera eliminohen.

Përparësitë e këtyre fibrave janë: fortësia dhe ngurtësia më e lartë nga të gjitha llojet e fibrave, moduli rreth 1000 GPa, e transferojnë nxehtësinë shumë mirë, dhe veti të mira elektrike.

Janë dy forma strukturore të nanotubave të karbonit Single-walled (SWNT) dhe Multi-walled (MWNT).

Mirëpo çmimi i këtyre fibrave është shumë i lartë që e bën përdorimin e tyre të kufizuar e veçanarisht për aplikim industrial. Përdorimi i tyre është ende duke u shqyrtuar për shkak të

mungesës së informacioneve në lidhje me aplikimin e tyre. Por padyshim këto do jenë materialet e së ardhmes për shkak të vetive superior.

#### 4.2.2. Fibrat e qelqit

Këto fibra si material bazë e kanë silika ( $\text{SiO}_2$ ), këto fibra kanë shumë veti të mira që i bëjnë ato mjaft të shfrytëzueshme në fusha të ndryshme. Këto fibra kanë fortësi të lartë, janë transparente, rezistente ndaj ndikimeve kimike, kanë stabilitet, janë fleksibile dhe të ngurta dhe kanë çmim të ulët. Këto fibra përdoren në prodhimin e kompoziteve strukturorë, qarqeve dhe në produkte tjera për qëllime të ndryshme. Me kontrollimin e përmbajtjes kimike mund të fitohen lloje të ndryshme të fibrave të qelqit për përdorime të ndryshme. Për shkak të llojllojshmërisë, koston së ulët dhe vetive të mira këto janë fibrat me të përdorura për qëllime industriale. Janë dy lloje të fibrave të qelqit: fibrat për përdorim të përgjithshëm me kosto të ulët (bën pjesë E-glass) dhe fibrat për qëllime specifike (bëjnë pjesë S-glass, D-glass, A-glass, ECR-glass)<sup>12</sup> etj.

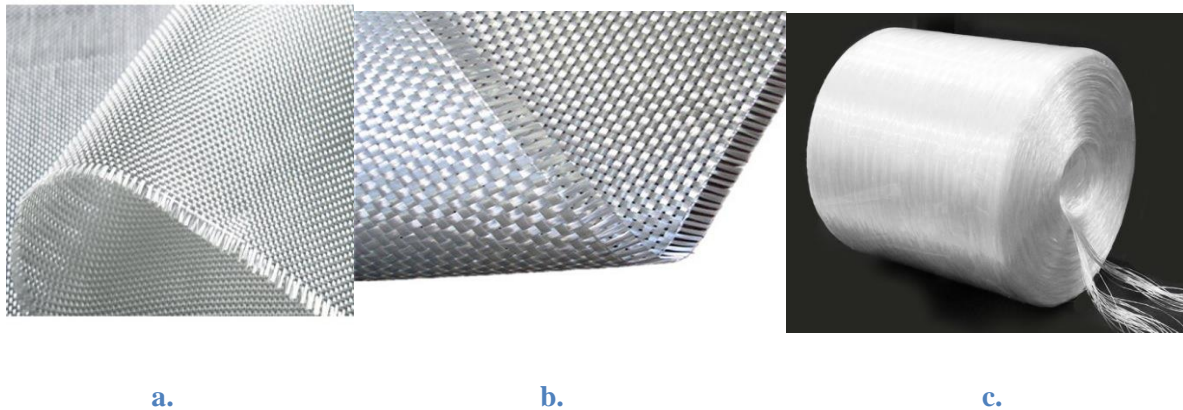


Figura 4.7. Fibrat e qelqit; a. E-glass, b. S-glass dhe c. ECR-glass<sup>13</sup>

#### 4.2.3. Fibrat e aramidit

Fibrat e aramidit paraqesin një seri polimerësh sintetik, në të cilët njësitë përsëritëse përmbajnë unaza të mëdha fenile të cilat janë të lidhura me grupet amide. Fibrat aramide është shkurtës për Aromatic Polyamide Fiber. Këto fibra kanë veti mekanike 5-10% më të larta krahasuar me fibrat

<sup>12</sup> E-glass, d.m.th E-elektrike  
S-glass, d.m.th S-sforcim,  
C-glass, d.m.th C-korrozion,  
A-glass, d.m.th A-rezistent në alkaline

<sup>13</sup> [https://www.123rf.com/photo\\_65108037\\_white-glass-fiber-composite-raw-material-background.html](https://www.123rf.com/photo_65108037_white-glass-fiber-composite-raw-material-background.html)

sintetike si dhe i ruajnë këto veti edhe në temperatura të larta dhe janë rezistente ndaj flakës, po ashtu janë rezistente ndaj absorbimit që i bën shumë të përdorshme për mbrojtje ndaj goditjeve, nuk janë përçues, janë rezistente nga disa tretës organik dhe kripa, ndërsa nga veprimi i acideve të forta mund të shkaktohet humbje e sforcimit. Kur këto fibra janë të ekspozuara në rrezatim UV kjo shkakton ndryshime në ngjyrë dhe në humbje të sforcimit. Këto fibra formojnë kompozite kur bashkohen me matricat, matrica mund të jetë epoksi, polimere etj.

Këto fibra gjejnë përdorim në industrinë automobilistike, marinës dhe aviacionit.

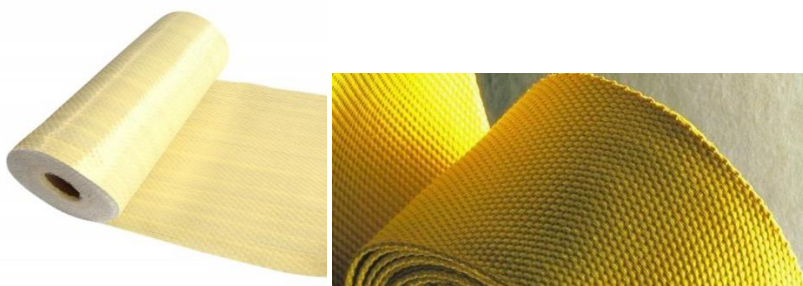


Figura 4.8. Fibrat e aramidit<sup>14</sup>

### 4.3. Funkzioni i matricës

Matrica kryen disa funksione në strukturën e kompozitit, shumica e të cilave kanë rëndësi vitale për funksionimin e strukturës. Matrica mbështjell fibrat duke i ofruar fibrave një mbështetje, si dhe mundëson transferimin e ngarkesave tek fibrat, pasi që siç dihet materiali i matricës është i dobët. Po ashtu matrica izolon fibrat nga njëra tjetra ashtu që secila fibër në veçanti kryen funksionin e saj, kjo mundëson qëndrueshmëri më të lartë të strukturës duke e pamundësuar ose ngadalsuar thyerjen e fibrave. Me materiale kompozite që përbëhen nga dy faza arrihet prodhimi i produkteve net-shape<sup>15</sup> ose near net-shape<sup>16</sup>, dhe kjo arrihet vetëm për shkak të prezencës së matricës.

Ajo mbrojt fibrat nga reaksionet kimike dhe dëmtimet mekanike. Varësisht nga lloji i materialit matricë që përdoret varen edhe karakteristikat e performancës si duktiliteti, forca e

<sup>14</sup><https://www.craftechind.com/a-special-highlight-on-basalt-and-aramid-fiber-reinforced-plastic/>

<sup>15</sup> Net-shape nënkupton ato produkte të cilat prodhohen me vetëm një proces prodhues.

<sup>16</sup> Near net-shape nënkupton prodhimin e produkteve në formën afërsisht përfundimtare ku nevojitet vetëm ndonjë proces shtesë si p.sh ngjyrosja.

veprimet, rezistenca kimike, rezistenca ndaj abrazionit, përshtatshmëria ndaj motit, temperatura e operimit etj.

Materialet e matricës mund të jenë polimerët, metalet, qeramikat, por më të përdorshmet janë materialet polimere për shkak të lehtësisë së prodhimit edhe të pjesëve më të komplikuar dhe kostos së ulët. Matrica polimere për materialet kompozite (PMC-mer Materix Composites) mund të jetë termotur ose termoplastikë.

**Tabela 4.1. Vetitë mekanike të disa llojeve të kompoziteve [14]**

Kompozitet	Moduli i Young (GPa)	Sforcimi në zgjatim (MPa)	Dendësi (kg/m <sup>3</sup> )
Kompozitet njëdrejtimshë grafit/epoksi	181	1500	1600
Kompozitet njëdrejtimshë qelq/epoksi	38.60	1062	1800
[0.90] grafit/epoksi	95.98	373.0	1600
[0.90] qelq/epoksi	23.58	88.25	1800
Tekstil 2D “Taffetas” karbon/epoksi	59.4	515.05	1500
Tekstil 3D “interlock”	49.02	672	1400
Tekstil 3D “ortogonal”	57.5	770	1500

#### 4.3.1. Matrica termodure

Polimeret termodure janë materiale polimere të cilat mundën vetëm një herë të formësohen dhe mbesin në atë formë, për shkak se nuk mund të shkrihen apo ripërpunohen. Kompozitet të cilët kanë matricën me materiale polimere termodure kanë veti mekanike shumë të mira, janë të forta dhe kanë qëndrueshmëri të lartë ndaj lodhjes, rezistencë në temperatura të larta. Pra kompozitet me matricë termodure janë shumë të vështira që të riciklohen për shkak të fortësisë së lartë dhe pamundësisë për ripërpunim. Termoduret prodhohen më lehtë dhe me çmim më të ulët.

Matricat termodure më të zakonshme janë: poliesteri, ester vinyl, epoksi dhe fenolike [11].

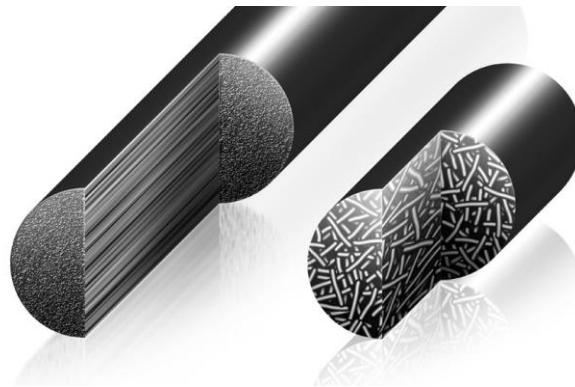
#### 4.3.2. Matricat termoplastike

Me polimere termoplastike nënkuptojmë ato polimere të cilat nuk pësojnë ndryshime kimike gjatë procesimit. Këto materiale për dallim nga termodure mund të formësohen, shkrihen ose

rishkrihen dhe njëkohësisht i ruajnë vetitë e tyre fizike, kur i nënshtrohen temperaturave të larta bëhen të lakueshëm dhe e ruajnë atë formë kur kthehen në temperaturë normale.

Kompozitet me matricë termoplastike janë të forta, më pak të brishta sesa termoduret, me rezistencë të lartë ndaj ndikimit dhe tolerancë ndaj dëmtimeve. Këto materiale janë të riciklueshme, shumë të lehta për riparim, për shkak që mund të shkrihen dhe ripërpunohen.

Procesi i prodhimit të kompoziteve me matricë termoplastike është më i kushtueshëm për shkak të energjisë së lartë që nevojitet për shkak të temperaturës dhe presionit të lartë që duhet për të shkrirë termoplastikën dhe të bashkuar atë me fibrat. Këto kompozite janë më pak të dendura dhe për këtë arsye gjejnë përdorim në produktet që kërkohet peshë e vogël.



**Figura 4.9. Kompozitet me matricë termoplastike me fibra të gjata (ana e majtë) dhe të shkurtra (ana e djathtë).**

#### **4.3.3. Matricat e biodegradueshme**

Këto janë materiale polimere të cilat mund të degradohen totalisht kur i ekspozohen mikroorganizmave, dioksidit të karbonit (proceset aerobike), metan (proceset anaerobik) dhe ujë (proceset aerobike dhe anaerobik). Pra kanë ndikime shumë të vogla në ambient për shkak të asgjësimit ose degradimit.

Varësisht nga proceset e sintezës këto polimere mund të klasifikohen në [11]:

- Polimeret biomasë
- Mikroorganizmat
- Bioteknologji dhe



- Petrokimike.

Polimeret bimasë, mikroorganizmat dhe bioteknologji, janë me bazë bimore, dhe për këtë arsye përdorimi i tyre ka filluar të rritet mirëpo kostoja e lartë e kufizon përdorimin në masë të madhe.

#### 4.4. Përparësitë e materialeve kompozite

Përdorimi në masë të madhe i materialeve kompozite është bërë duke u mbështetur në përparësitë që këto materiale ofrojnë në krahasim me materialet e tjera. Përdorimi i tyre kryesisht është i bazuar në prodhimin e produkteve me peshë të vogël dhe me performancë të lartë.

Përparësitë kryesore të materialeve kompozite në krahasim me materialet e tjera janë [6]:

- a. Materialet kompozite mundësojnë bashkimin ose integrimin e pjesëve përbërëse. Pra disa komponente mund të zëvendësohen me një tërësi.
- b. Strukturat e kompoziteve mundësojnë vendosjen e sensorëve dhe të ofrojnë monitorimin online të strukturës. Kjo përdoret shumë në industrinë e aviacionit për të detektuar lodhjen e strukturave ashtu që ato pjesë të zëvendësohen me strukturat e tjera. Këto njihen ndryshe si materiale të mençura.
- c. Materialet kompozite kanë ngurtësi specifike të lartë.
- d. Kanë forcë specifike shumë të lartë. Falë kësaj automjetet dhe airoplanët lëvizin më shpejtë dhe më kursim të lartë të lëndë djegëse. Kjo forcë specifike është 3 deri 5 herë më e madhe se lidhjeve të çelikut dhe aluminit. Për shkak të ngurtësisë specifike dhe forcës specifike të lartë materialet kompozite janë shumë më të lehta në krahasim me materialet e tjera të ngjashme.
- e. Materialet kompozite janë më rezistente ndaj lodhjes, ku kompozitet me fije karboni një drejtimshe ose të epoksit kanë forcë ndaj lodhjes deri në 90% të forcës statike të tyre. Gjersa lidhjet e aluminit ose çelikut kanë forcë ndaj lodhjes deri në 50% të forcës së tyre statike.
- f. Po ashtu materialet kompozite janë rezistente ndaj korrozionit dhe mjediseve kimikisht reaktive. Kjo veti e kompoziteve mundësohet nga matrica polimere e cila ofron rezistencë kimike dhe ndaj korrozionit.
- g. Materialet kompozite mundësojnë rritje të fleksibilitetit në dizajn dhe stabilitet dimensional.

- h. Me anë të materialeve kompoziteve mundësohet prodhimi i produkteve net-shape ose near-net shape.
- i. Pjesët komplekse, konturat special, të cilat nuk mund të arrihen me metale, mund të prodhohen me materiale kompozite pa saldim.
- j. Materialet kompozite mundësojnë aplikimin e metodave DFM dhe DFA<sup>17</sup>
- k. Kompozitet kanë veti të mira të ndikimit (impact properties<sup>18</sup>). Në figurën e mëposhtme vërehet që materialet kompozite e kanë aftësi më të madhe të absorbimit të goditjeve. Janë përdorur materialet kompozite me fibra njëdrejtimëshe me rreth 60% të vëllimit me fibra.

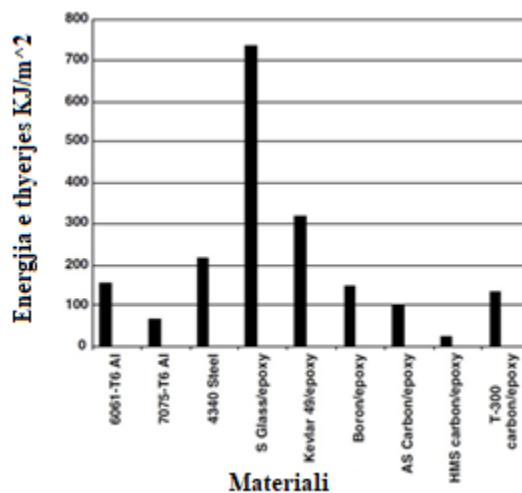


Figura 4.10. Energjia e thyerjes për disa materiale inxhinierike [6]

- l. Karakteristikat e zërit, vibracionet dhe ashpërsia janë më të mira për materialet kompozite sesa për metalet. Pra materialet kompozite më mirë i shuajnë vibrimet sesa metalet.
- m. Kompozitet mundësojnë prodhimin e pjesëve në mënyrë më të thjeshtë kjo duke e ndërruar orientimin e fibrave, llojin e fibrave ose matricën, e me anë të kësaj kur shfrytëzohen edhe teknikat më të mira për dizajnim dhe prodhim arrihet prodhimi i

<sup>17</sup> DFM-Design for manufacturing

DFA- Design for Assembly

<sup>18</sup> impact properties nënkupton rezistencën e një materialit ndaj thyerjeve kur ai i nënshtrohet goditjeve, shprehet në sasinë e energjisë të absorbuar para thyerjes.

pjesëve në mënyrë kosto-efektive. Po ashtu kosto e prodhimit të kompoziteve është më e ulët për shkak se nevojitet temperaturë dhe presion më i ulët.

- n. Përveç këtyre përparësive materialet kompozite po ashtu janë ekologjike, nuk përmbajnë toksina dhe mund të riciklohen.

**Tabela 4.2. Vetitë mekanike të disa fibrave dhe metaleve [14]**

Materiali	Moduli i Young (Gpa)	Moduli i thyerjes (shear) (Gpa)	Raporti aksial i Poisson-it <sup>19</sup>	Sforcimi në zgjatim (Mpa)	Zgjatimi deri në shkëputje <sup>20</sup> (%)	Dendësi (kg/m <sup>3</sup> )
Fibrat të karbonit HT-T300	230	23	0.23	3530	1.5	1750
Fibrat të karbonit iM-T800	294	23	0.23	5586	1.9	1800
Fibrat të karbonit HM	385	20	0.23	3630	0.4	2170
E-glass fibrat e qelqit	72	27.7	0.3	3450	4.7	2580
S-glass Fibrat	87	33.5	0.3	4710	5.6	2460
Fibrat kevlar 49	124	5	0.3	3850	2.8	1440
Çeliku	206	81	0.27	648	4	7800
Allumini	69	25.6	0.35	234	3.5	2600

#### 4.5. Te metat e materialeve kompozite

Krahas përparësive të shumëta që i kanë materialet kompozite në raport me materialet e tjera, janë edhe disa të meta:

- a. Kosto e materialeve kompozite është shumë e lartë (ku është afërsisht 5 deri 20 herë më e lartë në krahasim me çelikun dhe aluminin, bazuar në peshë) [6].
- b. Ka mangësi në literaturë, në doracakë për vetitë dhe mënyrat e përpunimit të materialeve kompozite, e kështu kufizohet përdorimi i tyre në masë të madhe për shkak të mungesës së të dhënave.

<sup>19</sup>Raporti i Poisson është raporti i zgjerimit përgjatë një boshti në tkurrje në raport me boshtin e kundërt, kur një material i nënshtrohet forcave tërheqëse ose kompresive.

<sup>20</sup> Zgjatimi deri në shkëputje nënkupton se sa shumë mund të zgjatet një kampion i një materiali deri në shkëputje.

- c. Rezistenca e temperaturës së pjesëve kompozite varet nga rezistenca e temperaturës së materialit të matricës, dhe shumica e materialeve kompozite përdorin si matricë materialet polimere të cilat kanë rezistencë të ulët të temperaturës. Temperatura mesatare e punës së materialeve kompozite është -40 deri 100°C. Kufiri i epërm i temperaturës mund të arrihet deri +150 deri +200°C për materialet plastike si epoksi, bismaleimides, and PEEK<sup>21</sup>.

**Tabela 4.3. Rangu i temperaturës punuese për disa lloje të termodurëve dhe termoplastikave [6]**

<b>Materialet</b>	<b>Temperatura e punës (°C)</b>
<b>Termoduret</b>	
Vinylester	60-150
Poliesteri	60-150
Bekelit	70-150
Epoksi	80-215
Esteret cianike	150-250
Bismal	230-320
<b>Termoplastikat</b>	
Polietileni	50-80
Polipropileni	50-75
Acetal	70-95
Najlon	75-100
Poliesteri	70-120
PPS (Polyphenylene sulfide)	120-220
PEEK	120-250
Teflon	200-260

- d. Vetitë e tjera si rezistenca kimike, rezistenca në tretës, qëndrueshmëria nga thyerja varen nga matrica, dhe shumica e matricave janë me bazë polimere e kështu jo të gjitha kanë qëndrueshmëri të lartë që t'i përballojnë ngarkesat.
- e. Materialet kompozite absorbojnë lagështinë, e cila ndikon në vetitë dhe stabilitetin dimensional të kompozitit.

#### **4.6. Procesi i prodhimit të materialeve kompozite**

Për prodhimin e materialeve kompozite përveç vetive të tyre që merren parasysh para përdorimit, rëndësi fundamentale ka edhe procesi i prodhimit të tyre, e kjo rrjedh për shkak të rëndësisë së

<sup>21</sup>Polyether ether ketone.

kostos së prodhimit, vëllimit të prodhimit dhe saktësisë së procesit prodhues për formësimin e dizajnit të strukturës.

Procesi i prodhimit të materialeve kompozite ndikohet nga faktorë të ndryshëm, ndikimin kryesorë e kanë fibrat dhe lloji i matricës që përdoret, pastaj ndikim ka temperatura e cila duhet të përdoret për formësimin e pjesës dhe integrimin e fibrave në matricë. Arsyeja pse procesi i prodhimit ka kaq shumë ndikim është për shkak të kufizimeve në dizajn që përcaktohen nga procesi, për këtë duhet të analizohen mirë kufizimet, përparësitë, kosto, shkalla e prodhimi, kualiteti dhe performanca e produktit përfundimtar etj.

Prodhimi i materialeve kompozite me matricë polimere kalon nëpër këto faza [11]:

1. Vendosja e fibrave në orientimin e duhur,
2. Ngopja (impregnimi) i fibrave me matricë (resin-rrëshirë),
3. Përforcimi i fibrave të impregnuara për të larguar rrëshirën, ajrin dhe substanca të tjera të tepërta,
4. Ngurtësimi i polimerit,
5. Nxjerrja nga kallëpi dhe
6. Operacionet e tjera përfundimtare, si prerja.

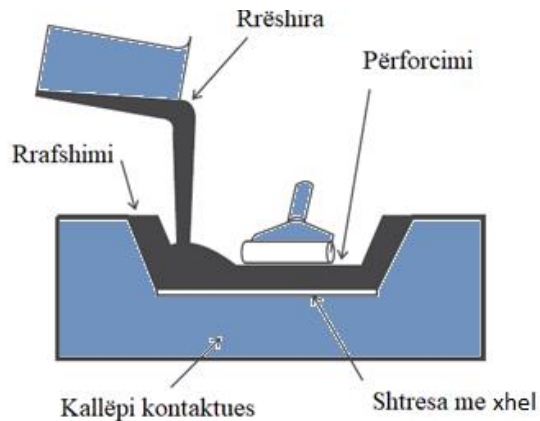
Varësisht nga procesi i prodhimit të matricave të ndryshme ndiqen hapat e lartcekur, mirëpo me procese të ndryshme të prodhimit.

#### **4.6.1. Formësimi me kallëp<sup>22</sup>**

Ky paraqet procesin më të thjeshtë të përfitimit të produkteve me materiale kompozite. Tek ky proces merret kallëpi sipas të cilit do të formësohet produkti dhe i vendoset një shtresë me agjent ose gell e cila mundëson largimin e pjesës në fund të procesit, në anën tjetër përgatitet rrëshira, dhe hidhet në kallëp e shoqëruar me fibrat, vendosen manualisht fibrat ose grimcat e përforcimit në rrëshirë dhe pastaj aplikohet një forcë për rrafshimin, shpërndarjen uniforme të rrëshirës dhe largimin e ajrit. Ky proces përsëritet deri sa fitohet trashësia dhe dendësia e dëshiruar. Në këtë mënyrë përfitohen produkti në kallëp. Shkalla e prodhimit dhe kosto varen nga lloji i matricës dhe fibrave që përdoren, si dhe nga kualiteti i kërkuar.

---

<sup>22</sup> Hand Layup



**Figura 4.11. Formësimi me kallëp [11]**

Ky proces i ka disa përparësitë dhe të meta. Me anë të këtij procesi mundësohet përfitimi i konstruksioneve sandwich, mund të arrihen edhe geometri të komplikuar, kosto e përpunimit është e ulët, pjesët e përfituara mund të arrijnë kualitet shumë të lartë me përpunim të mëtutjeshëm etj. Mirëpo kualiteti i produktit varet nga eksperiencia e punëtorit, ka shkallë të ulët të prodhimit për shkak se kallëpi nuk mund të përdoret pa u pastruar dhe ftohur, vetëm një pjesë e pjesës është e lëmuar etj. Ky proces i përfitimit të pjesëve gjen përdorim në prodhimin e pjesëve të biçikletave, kamionëve, anijeve, gypave, pjesëve, kanaleve, filterat për furra etj.

#### **4.6.2. Formësimi me parangopje**

Formësimi me parangopje (ang. Prepreg Layup) është një metodë për përfitimin e produkteve nga materialet kompozite e cila përdor materialet të cilat fillimisht janë para-ngopur me fibra-përforcim, ku materiali matricë është pjesërisht i trajtuar dhe fortësuar. Dallimi në mes kësaj metode dhe asaj të mëhershme është se tek formësimi me parangopje ngopja e materialit me fibra bëhet para formësimin.

Pra dmth njëherë formohet materiali e pastaj merret kallëpi i cili lyhet me agjent i cili mundëson sipërfaqe të lëmuar, më pas materiali prehet dhe vendoset mbi kallëp gjithandej ashtu që të arrihet forma e dëshiruar, dhe shtypet mirë. Pas secilës shtresë të vendosur duhet të bëhet trajtimi me pajisje për largimin e fluskave të ajrit duke krijuar vakum. Kur vendoset shtresa e fundit dhe

bëhet trajtimi e tërë copa së bashku me kallëp duhet të futen në furrë të kontrolluar ashtu që të arrihet fortësia e dëshiruar dhe të largohen papastërtitë dhe ajri.

Kjo metodë përdoret për përfitimin e produkteve që duhet të kenë performancë të shkëlqyer veçanarisht për industrinë hapësinore dhe për gjeometritë e ndryshme që janë të komplikuar.

Përparësi të kësaj metode janë përmbajtja shumë e lartë e fibrave në vëllim, shpërndarja e njëtrajtshme e fibrave, procesi i prodhimit është mjaft i thjeshtë etj. Ndërsa mangësi është kosto e rritur e materialit, pajisjet më të shtrenjta etj [11].

#### 4.6.3. Formësimi me ngjeshje

Formësimi me ngjeshje (ang. Compression molding) është proces mjaft i thjeshtë dhe shumë i përdorur, për shkak të përparësive që ka si kosto e ulët e mjeteve që duhet për të përfituar produktin, redukton madje edhe eliminon humbjen e materialit fillestar, redukton nevojën për përpunim dytësorë dhe është shumë i lehtë. Ky proces përbëhet nga dy kallëpe i poshtëm dhe i epërm, në kallëpin e poshtëm vendoset një sasi e mjaftueshme e matricës dhe fibrave, pastaj nën veprimin e presionit të lartë dhe temperaturës relativisht të lartë kallëpi i epërm vepron mbi kallëpin e poshtëm dhe mbi masën kompozite deri sa të arrihet forma e dëshiruar dhe të largohen flusta e ajrit, pastaj copa e përfituar largohet nga kallëpi dhe përpunohet më tutje.

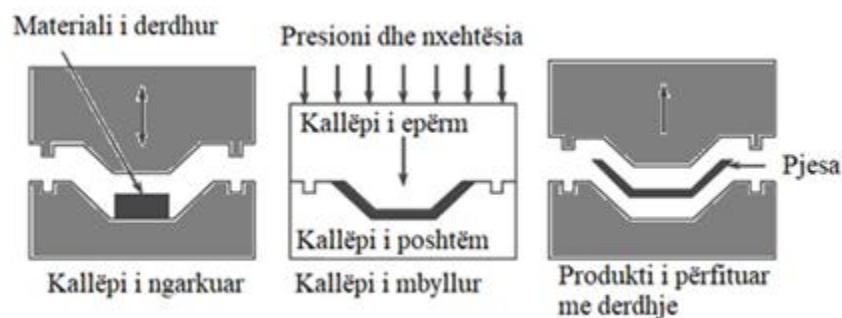


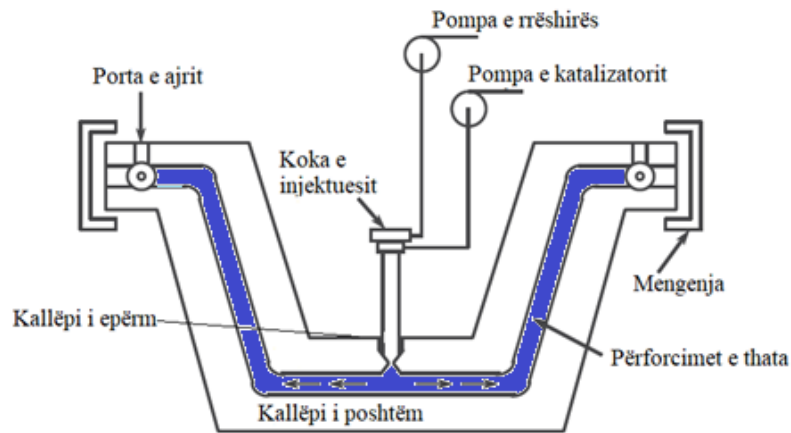
Figura 4.12. Formësimi me ngjeshje [11]

Ky proces mund të automatizohet dhe të arrihet shkallë më e lartë e prodhimit e cila pastaj mundëson prodhimin në masë të produkteve, e po ashtu me kosto më të lirë.

Presa e cila vepron mbi kallëpin e epërm është pajisje mjaft e shtrenjtë.

#### 4.6.4. Formësimi me injektim të rrëshirës

Ky proces përbëhet nga pajisja që mundëson injektimin e rrëshirës dhe nga pjesa tjetër e cila mundëson largimin e fluskave të ajrit. Fibrat vendosen në kallëpin e poshtëm dhe pastaj sipër i vendoset kallëpi i epërm. Rrëshira injektohet në hyrje përmes pompës së rrëshirës duke mbushur hapësirën në mes fibrave të cilat po ashtu mbushen me rrëshirë. Rrëshira injektohet deri sa mbushet tërë kallëpi dhe përmes presionit që krijohet nga injektimi i rrëshirës mundësohet largimi i fluskave të ajrit tek pjesa për largimin e ajrit. Pasi që mbushet tërë kallëpi, pompa e rrëshirës largohet e po ashtu edhe lidhjet e tjera, dhe aplikohet nxehtësi mbi kallëp ashtu që të arrihen vetitë e dëshiruara për produktin, e pastaj largohet kallëpi dhe përfitohet produkti i dëshiruar.



**Figura 4.13. Formësimi me injektim të rrëshirës (RTM-Resin Transfer Molding) [11]**

Me këtë proces arrihet përfitimi i produkteve me fibra të gjata të vazhdueshme dhe me forma të komplikuar. Përparësi e këtij procesi është që fibrat vendosen të parat në kallëpin e thatë (pa lagështi) dhe në këtë mënyrë mundësohet orientim më i mirë i fibrave dhe kontroll më i mirë i tyre, dhe kështu arrihen veti më superiore të materialit.

Presioni, temperatura, koha e veprimit të tyre dallohen nga lloji i materialit të përdorur, pra duhet të analizohen këto pika për secilën rrëshirë dhe fibra të përdorura.



#### 4.7. Aplikimi i materialeve kompozite

Aplikimi i materialeve kompozite dita ditës po zgjerohet në shumë fusha, si industri automobilistike, detare, aviacionit, hapësinore, konstruksionit e përveç këtyre edhe në produkte tek të cilat kërkohet rezistencë ndaj korrozionit, izolimit termik dhe elektrik, në pajisje të ndryshme sporti si raketat e tenisit, në ski, klube të golfit e shumë të tjera. E gjitha kjo vjen për shkak të llojllojshmërisë së materialeve kompozite, që mundësojnë kombinimin e fibrave me matricën ashtu që të arrihet materiali i cili i plotëson kërkesat e produktit. Vetitë konkurruese të materialeve kompozite kanë qenë studim për industri të ndryshme që nga vitet e më hershme mirëpo për shkak të mungesës së informacioneve për vetitë e tyre, përdorimi i tyre ka qenë më i kufizuar. Tashmë këto materiale përdoren shumë në komponenta të ndryshme dhe aplikimi i tyre mund të ndahet në dy lloje [15]:

- 1) Aplikimi strukturor i kompoziteve dhe
- 2) Aplikimi multifunksional i kompoziteve.

Aplikimin strukturor materialet kompozite më së shumëti e kanë gjetur në zëvendësimin e komponentave të prodhuara me materiale metalike, si çelik, alumin. E kjo ka ardhur si shkak i qëndrueshmërisë shumë të lartë të materialeve kompozite, peshës së vogël për njësi të vëllimit, sforcimit specifik të lartë, ngurtësi specifike të lartë. Përdorimin më të madh për aplikim strukturor e kanë gjetur në mjetet e transportit rrugor, transportin ajror, detar etj.

Projektuesit e avionëve ushtarakë kanë qenë ndër të parët që kanë hulumtuar dhe kuptuar potencialin e jashtëzakonëshëm të materialeve kompozite.

Përdorimi i materialeve kompozite ka shënuar rritje me rastin e zhvillimit të fibrave të karbonit dhe boronit, e veçanarisht në avionët ushtarakë diku në vitet e 1960-ta. Përdorimi i tyre në vitet në vazhdim ka shënuar rritje e sidomos në vitet e fundit për shkak të reduktimit të kostos së tyre. Reduktimi i kostos ka ardhur si shkak i zbulimit të proceseve prodhuese më të lehta, më pak të kushtueshme si dhe fillimi i prodhimit në masë të fibrave të ndryshme. Me këtë janë fituar informata të reja mbi vetitë, karakteristikat, potencialin e shumë informata të tjera për këto materiale.

Përdorimi i materialeve kompozite në avionë fillimisht ka qenë në sipërfaqen e jashtme të krahëve dhe në struktura të tjera më pak të rëndësishme, e më vonë kanë filluar të përdoren në strukturat parësore esenciale për funksionimin e rregullt të tyre, si krahët dhe trupi i avionit.

Një shembull i përdorimit të materialeve kompozite në aviacion është avioni Cirrus SR-22 i cili krahët dhe trupin, si dhe disa komponente të tjera i ka nga materialet kompozite, më saktësisht me fibra të qelqit. Përparësi kryesore për zëvendësimin e krahëve dhe trupit nga alumini me materiale kompozite është reduktimi shumë i madh i peshës.



**Figura 4.14. Cirrus SR-22 single engine<sup>23</sup>**

Reduktimet e mëdha në peshë, zvogëlimi i çmimit të materialeve kompozite si dhe rritja e çmimeve të derivateve kanë qenë indikatorët kryesorë që materialet kompozite në vitet e fundit të konsiderohen si materiali parësorë për konstruktimin e aeroplanëve, e jo vetëm ata personal ose ushtarakë, por edhe aeroplanët e udhëtarëve.

Boeing 787-Dreamline<sup>24</sup> është aeroplani i parë i udhëtarëve i cili ka strukturë të krijuar nga materialet kompozite. Vëllimi i këtij aeroplani ka në përmbajtje 80% materiale kompozite, ndërsa në bazë të peshës 50% kompozite, 20% alumin, 15% titanium, 10% çelik dhe 5% materiale të tjera [16].

---

<sup>23</sup><https://digitalboc.blogspot.com/2017/11/cirrus-sr22-best-single-engine-aircraft.html>

<sup>24</sup><https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/boeing-787-dreamliner>

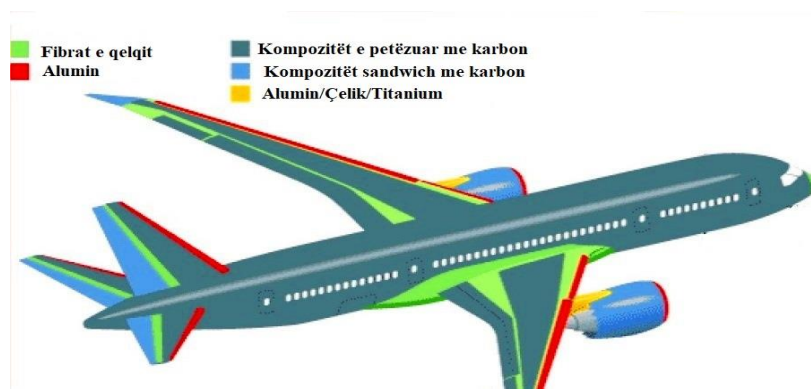


Figura 4.15. Materialet e përdorura në trupin e Boeing 787 [16]

Materialet kompozite kanë gjetur përdorim edhe në industrinë automobilistike për shkak se karakteristikat e materialeve kompozite si peshë e vogël në raport me vëllimin, sforcimi i madh, fortësia e lartë, rezistenca ndaj lodhjes e shumë të tjera janë shumë atraktive dhe të përshtatshme për aplikim në konstruktimin e automjeteve. Përveç atyre vetive materialet kompozite me fibra kanë treguar që janë shumë më të përshtatshme sesa materialet konvencionale metalike në raste të aksidenteve, për shkak se fibrat janë shumë të forta dhe mundësojnë amortizimin e goditjes.

Deri më tani në tregun e materialeve për industrinë automobilistike dominon përdorimi i materialeve kompozite me fibra të qelqit dhe matericë polimere, mirëpo fibrat e karbonit për shkak të vetive shumë të mira kanë tërhequr vëmendjen më shumë dhe përdorimi i tyre ka shënuar rritje drastike me rastin e zvogëlimit të çmimit të tyre. Shkak i përdorimit të materialeve kompozite në automjete është padyshim reduktimi shumë i madh i peshës, ky reduktim ka ndikuar që automjetet të jenë më efikente, është reduktuar emitimin e gazrave nga automjetet, është përmirësuar qëndrueshmëria e automjeteve etj.

Ndikim shumë të madh në industrinë e automjeteve materialet kanë pasur në automjetet e rënda si kamionët, pasi që reduktimi i peshës jo vetëm që ka rritur efqiencën dhe reduktuar emitimin e gazrave por edhe ka mundësuar që ata kamionë të bartin më shumë peshë, pra të jenë më efikas gjatë transportit. Kjo ka zvogëluar shpenzimet e transportit për fabrika të shumëta dhe ka mundësuar rritjen e produktivitetit. Materialet kompozite përdoren tek komponentat e ndryshme të automjeteve, në shasinë e automjeteve, enterierin, disqet e frenimit, e po ashtu janë zhvilluar eksperimente për krijimin e bllokut të motorit nga materialet kompozite, si material testues është

përdorur termoplastikat e përforcuara me grafit, mirëpo besohet që materialet më të përshtatshme për këtë aplikim janë materialet kompozite me qeramika pasi që nuk ka nevojë për ftohje të ujit. Deri më tani përdorimi i materialeve kompozite në industrinë automobilistike ka qenë i kufizuar për shkak të kufizimeve në njohuri në përdorimin e tyre, dhe rëndësisë së automjeteve në jetën e përditshme ku pa zhvilluar eksperimente të shumëta mbi reagimin e tyre në situata të shumëta nuk mund të aplikohet në prodhim në masë.

Aplikim strukturor materialet kompozite kanë gjetur në konstruktimin e turbinave të erës. Vetitë e përshtatshme mekanike, rezistenca ndaj korrozionit, toleranca në temperatura të larta, i bën materialet kompozite shumë të përdorshme në turbinat e erës. Aplikimin më të madh e kanë materialet kompozite me fibra të qelqit me matricë polimere e cila përveç përparësive të mëhershme kanë edhe kosto të ulët dhe janë të lehta për tu prodhuar. Këto materiale janë po ashtu shumë të lehta për tu mirëmbajtur, kanë performancë të shkëlqyer dhe besueshmëri të lartë.

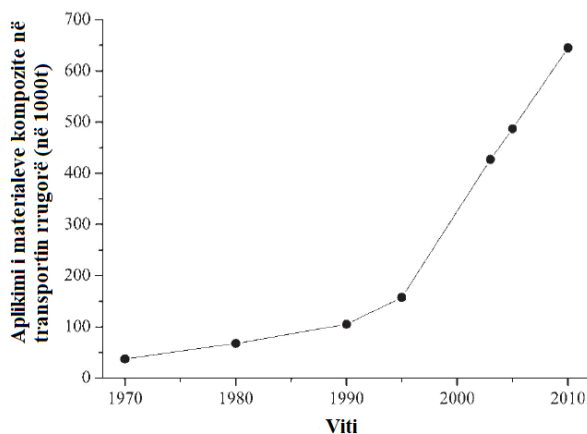
Materialet kompozite kanë gjetur aplikim në produkte të tjera tek të cilat kërkohen disa veti njëkohësisht ose që materiali të performoj dy apo më shumë funksione njëkohësisht, pasi që viteve të fundit është rritur interesi për materialet të cilat kryejnë disa funksione njëkohësisht, kombinojnë vetitë strukturore dhe jostrukturore.

Material multifunksional mund të jetë një material që ka sforcim të lartë, ngurtësi të lartë, bymim të ulët termik, absorbim të lartë, pra kombinim të vetive.

## 5. APLIKIMI I MATERIALEVE KOMPOZITE NË INDUSTRIJË AUTOMOBILISTIKE

Materialet kompozite kanë filluar të përdoren në industrinë automobilistike në mënyrë më masive që nga vitet e 50-ta, dhe më tutje këto materiale janë bërë shumë atraktive për përdorim si pasojë e studimit të vetive të tyre dhe mënyrave të prodhimit, kështu është arritur prodhimi i këtyre materialeve me kosto më të ulët dhe dizajnimi i tyre varësisht nga nevojat e produktit.

Industria automobilistike si një nga industritë më eminente në botë ka identifikuar mundësi të aplikimit të materialeve kompozite nga pjesët më të vogla të automjeteve e deri tek tërësia e automjetit, ashtu që produktet e tyre të kenë kualitet të lartë, të operojnë në kushte të ndryshme klimatike, të kenë performancë të shkëlqyer, të jenë më ekologjike, me peshë më të ulët e shumë të tjera.



**Figura 5.1. Aplikimi i materialeve kompozite në transportin rrugorë përgjatë viteve [17]**

Makina e parë me materiale kompozite është prodhuar nga Henry Ford në vitin 1939, në të cilin janë përdorur fibrat e qelqit me matricë duromere. Brendësia e automjetit ka pas fibra të arrës së kokosit, të cilat kanë qenë revolucionare për atë kohë. Ky automjet ka pasur masën afërsisht 900 kg, që në atë kohë ka qenë 450 kg më e lehtë sesa automjetet e çelikut. Mirëpo për shkak të luftës

së Dytë Botërore është penguar zhvillimi i mëtutjeshëm i saj dhe si rrjedhim edhe automjeti në foto është shkatërruar [17].



**Figura 5.2. Automjeti Ford me materiale kompozite me matricë duromere [17]**

Ndër automjetet e para të prodhuara me materiale kompozite është po ashtu Chevrolet Corvette (shasia e automjetit ka qenë me materiale kompozite, me polimere të përforcuar me fibra të qelqit), e cila është shfaqur para publikut në New York në vitin 1953 , edhe tash seria Corvette përdorë materialet kompozite në automjetet e tyre. Në automjetet sportive, përdorimi i fibrave të karbonit të përforcuara me polimere ka filluar me McLaren MP4 në 1981.



**Figura 5.3. Chevrolet Corvette [11]      Figura 5.4. McLaren MP4 [18]**

Për përdorimin e materialeve kompozite në industrinë automobilistike duhet të merren parasysh këto tri kërkesa:

- Të sigurohet që automjeti mund t'i përballoj ngarkesat operative të cilave u nënshtrohet,

- Kosto e materialit fillestar dhe kosto e përpunimit të mëtejshëm të materialit të jetë e ulët dhe
- Materiali të jetë ekologjik ose në fund të ciklit të jetës mund të riciklohet.

Përparësitë e materialeve kompozite në krahasim me materialet konvencinale në industrinë automobilistike janë: fortësia e lartë, pesha e vogël, rezistenca ndaj korrozionit, rezistenca ndaj lodhjes dhe veprimi i ngarkesave statike dhe dinamike. Këto përparësi mundësojnë që të rritet performanca e automjeteve, duke mundësuar prodhimin e automjeteve më të sigurta dhe më eficiente. Performanca e automjetit nuk varet vetëm nga fuqia e automjetit mirëpo edhe nga raporti në mes të fuqisë së automjetit dhe peshës së automjetit dhe nga shpërndarja e peshës përgjatë trupit të automjetit. Në këtë mënyrë automjetet me peshë më të ulët reduktojnë edhe konsumin e derivatit, për shkak se për peshë më të vogël duhet fuqi më e vogël e kështu reduktohet konsumimi i derivatit.

Duke u bazuar në disa studime është konkluduar se eficiency e konsumit të derivatit rritet për 7% për çdo 10 % të reduktimit të peshës nga pesha totale e automjetit. Kur përdoren kompozitet me fibra të karbonit në vend të materialeve konvencionale në trupin, shasinë dhe pjesët e automjetit mund të reduktohet 50% e peshës, kjo nënkupton që për çdo kilogram të peshës së reduktuar në automjet, reduktohen rreth 20 kilogram dioksid karboni që emitohet në atmosferë [14].

Mirëpo përkundër vetive të jashtëzakonshme për përdorimin e këtyre materialeve, industrinë automobilistike ende ballafaqohen me probleme thelbësore për përdorimin e madh të këtyre materialeve, si p.sh.: kosto e lartë në krahasim me materialet konvencionale, proceset e prodhimit më të komplikuar dhe më të shtrenjta kur prodhohen më shumë pjesë, reagimi ndaj vetive fizike ende nuk është shumë i njohur për disa lloje të kompoziteve etj. Mirëpo këto materiale siç është cekur edhe në pjesët e mësipërme të këtij punimi kanë zgjuar kureshtjen e shumë shkencëtarëve, inxhinierëve, studiuesve të ndryshëm etj., për të fituar të dhëna më praktike dhe të sakta për materialet kompozite. Mirëpo mundësitë për kombinime nga fibrat dhe matricat janë të shumëta prandaj edhe kjo fushë është mjaft e zgjeruar, por janë fituar mjaftueshëm njohuri për disa materiale kompozite që kanë gjetur përdorim më të madh, dhe përgjatë viteve ka shënuar rritje signifikante të përdorimit të tyre.

## 5.1. Aplikimi i materialeve kompozite në automjete për reduktimin e emisionit të gazrave

Për shkak të efekteve në ambient nga përdorimi i automjeteve, industrinë automobilistike duhet t'i plotësojnë shumë kritere ashtu që automjetet të jenë në përshtatshmëri me normat e parapara. Ndër kërkesat esenciale që automjetet duhet t'i plotësojnë është emisioni i gazrave të jetë sa më i ulët, duke u bazuar nga direktivat europiane.

Ndër vite industrinë automobilistike janë ballafaquar me probleme për të arritur rezultatet e dëshiruara në aspektin e emisionit të gazrave, për shkak se materialet konvencionale nuk kanë ofruar mundësi për të fituar automjete të cilat mundësojnë arritjen e rezultateve të parapara, edhe pse janë arritur të fitohen çelique me peshë më të ulët, pastaj përdorimi i aluminit ka reduktuar peshën duke i bërë automjetet me eficientë.

Janë disa mënyra për të reduktuar emisionin e gazrave [12]:

- Përmirësimi i konsumit të energjisë,
- Përmirësimi i aerodinamikës,
- Përmirësimi i rezistencës së rrokullisjes dhe
- Reduktimi i peshës.

Nga të gjitha këto mundësi që ofrojnë reduktimin e emisionit, reduktimi i peshës së automjetit është më i lehtë dhe ofron rezultatet më të mira. Bazuar në disa studime me reduktimin e peshës 10% të automjetit emisioni i gazrave reduktohet 5-8%.

Mirëpo reduktimi i peshës së automjetit është një proces më i komplikuar sesa thjesht aplikimi i një materiali të caktuar, fillimisht duhet të identifikohen zonat në të cilat mund të bëhet reduktimi i peshës. Automjeti duhet të merret si tërësi, nëse mund të reduktohet pesha në shasinë e automjetit atëherë mund të reduktohet edhe madhësia e motorit, dhe ky reduktim mund të bëhet pastaj edhe në pjesët e tjera të automjetit. Sipas disa të dhënave për çdo kilogram të reduktuar tek një pjesë e automjetit mund të reduktohet edhe 0.3 kilogram tek ndonjë pjesë tjetër e automjetit. Mirëpo kur bëhet reduktimi i peshës dhe për çdo ndryshim tjetër që bëhet në automjet gjithmonë duhet të ruhet stabiliteti i automjetit, me theks të veçantë nuk ndryshon qendra e gravitetit të automjetit, nëse p.sh reduktohet pesha e ndonjë komponenti në pjesë e motorit ndërsa pjesët e



tjera mbesin njejtë nuk ndryshojnë, atëherë qendra e gravitetit do të zhvendoset më lartë, dhe me këtë bie stabiliteti i automjetit.

Në vazhdim do të tregohen disa shembuj të përdorimit të materialeve kompozite në shasi dhe komponente të tjera që si rezultat kryesorë e kanë pas reduktimin e peshës.



(a)



(b)

**Figura 5.5. (a) Citroen XM-Mbrojtësi i parëm me materiale kompozite [12]; (b) Volkswagen-Golf Mbrojtësi i parëm me materiale kompozite [19]**

Mbrojtësi i përparëm është një komponentë shumë e rëndësishme aerodinamike e cila shërben për balancimin e shpërndarjes së forcave në pjesën e përparme dhe anësore. Zëvendësimi i mbrojtësit të parëm me materiale kompozite redukton një numër të konsiderueshëm të pjesëve të çelikut, duke ofruar mbrojtje më të mirë në rast aksidenti për shkak të absorbimit të goditjes dhe ofron reduktim të peshës.



**Figura 5.6. Ford Focus-Bartësi i modulit të dyerve [20]**

Kompania Ford si kompani lidere në aplikimin e materialeve kompozite në komponentat e automjeteve të tyre, ka filluar përdorimin e materialeve kompozite në modulet e dyerve të tipit Ford Focus. Aplikimi tek kjo pjesë ka mundësuar reduktim të peshës pa e humbur performancën, fortësinë dhe qëndrueshmërinë. Zëvendësimi me materiale kompozite të këtij komponenti ka mundësuar reduktim të mëtejshëm duke ofruar mundësi për integrim funksional.



**Figura 5.7. Muri dyanësor i motorit (Dual wall dash) i Ford Explorer 2020 [20]**

Inxhinierët e kompanisë Ford kanë dizajnuar një pjesë e cila vendoset tek motori si mbrojtëse për tipin Ford Explorer i cili do të prodhohet gjatë vitit 2020. Kjo pjesë përveç që mundëson reduktimin e peshës po ashtu mundëson pengimin e zhurmës së motorit, duke ofruar rehati dhe qetësi për pasagjerët në automjet e po ashtu për pjesëmarrësit e tjerë në trafik.

## 5.2. Aplikimi i materialeve kompozite për aplikim strukturor

Përdorimi i materialeve kompozite në fillim ka qenë i fokusuar në pjesët dytësore ose më pak të rëndësishme, si dhe për pjesë dekorative. Mirëpo tani këto materiale kanë gjetur përdorim ende më të madh në pjesët parësore si shasinë e automjetit, trupin e automjetit, pjesët e frenimit, boshtin e rrotave etj. Aplikimi strukturor i materialeve kompozite ka ardhur për shkak të vetive të tyre shumë të mira.

Për aplikim strukturor të materialeve në pjesët e automjeteve kërkesat kryesore janë:

- Qëndrueshmëria (ndaj lodhjes së materialit, goditjeve, kushteve të ndryshme),
- Absorbimi i energjisë (crashworthiness) dhe
- Rezistenca ndaj korrozionit.

Pasi që materialet kompozite janë superior në krahasim me materialet e tjera kur vjen puna për përmbushjen e kërkesave të lartëcekuara padyshim që përdorimi i tyre për këto qëllime ka japur rezultate të shkëlqyera.

Një veti shumë e rëndësishme e materialeve kompozite që ka aplikim shumë të madh tek automjetet është absorbimi i energjisë, kjo vjen për shkak të fleksibilitetit të fibrave dhe matricës dhe qëndrueshmërisë së lartë. Rëndësi të posaqme tek kjo veti ka orientimi i fibrave, zakonisht për pjesët mbrojtëse të automjeteve orientimi i fibrave është shumë dimensional sepse në këtë mënyrë ofrohet absorbim i energjisë nga të gjitha anët. Kjo është veçanërisht e rëndësishme në rast të aksidenteve, për shkak se kur ndodh goditja fillon thyerja e fibrave të materialit dhe kjo bartet nga njëra fibër tek tjetra e në këtë mënyrë bie intensiteti i goditjes sepse secila fibër absorbon një pjesë të energjisë dhe kështu arrihet mbrojtja e pasagjerëve në automjete.

Pasi që materialet kompozite që përdoren në automjete janë kryesisht me matricë polimere ato kanë rezistencë ndaj reaksioneve kimike pra i rezistojnë korrozionit, dhe kjo është një përparësi në krahasim me metalet për shkak se automjetet i nënshtrohen kushteve të ndryshme atmosferike prandaj edhe korrodohen me shpejtë e sidomos tek pjesët e shasisë dhe trupit, që e përshpejton procesin e amortizimit.



**Figura 5.8. Shasia e automjeteve sportive Yamaha, me materiale kompozite me fibra karboni [21]**

Seria e prodhuesit botërorë BMW i3 është automjeti i parë me trupin nga fibrat e karbonit i cili është i destinuar për prodhim në masë. Ky lloj i automjetit është dizajnuar nga LifeDrive architecture e cila përbëhet nga dy elemente: kapaku i automjetit (bodyshell) siç njihet ndryshe moduli i vozitjes, ku shtrihet në pjesën e poshtme të automjetit dhe nga kompozitet me fibra karboni që njihet si moduli i jetës, pjesët e të cilit shtrihen në pjesën e sipërme të automjetit. Pjesët e rënda si motori dhe bateria bëjnë pjesë në modulin e vozitjes, ndërsa kabina e pasagjerëve dhe shoferit në modulin e vozitjes, dhe kështu formohet një lloj balanci i shpërndarjes së peshës.<sup>25</sup>



**Figura 5.9. BMW i3 [22]**

Boshti i motorit<sup>26</sup> paraqet një komponent shumë të rëndësishëm tek automjetet, ky komponent bën transmetimin e lëvizjes rrotulluese në motorin e automjetit i cili tashmë prodhohet nga materiale kompozite, sipas analizave besohet që deri në vitin 2021 do të rritet përdorimi i boshtit të motorit me materiale kompozite deri 12%. Ky komponent përveç që ka aplikim strukturor, ky

<sup>25</sup><https://www.plasticstoday.com/content/slideshow-adhesives-make-bmws-all-carbon-composite-body-white>

<sup>26</sup> Driveshaft

redukon edhe peshën, është më fleksibil, ka qëndrueshmëri të lartë, rezistent ndaj korrozionit, mund të rregullohet orientimi i fibrave varësisht nga kërkesa, duke rritur performancën dhe qëndrueshmërinë e automjeteve. Zakonisht ky produkt përfitohet duke përdorur fibrat e karbonit ose kevlar me matricë epoksi.



**Figura 5.10. Boshti i motorit me fibra karboni [21]**

Komponente tjera shumë të rëndësishme të automjeteve janë disqet e frenimit, të cilët bëjnë pjesë në elementet thelbësore të sigurisë së automjeteve. Janë komponenta shumë të ndjeshme ndaj konsumit ku duhet t'i kushtohet rëndësi e veçantë funksionimit të rregullt të tyre, për shkak se nëse nuk janë në gjendje të duhur atëherë krijohet rrezik i drejtëpërdrejtë për pasagjerët. Këto disqe zakonisht prodhohen me materiale kompozite me matricë qeramike dhe fibra karboni. Ky material kompozit është mëse ideal për prodhimin e disqeve të frenimit për shkak se fibrat e karbonit ofrojnë fortësi dhe qëndrueshmëri të lartë, ndërsa qeramika ka rezistencë në temperatura të larta, pasi që disqet i nënshtrohen forcave të fërkimit materiali i disqeve nxehet shumë. Po ashtu këto disqe janë më të lehta në krahasim me ato metalike dhe kanë performancë më të mirë, në fillim këto disqe janë përdorur vetëm për automjetet sportive, e pastaj ato më të shtrenjta ndërsa tash përdoret në shumicën e automjeteve për shkak se çmimi i tyre ka rënë dukshëm dhe kanë performancë të jashtëzakonshme.



**Figura 5.11. Disku i frenimit të Porsche [23]**

### **5.3. Riciklimi i materialeve kompozite të automjeteve**

Gjatë këtij zhvillimi të madh teknologjik, përveç nevojës që të krijohen produkte inovative të cilat i plotësojnë kërkesat e konsumatorëve dhe i përmbushin standardet e caktuara, ato produkte në fund të eksploatimit të tyre duhet të asgjësohen ose të hudhen si mbeturina.

Problem ky mjaft shqetësues, e ka shoqëruar gjatë tërë kohës edhe industrinë automobilistike, për shkak të amortizimit të lartë të komponentave të automjeteve, ndryshimit të shpeshtë të tyre, numri i madh i automjeteve të aksidentuara, automjetet e vjetra e shumë të tjera. Këto pjesë të pashfrytëzueshme zakonisht janë hedhur nëpër zona të cilat janë njohur si “varreza të automjeteve”, ku përveç kontaminimit të tokës dhe tërë zonës përreth, këto deponi kanë zënë hapësira enorme të tokës e cila ka mundur të shfrytëzohet për qëllime bujqësore. Mirëpo me rritjen e kërkesës për automjete të reja me performancë ende më të mira ka filluar të rritet në mënyrë drastike zëvendësimi i automjeteve të vjetra me ato të reja, ndërsa këto automjetet e vjetra prap kanë zënë hapësira të reja. Kështu janë vendosur ligje dhe direktiva të cilat i kanë target industrinë automobilistike që për automjetet e prodhuara të ketë plan për ciklin përfundimtar të tyre. Kështu prodhuesit e automjeteve janë detyruar të prodhojnë automjete me materiale të riciklueshme apo komponenta të cilat mund të ripërdoren.



**Figura 5.12. Deponia e automjeteve<sup>27</sup>**

Në vitin 1997 komisioni europian për ambient ka publikuar draftin e parë të direktivës “End-of-Life (ELV) Vehicle Directive”. Dhe në Maj të vitit 2000, 15 shtete të Bashkimit Europian kanë finalizuar faturën e cila përcakton se shpenzimet e asgjësimit të automjeteve bien mbi prodhuesin, direktiva po ashtu përcakton mënyrën e asgjësimit. Në tabelën më poshtë është treguar për Mbretërinë e Bashkuar se si ka qenë qëllimi për përmbushjen e kësaj direktive, ku do të reduktohet grosja nga 25% në 15% deri në vitin 2005 e deri 5% në vitin 2015 [12].

**Tabela 5.1. Riciklimi i planifikuar i automjeteve bazuar në Direktivat Europiane [12]**

Viti për arritjen e qëllimeve të direktivës	2006	2015
<b>Ripërdorimi apo riciklimi i materialeve</b>	≥ 80 %	≥ 85 %
<b>Ruajtja e energjisë termike</b>	≤ 5 %	≤ 10 %
<b>Restaurimi</b>	≥ 85 %	≥ 95 %
<b>Grosja</b>	≤ 15 %	≤ 5 %

Kjo ka paraqitur një problem shumë të madh për shkak të numrit shumë të madh të automjeteve dhe po ashtu kompleksitetit të procesit për asgjësimin e komponentave. Në vazhdim është treguar përmbajtja në materiale të një makine Ford.

<sup>27</sup><http://ecotest.nu/>

**Tabela 5.2. Përbërësit e një makine tipike Ford [12]**

Metale-Ferrite	68 %
Metale-Jo ferrite	8 %
Qelq	3 %
Plastikë	8 %
Mbulesa (ngjyra, ose lloje tjera të shtresave për mbulim)	2 %
Fluide	2 %
Të tjera (tekstil, fibra natyrore, dekore etj.)	4 %
Goma	5 %



**Figura 5.13. Shembull i komponentave të automjeteve [24]**

Materialet kompozite me matricë polimere, elastomere dhe plastike përbëjnë përafërsisht 13% të peshës totale të automjetit, dhe që paraqet grupin e dytë më të madh për nga përmbajtja pas metaleve. Mirëpo përkundër metaleve të cilat kanë një sistem mjaft të zhvilluar të riciklimit materialet kompozite janë në proces të zhvillimit dhe duhet njohuri më shumë për të zhvilluar sistemin. Mirëpo këto materiale janë më të përshtatshme për tu ricikluar ose ripërdorur sesa materialet e tjera dhe shumë thjeshtë mund të largohen nga cikli i mbetjeve duke u bërë prap materiale të vlefshme për ripërdorim.

Procesi potencial i riciklimit të pjesëve të automjeteve mund të ndahet në katër tipe:

- Ripërdorimi për destinimin e njejtë apo tjetër,
- Riciklimi mekanik
- Riciklimi kimik



- Rikuperimi i energjisë

**Riciklimi mekanik:** Paraqet procesin e ndarjes bazuar në llojin e materialit, pastaj coptimit, grimcimit apo petëzimit dhe pastaj ripërpunimit dhe formimit të produkteve të reja të cilat mund të përdoren për qëllimin e mëparshëm apo për destinim tjetër.

**Riciklimi kimik:** Paraqet proces më kompleks për shkak se materialeve iu ndryshohet struktura kimike, p.sh polimeret kthehen në monomere, metalet shkrihen, pastaj bëhet ndarja e vajrave dhe naftës së mbetur në automjet.

**Rikuperimi i energjisë:** Paraqet metodat ose teknikat me anë të të cilave mbetjet shfrytëzohen për të përfitur një lloj tjetër të energjisë si p.sh ajo termike, elektrike, lëndë djegëse.

Në fund të jetës së automjeteve ato dërgohen tek vendi i përcaktuar për demontim, ku bëhet ndarja e pjesëve dhe klasifikimi i tyre bazuar në materialin e përdorur. Pastaj këto pjesët e klasifikuara përcaktohen nëse janë për ripërdorim, riciklim mekanik ose kimik, ose për rikuperim të energjisë. Ku p.sh. pjesët me metale shkrihen dhe ripërpunohen për tu përdorur për destinimin e njejtë apo destinim tjetër. Nëse ndonjë pjesë nuk është e dëmtuar ajo mund të ripërdoret me ose pa ndonjë përpunim të mundshëm. Ky proces është mjaft i ndërlikuar për shkak se përfshin reaksione të ndryshme të cilat ka gjasa edhe të jenë të rrezikshme për shëndetin e njeriut ose kur iu ekspozohen agjentëve të ndryshëm mund të shkaktojnë reaksione kimike të cilat mund të kenë dëme. Në vendin tonë fatkeqësisht nuk ekziston ndonjë industri e cila i riciklon pjesët e automjeteve, ato mbesin të ekspozuara në toka të shfrytëzueshme duke kontaminuar hapësira, për shkak të neglizhencës dhe mos përkushtimit ndaj ruajtjes së ambientit si nga ana e institucioneve e po ashtu edhe e qytetarëve. Ose në rastet më të shumta automjetet shumë të vjetra janë në qarkullim çdo ditë nëpër rrugët e qyteteve dhe fshatrave ato lirojnë sasi shumë të madhe të gazrave CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> duke ndotur ajrin, ujin dhe tokën duke helmuar njerëz, kafshë dhe bimë, për shkak të vjetërsisë, mos kontrollimit të duhur, mos vendosjes së filterave dhe katalizatorëve, dhe mos respektimit të Ligjeve dhe Udhëzimeve të përcaktuara nga shteti dhe Ministritë. Në vendet e tjera procesi i hudhjes së automjetit është më i shtrenjtë sesa të bleni një të tillë.

Jo të gjitha materialet kompozite të cilat përdoren në komponentet e automjeteve janë në harmoni me ambientin, pasi që shumë prej tyre janë të formuara nga fibrat joorganike. Prandaj me ndryshimin e legjislacionit bazuar në rritjen e vazhdueshme të ndotjes globale ku automjetet

përveç që e ndotin ajrin gjatë shfrytëzimit, ato shkaktojnë problem enorm kur e përfundojnë ciklin jetësor për shkak të kohës shumë të gjatë që marrin për tu asgjësuar, ripërdorur e madje shumë prej tyre janë të pashfrytëzueshme në ndonjë formë tjetër, prandaj hudhen si mbeturinë. Industritë automobilistike janë në kërkim të opsioneve të tjera për materiale kompozite të biodegradueshme, të riciklueshme ose siç njihen ndryshe si Materiale Kompozite të Gjëlbra.

Në vitet e fundit është duke u hulumtuar mundësia që të përdoret fibrat natyrore për formimin e materialeve kompozite që përdoren në automjete, dhe përdorimi i tyre ka filluar e po ashtu ka shënuar rritje për shkak të kostos së ulët të tyre, fortësisë dhe qëndrueshmërisë së lartë dhe natyrisht aftësisë për t'u ricikluar. Këto fibra i zëvendësojnë fibrat e qelqit, aramidit, të cilat përdoren në panelet e dymve, në mbrojtëset e ulëseve, instrumentale, në kabinë.

## 6. MODELIMI DHE ANALIZIMI I DISKUT TË FRENIMIT TEK AUTOMJETET

Në këtë pjesë të punimit do të modelohet dhe analizohet disku i frenimit të automjeteve nga materialet kompozite.

Sistemi i frenimit konsiderohet si një ndër sistemet esenciale të sigurisë së të gjitha automjeteve, kjo për shkak të funksionit që kryen ky sistem që është ndalja e plotë e automjetit apo ngadalësimi i tij gjatë lëvizjes. Ndalja apo ngadalësimi i mjetit bëhet duke shtypur diskun e rrotave në të dyja anët me pllakat e frenimit, pra sistemi i frenimit e transformon energjinë kinetike të automjetit në energji të nxehtësisë, dhe e ngadalëson shpejtësinë. Sistemi i frenimit duhet të përmbush tri funksione gjatë gjithë kohës:

- a. Të ngadalësoj automjetin në mënyrë të kontrolluar dhe të vazhdueshme, si dhe kur aplikohet një forcë më e madhe në pedale të bëj ndaljen e automjetit;
- b. Duhet t'i mundësojë automjetit të mbajë shpejtësinë konstante gjatë vozitjes në tatëpjetë
- c. Të mbajë automjetin statik kur është në rrafsh apo në pjerrtësi [25].

Gjatë këtyre fazave të cilat vetura i has vazhdimisht, disqet e frenimit i nënshtrohen veprimit të forcave të fërkimit të cilat shkaktojnë rritjen e temperaturës së diskut dhe pllakës së frenimit e cila pastaj shpërndahet tek pjesët e tjera dhe në tërë automjetin, si dhe qëndrueshmërisë termike. Deri në vitet e fundit disqet e frenimit janë prodhuar me materiale metalike si çelik ose gizë për shkak të rezistencës termike dhe kostos së ulët. Mirëpo me këto materiale disqet e frenimit e kanë humbur më shpejt fuqinë e frenimit, dhe kështu janë hulumtuar mundësitë për materialet e reja për aplikim në disqet e frenimit. Dhe kështu materialet kompozite janë treguar si material shumë i përshtatshëm për shkak të vetive të tyre mekanike. Në vazhdim është analizuar përdorimi i tri llojeve të materialeve për prodhimin e disqeve: giza ose hekuri i derdhur, material kompozitë me matricë alumini dhe material kompozitë me fibra karboni dhe matricë qeramike (SiC).

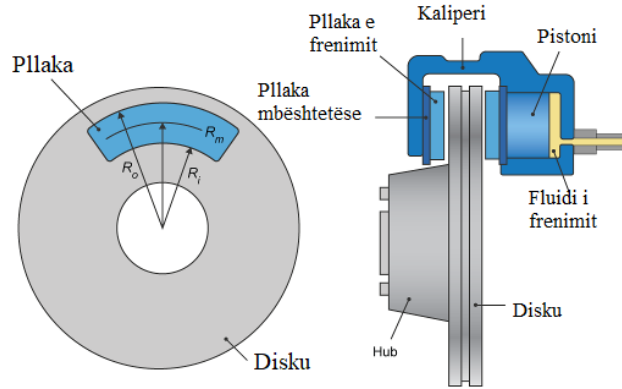


Figura 6.1. Pjesët përbërëse të diskut të frenimit [24]

### 6.1. Dizajnimi i diskut të frenimit

Dizajnimi është bërë me programin Autodesk Inventor, dimensionet janë marrë nga katalogu Australian i disqeve për diskut e frenimit të automjetit Ford Focus tipi LS/LT HATCHBACK, NON TURBO, SEDAN, për rrotat e parme, numri i pjesës ACDR2118. Në tabelën 8 janë japur dimensionet e diskut dhe sipërfaqja kontaktuese me pllakat e frenimit.

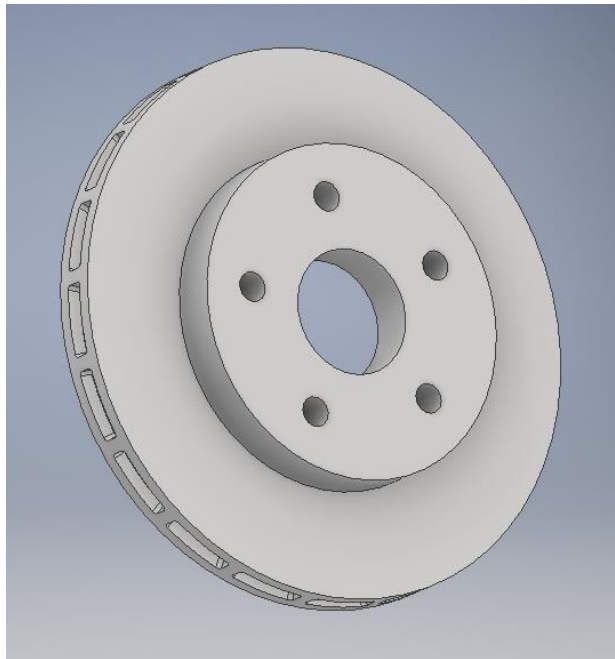
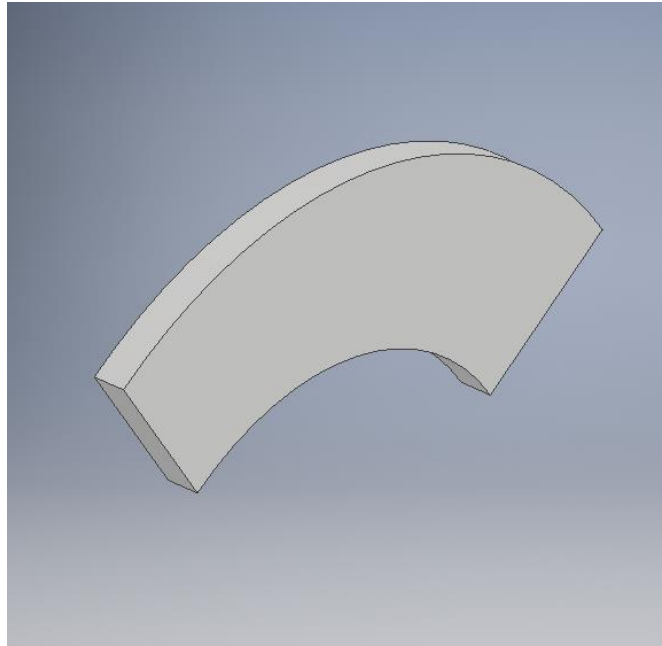
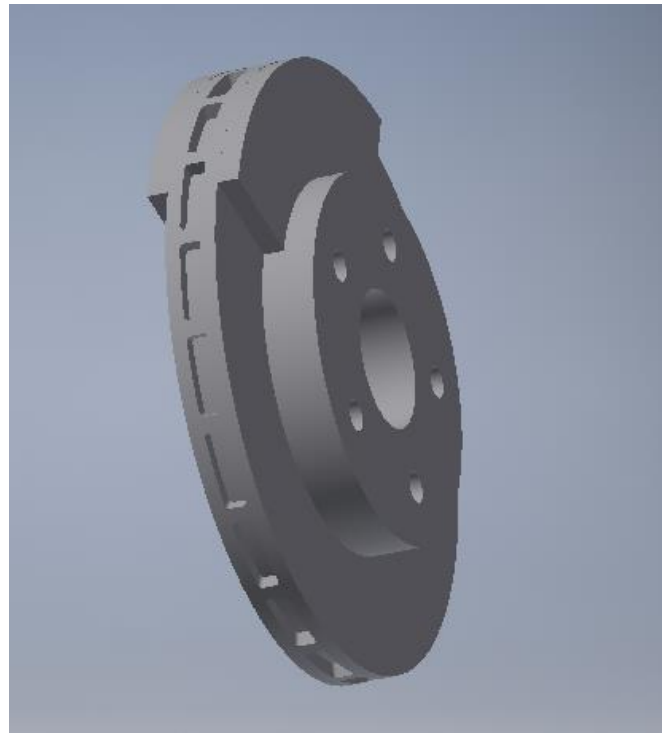


Figura 6.2. Disku i frenimit për automjetin Ford Focus Tipi: LS/LT HATCHBACK, NON TURBO, SEDAN

Dimensionet e pllakave janë marrë përfaqësisht në raport me dimensionet e diskut.



**Figura 6.3. Pllakat e frenimit**



**Figura 6.4. Montimi i tërësisë së diskut**

**Tabela 6.1. Dimensionet e diskut [26]**

Diametri i jashtëm i diskut	278 mm
Lartësia e diskut	48.5 mm
Trashësia minimale e diskut	23 mm
Trashësia maksimale e diskut	25 mm
Diametri i vrimës në mes	63.5 mm
Numri i vrimave (100PCD) <sup>28</sup>	5
Rrezja e jashtme e diskut (kontaktit)	136 mm
Rrezja e brendshme e diskut (kontaktit)	85 mm
Sipërfaqja kontaktuese	22.22 %
Vëllimi i diskut	0.0013513 m <sup>3</sup>

## 6.2. Përzgjedhja e materialit dhe kalkulimet statike dhe termike për diskut e frenimit

Duke u bazuar në diagramin për raportin e qëndrueshmërisë mekanike dhe dendësis, dhe duke u bazuar në faktin se materialet më të përshtatshme për aplikim në automjete janë ato të cilat kanë dendësi të ulët dhe në rastin tonë tek disku përveç dendësis të ulët kërkohet qëndrueshmëri nga veprimi i sforcimeve, mund të konkludohet se materialet më të përshtatshme për aplikim janë materialet kompozite me fibra karboni dhe matricë qeramike si dhe materialet kompozite me matricë alumini. Prandaj në rastin tonë do të shqyrtohen dy lloje të materialeve kompozite si dhe hekuri i derdhur ose giza.

<sup>28</sup>Pitch Circle Diameter (PCD) është diametri i rrethit që kalon përmes qendrës së gjithë bulonave, rrota ose vrime.

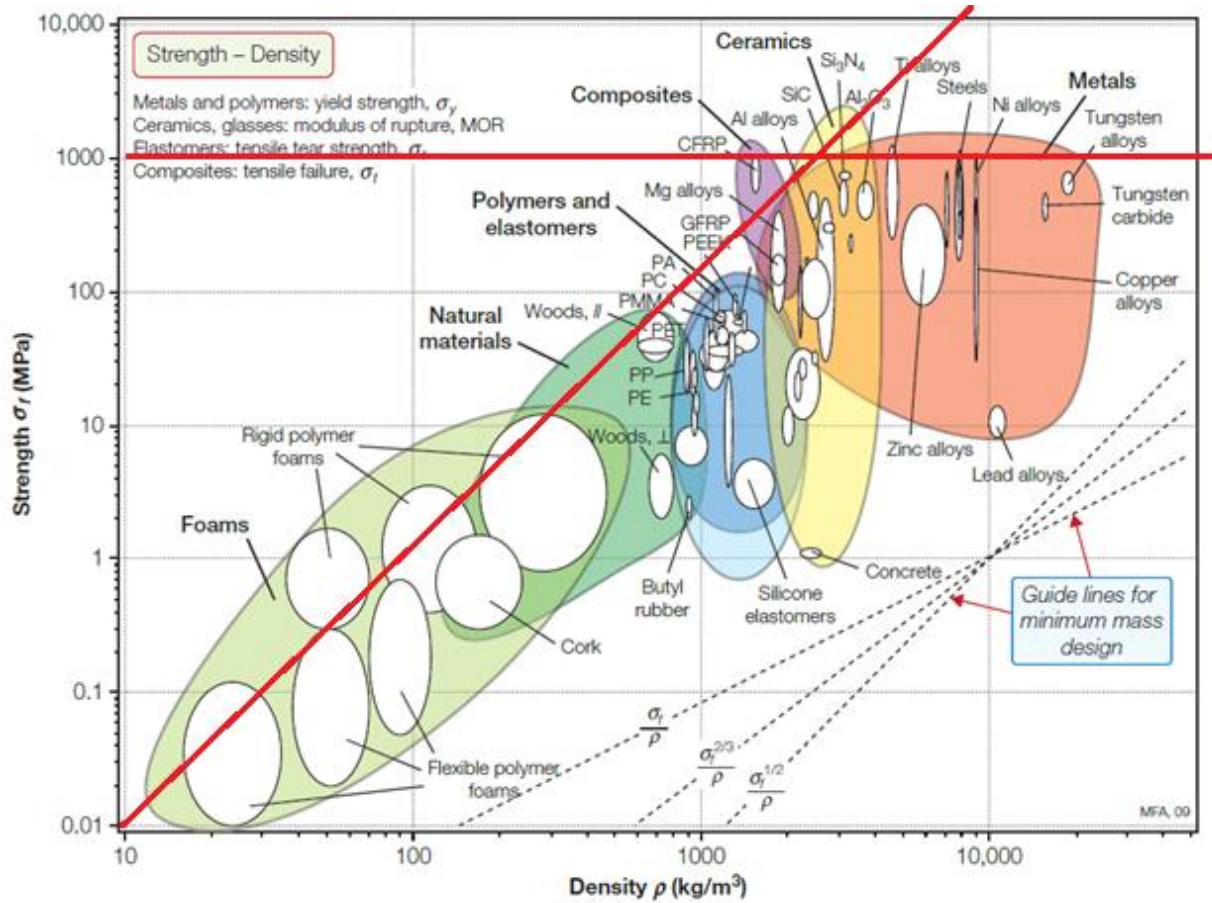


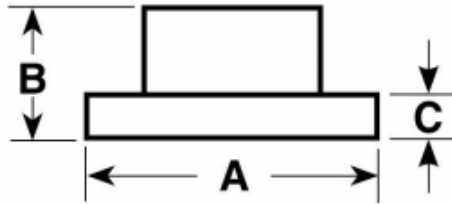
Figura 6.5. Përziejdhja e materialeve me dendësi të ulët dhe qëndrueshmëri mekanike të lartë<sup>29</sup>

Tabela 6.2. Vetitë e materialeve të cilat do të shqyrtohen për aplikim në disqe [27] [26]

Materiali	Gizë	Al/5%SiC	C/SiC
<b>Vetitë</b>			
Koeficienti i fërkimit ( $\mu$ )	0.41	0.3	0.29
Dendësi kg/m <sup>3</sup>	7200	2730	2100
Nxehtësia specifike J/kg°C	460	910	620-1400
Përçueshmëria termike W/m°C	52	128	6.5
Koeficienti i bymimit termik /°C	1.37*10 <sup>-5</sup>	1.81*10 <sup>-5</sup>	0.4*10 <sup>-5</sup>
Moduli i elasticitetit N/mm <sup>2</sup>	125000	86030	100000
Raporti i Poisson-it	0.25	0.25	0.32
Koeficienti i transmetimit të	0.001	0.001	0.001

<sup>29</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

nxehtësisë			
------------	--	--	--



**Figura 6.6. Dimensionet e diskut; A-diametri i jashtëm, B-Lartësia e diskut, C-trashësia e diskut [26]**

Dimensionet e automjetin janë marrë në databazën e automjeteve në institucionin “Qendra e Automjeteve të Kosovës”.

**Tabela 6.3. Dimensionet e automjetit<sup>30</sup>**

Masa e automjetit pa ngarkesë	1357 kg
Masa e automjetit me ngarkesë (m)	1795 kg
Raporti i shpërndarjes së peshës në akse	0.3%
Shpejtësia në fillim të frenimit (v)	30 m/s
Ngadalësimi –const (a)	0.6*g=5.9 m/s <sup>2</sup>
Ngadalësimi tatëpjetë (10 <sup>0</sup> )	0.6+sin (10 <sup>0</sup> )
Ngadalësimi përpjetë (10 <sup>0</sup> )	0.6-sin (10 <sup>0</sup> )

### ***Kalkulimet<sup>31</sup> statike dhe termike për materialin gizë***

#### **Koha e frenimit**

$$t = \frac{v}{a} = \frac{30}{5.9} = 5.10 \text{ s}$$

#### **Energjia e frenimit**

$$E = \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2\right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \left(1 + \frac{I}{m \cdot r^2}\right) = \frac{k \cdot m \cdot v^2}{2} = \frac{1.4 \cdot 1795 \cdot 30^2}{2} = 1130850 \text{ N} \cdot \text{m}$$

<sup>30</sup> Dimensionet e automjetit janë marrë nga databaza e automjeteve në QAK për automjetin Ford Focus LS/LT, ndërsa vlerat e tjera si konstante

<sup>31</sup> Modeli i kalkulimeve është marrë nga literatura [26] [41]



k- Faktori korrektues për veturën e pasagjerëve me mekanizëm të ulët<sup>32</sup> ka vlerat 1.25÷1.6, përvetësohet k=1.4

### Fuqia e frenimit

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1130850}{5.10} = 221.7353 \text{ kW}$$

### Momenti i përdredhjes së frenimit

$$T = Ft \cdot R = F \cdot \frac{r_1 + r_2}{2}$$

### Presioni i aplikuar në disk gjatë frenimit (max):

$$\sigma_{max} = \frac{1.5 \cdot m \cdot g}{Ak} = \frac{1.5 \cdot 1795 \cdot 9.81}{[(\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 0.2222]} = \frac{26413.425}{0.00787} = 3.36 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ak-sipërfaqja kontaktuese

### Forca tangjenciale

$$F_t = \mu \cdot F_n$$

### Forca normale

$$F_n = \left(\frac{\sigma_{max}}{2}\right) \cdot Ak = \frac{3.36}{2} \cdot (\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 0.2222 = 1.68 \cdot 0.00787$$

$$F_n = 13221.6 \text{ N}$$

$$F_t = 0.41 \cdot 13221.6 = 5420.856 \text{ N}$$

### Ngarkesa e automjetit në disk

$$F_v = m \cdot g \cdot r_v = 1795 \cdot 9.81 \cdot 0.3 = 5282.685 \text{ N}$$

rv- raporti i shpërndarjes së peshës së automjetit në akse

### Forca totale

$$F_t = F_n + F_t + F_v = 13221.6 + 5420.856 + 5282.685 = 26125.141 \text{ N}$$

<sup>32</sup> Low gear-paraqet mekanizmin i cili bën që një automjet me rrota të lëvizë ngadalë, për shkak të një raporti të ulët midis shpejtësisë së rrotave dhe atij të mekanizmit që i drejton ato.

### Momenti i përdredhjes gjatë frenimit

$$T = F \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} = 26125.141 \cdot \frac{0.136 + 0.085}{2} = 26125.141 \cdot 0.1105 = 2886.828 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Puna e kryer=Energjia e frenimit (E)=Nxehtësia e gjeneruar (Hg)

$$E = F \cdot x$$

x – distanca e frenimit

$$x = \frac{E}{F} = \frac{1130850}{26125.141} = 43.285 \text{ m}$$

### Rritja e temperaturës

$$\Delta T = \frac{E}{\rho \cdot V \cdot Sp_h} = \frac{1130850}{7200 \cdot 0.00135 \cdot 460} = \frac{1130850}{4471.2} = 252.9187 \text{ }^\circ\text{C}$$

### Fluksi i nxehtësisë

$$H_f = \frac{Hg}{A \cdot t} = \frac{1130850}{[(\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 5.1]} = \frac{1130850}{0.18} = 6282.5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

### Koha e depërtimit të nxehtësisë

$$Ht = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{5 \cdot td}$$

### Difuziteti termik

$$td = \frac{pt}{\rho \cdot Sp_h} = \frac{52}{7200 \cdot 460} = 15.7 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$

$$Ht = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{5 \cdot td} = \frac{11.5^2}{5 \cdot 15.7} = \frac{132.25}{78.5} = 1.685$$

## ***Kalkulimet statike dhe termike për materialin Al/5%SiC***

### **Koha e frenimit**

$$t = \frac{v}{a} = \frac{30}{5.9} = 5.10 \text{ s}$$

### **Energjia e frenimit**

$$E = \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2\right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \left(1 + \frac{I}{m \cdot r^2}\right) = \frac{k \cdot m \cdot v^2}{2} = \frac{1.4 \cdot 1795 \cdot 30^2}{2} \\ = 1130850 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Përvetësohet  $k=1.4$

### **Fuqia e frenimit**

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1130850}{5.10} = 221.7353 \text{ kW}$$

### **Momenti i përdredhjes së frenimit**

$$T = Ft \cdot R = F \cdot \frac{r_1 + r_2}{2}$$

### **Presioni i aplikuar në disk gjatë frenimit (max)**

$$\sigma_{max} = \frac{1.5 \cdot m \cdot g}{Ak} = \frac{1.5 \cdot 1795 \cdot 9.81}{[(\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 0.2222]} = \frac{26413.425}{0.00787} = 3.36 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ak-sipërfaqja kontaktuese

### **Forca tangjenciale**

$$F_t = \mu \cdot F_n$$

### **Forca normale**

$$F_n = \left(\frac{\sigma_{max}}{2}\right) \cdot Ak = \frac{3.36}{2} \cdot (\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 0.2222 = 1.68 \cdot 0.00787$$

$$F_n = 13221.6 \text{ N}$$

$$F_t = 0.3 \cdot 13221.6 = 3966.48 \text{ N}$$

### Ngarkesa e automjetit në disk

$$F_v = m \cdot g \cdot r_v = 1795 \cdot 9.81 \cdot 0.3 = 5282.685 \text{ N}$$

rv- raporti i shpërndarjes së peshës së automjetit në akse

### Forca totale

$$F_t = F_n + F_t + F_v = 13221.6 + 3966.48 + 5282.685 = 22203.08 \text{ N}$$

### Momenti i përdredhjes së frenimit

$$T = F \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} = 22203.08 \cdot \frac{0.136 + 0.085}{2} = 22203.08 \cdot 0.1105 = 2453.44 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Puna e kryer=Energjia e frenimit (E)=Nxehtësia e gjeneruar (Hg)

$$E = F \cdot x$$

x – distanca e frenimit

$$x = \frac{E}{F} = \frac{1130850}{22203.08} = 50.93 \text{ m}$$

### Rritja e temperaturës

$$\Delta T = \frac{E}{\rho \cdot V \cdot Sph} = \frac{1130850}{2730 \cdot 0.00135 \cdot 910} = \frac{1130850}{3353.805} = 337.18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Fluksi i nxehtësisë

$$H_f = \frac{Hg}{A \cdot t} = \frac{1130850}{[(\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 5.1]} = \frac{1130850}{0.18} = 6282.5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

### Koha e depërtimit të nxehtësisë

$$Ht = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{5 \cdot td}$$

### Difuziteti termik

$$td = \frac{pt}{\rho \cdot Sph} = \frac{128}{2730 \cdot 910} = 51.52 \frac{mm^2}{s}$$

$$Ht = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{5 \cdot td} = \frac{11.5^2}{5 \cdot 15.7} = \frac{132.25}{257.6} = 0.51 \text{ s}$$

### *Kalkulimet statike dhe termike për materialin C/SiC*

#### Koha e frenimit

$$t = \frac{v}{a} = \frac{30}{5.9} = 5.10 \text{ s}$$

#### Energjia e frenimit

$$E = \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2\right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2\right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \left(1 + \frac{I}{m \cdot r^2}\right) = \frac{k \cdot m \cdot v^2}{2} = \frac{1.4 \cdot 1795 \cdot 30^2}{2} = 1130850 \text{ Nm.}$$

Përvetësohet  $k=1.4$

#### Fuqia e frenimit

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1130850}{5.10} = 221.7353 \text{ kW}$$

#### Momenti i përdredhjes së frenimit

$$T = Ft \cdot R = F \cdot \frac{r_1 + r_2}{2}$$

#### Presioni i aplikuar në disk gjatë frenimit (max)

$$\sigma_{max} = \frac{1.5 \cdot m \cdot g}{Ak} = \frac{1.5 \cdot 1795 \cdot 9.81}{[(\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 0.2222]} = \frac{26413.425}{0.00787} = 3.36 \text{ N} \cdot m$$

Ak-sipërfaqja kontaktuese

### Forca tangjenciale

$$F_t = \mu \cdot F_n$$

### Forca normale

$$F_n = \left(\frac{\sigma_{max}}{2}\right) \cdot A_k = \frac{3.36}{2} \cdot (\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 0.2222 = 1.68 \cdot 0.00787$$

$$F_n = 13221.6 \text{ N}$$

$$F_t = 0.29 \cdot 13221.6 = 3834.246 \text{ N}$$

### Ngarkesa e automjetit në disk

$$F_v = m \cdot g \cdot r_v = 1795 \cdot 9.81 \cdot 0.3 = 5282.685 \text{ N}$$

rv- raporti i shpërndarjes së peshës së automjetit në akse

### Forca totale

$$F_t = F_n + F_t + F_v = 13221.6 + 3834.246 + 5282.685 = 22338.549 \text{ N}$$

### Momenti i përdredhjes së frenimit

$$T = F \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} = 22338.548 \cdot \frac{0.136 + 0.085}{2} = 22338.548 \cdot 0.1105 = 2468.4096 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### Puna e kryer=Energjia e frenimit (E)=Nxhtësia e gjeneruar (Hg)

$$E = F \cdot x$$

x – distanca e frenimit

$$x = \frac{E}{F} = \frac{1130850}{22338.549} = 50.623 \text{ m}$$

### Rritja e temperaturës

$$\Delta T = \frac{E}{\rho \cdot V \cdot S_{ph}} = \frac{1130850}{2100 \cdot 0.00135 \cdot 1010} = \frac{1130850}{2863.35} = 394.939 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Fluksi i nxhtësisë

$$H_f = \frac{Hg}{A \cdot t} = \frac{1130850}{[(\pi \cdot (0.136)^2 - \pi \cdot (0.085)^2) \cdot 5.1]} = \frac{1130850}{0.18} = 6282.5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

**Koha e depërtimit të nxehtësisë**

$$Ht = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{5 \cdot td}$$

**Difuziteti termik**

$$td = \frac{pt}{\rho \cdot Sph} = \frac{6.5}{2100 \cdot 1010} = 3.06 \frac{mm^2}{s}$$

$$Ht = \frac{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{5 \cdot td} = \frac{11.5^2}{5 \cdot 3.06} = \frac{132.25}{15.3} = 8.64 \text{ s}$$

**Tabela 6.4. Përmbledhje e vlerave të fituara**

Nr.	Përshkrimi	Giza	Al/5%SiC	C/SiC
1.	Koha e frenimit [sec]	5.10	5.10	5.10
2.	Energjia e frenimit [Nm]	1130850	1130850	1130850
3.	Fuqia e frenimit [kW]	221.7353	221.7353	221.7353
4.	Presioni i aplikuar në disk gjatë frenimit (max) [N/mm <sup>2</sup> ]	3.36	3.36	3.36
5.	Forca normale [N]	13221.6	13221.6	13221.6
6.	Forca tangjenciale [N]	5420.856	3966.48	3834.264
7.	Ngarkesa e automjetit në disk [N]	5282.685	5282.685	5282.685
8.	Forca totale [N]	26125.141	22203.08	22338.549
9.	Momenti i përdredhjes së frenimit [Nm]	2886.828	2453.44	2468.4096
10.	Distanca e frenimit [m]	43.285	50.93	50.623
11.	Rritja e temperatures [°C]	252.9187	337.184	394.939
12.	Fluksi i nxehtësisë [kW/m <sup>2</sup> ]	6282.5	6282.5	6282.5

13.	<b>Difuziteti termik [mm<sup>2</sup>/s]</b>	15.7	51.52	3.06
14.	<b>Koha e depërtimit të nxehtësisë<sup>33</sup> [s]</b>	1.685	0.51	8.64

### 6.3. Analizimi i diskut me anë të programit ANSYS

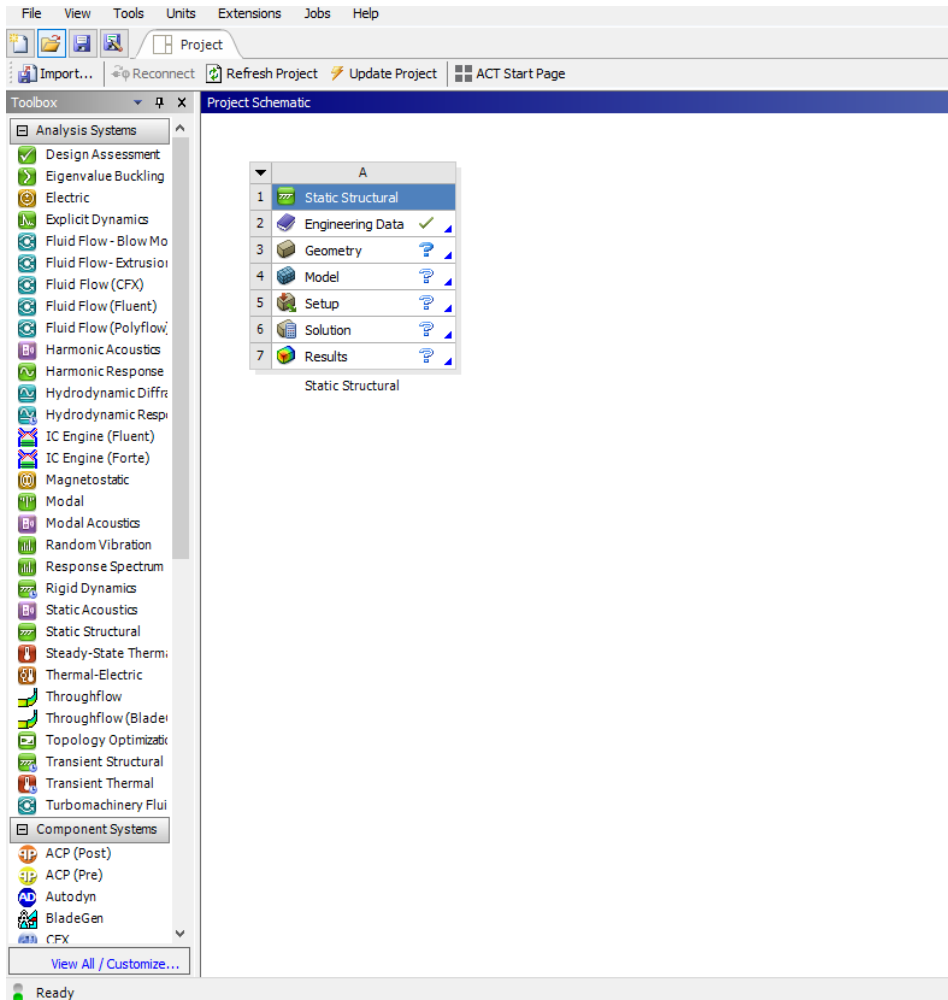
Programi ANSYS është program inxhinierik i cili shërben për simulimin numerik gjatë fazës së zhvillimit të produkteve. Funkcionaliteti përfshin të gjitha hapat e simulimeve CAE<sup>34</sup> duke përfshirë teknologjinë e simulimeve për dinamikën e fluideve, mekanikën strukturore, elektromagnetinë, multifizikë, simulimet e sistemeve e po ashtu edhe fushat e temperaturës.

Në rastin e studimit në këtë punim me anë të programit ANSYS do të bëhet analiza statike strukturore e diskut të frenimit, modeli gjeometrik është realizuar me Autodesk Inventor dhe do të ngarkohet si STEP file në Workbench. Në vazhdim do të tregohet në pika të shkurta procedura e realizimit të analizës, rezultatet e përfituara dhe interpretimi i rezultateve.

<sup>33</sup> Heat penetration time

<sup>34</sup> CAE-Computer Aided Engineering





**Figura 6.7. Faqja kryesore e Workbench të programit ANSYS, fillimi i analizës statike strukturore**

Sic mund të shihet në figurën e mësipërme në anën e majtë janë të gjitha analizat që mund të bëhen me anë të këtij programi, ne kemi përzgjedhur Static Structural dhe është hapur pjesa e projektit në anën e djathtë të sipërme të figurës. Kjo pjesë përmban të gjitha informatat që duhet të vendosen në mënyrë që të fitohen rezultatet e analizës. Tek pjesa e parë Engineering Data duhet të bëhet përzgjedhja e materialit i cili do të përdoret për modelin gjeometrik. Programi posedon një databazë të vetën me materialet inxhinierike dhe vetitë e tyre, e po ashtu programi ofron mundësinë e insertimit të materialeve të reja e po ashtu vetive të tyre. Në rastin tone kemi insertuar të dhënat për materialin gëzë, Al/5%SiC dhe C/SiC si në figurat e mëposhtme, dhe vetitë të cilat janë marrë nga tabela 6.2.

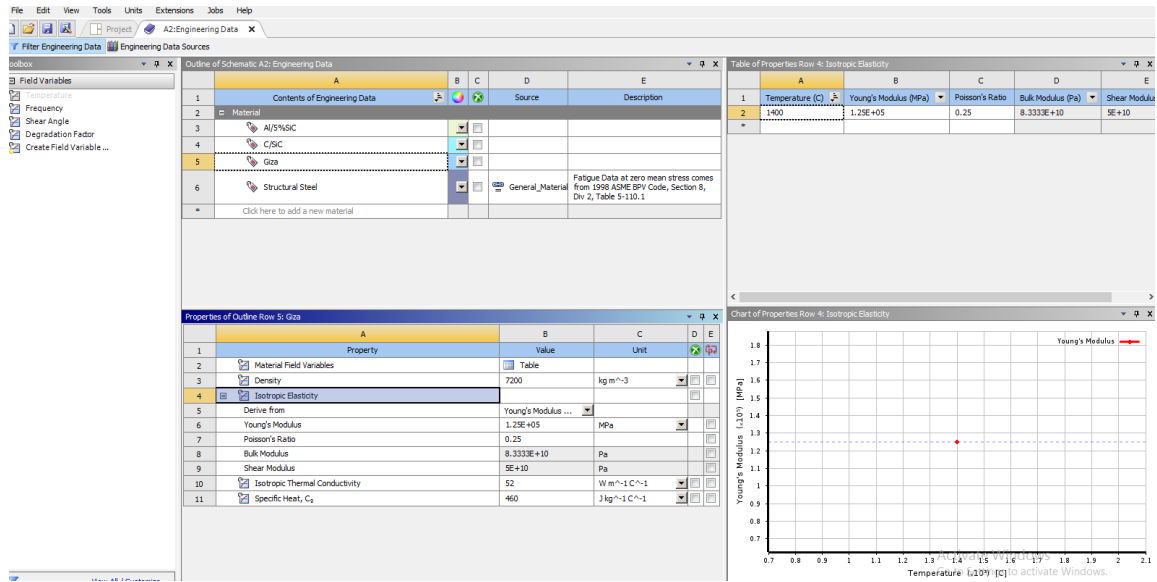


Figura 6.8. Insertimi i të dhënave për materialin gizë bazuar në të dhënat nga tabela 6.2.

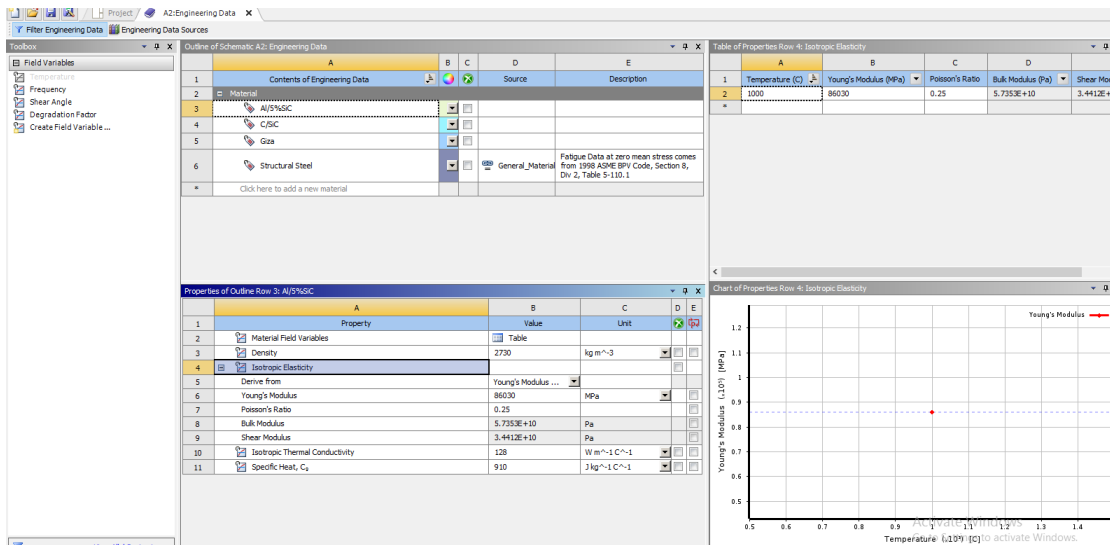


Figura 6.9. Insertimi i të dhënave për materialin Al/5%SiC bazuar në të dhënat nga tabela 6.2

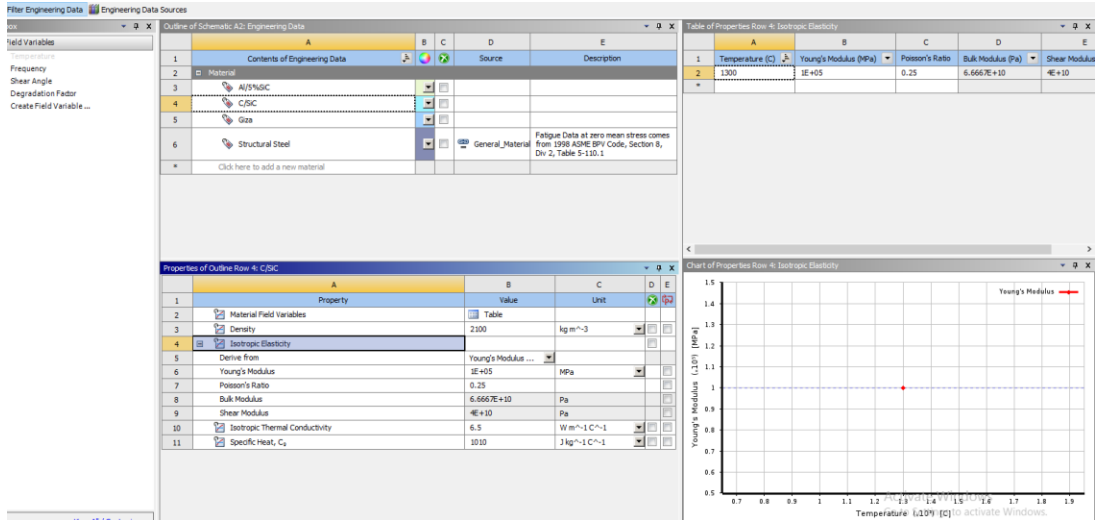


Figura 6.10. Insertimi i të dhënave për materialin C/SiC bazuar në të dhënat nga tabela 6.2.

Pasi që janë insert-uar të dhënat për materialet e shqyrtuara, do të përzgjidhet geometria që do të analizohet sipas figures në vazhdim.

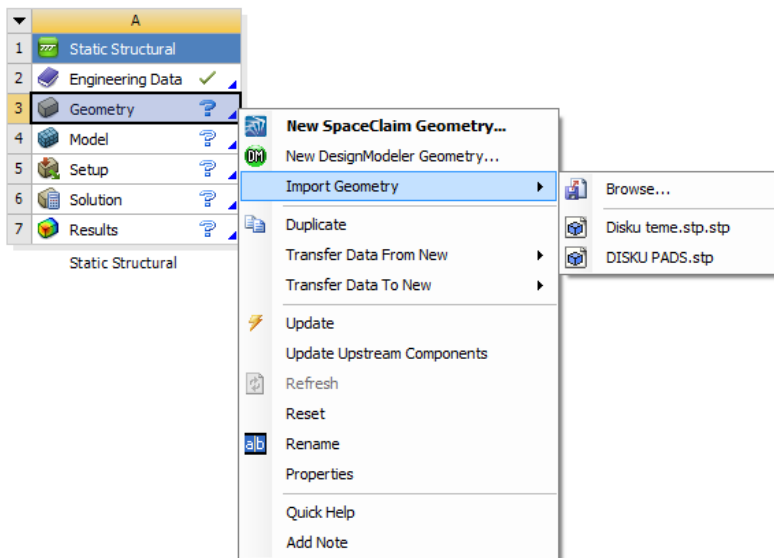
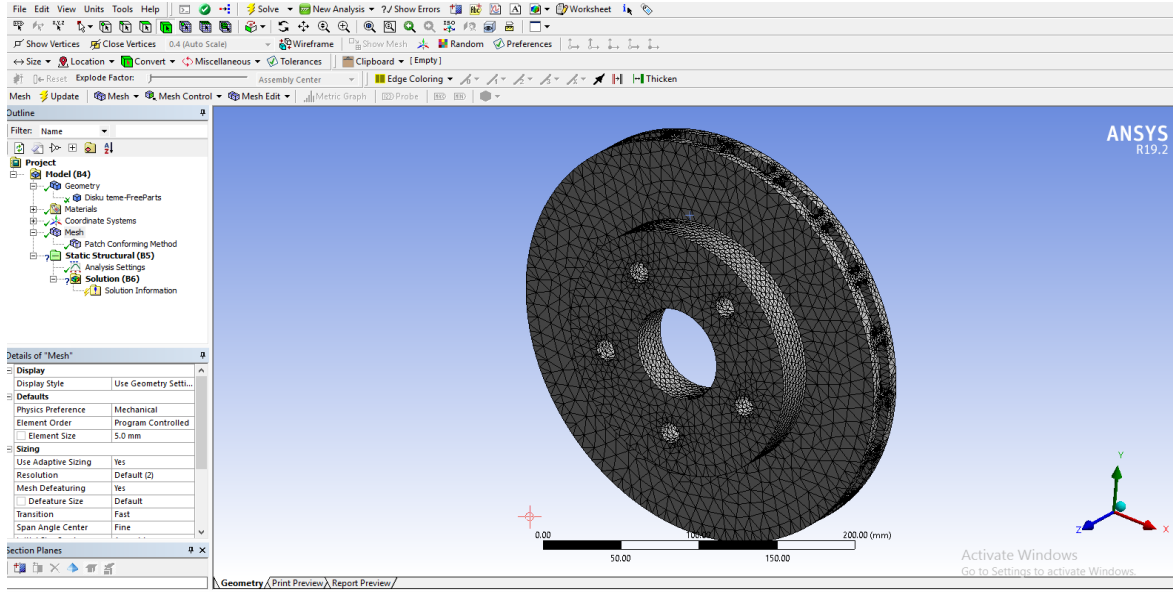


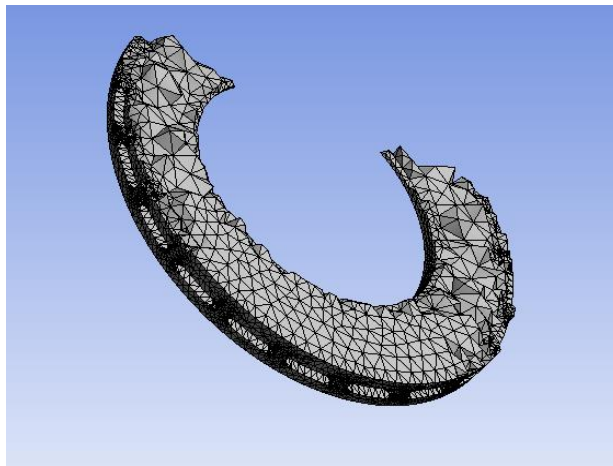
Figura 6.11. Importimi i gjeometrisë

Në figurat në vazhdim është treguar procedura e rrjetëzimit (meshing), forma e rrjetëzimit është përzgjedhur tetrahedron, madhësia e elementeve është 5 mm, numri i elementeve është 74249, numri i nyjeve është 116741.



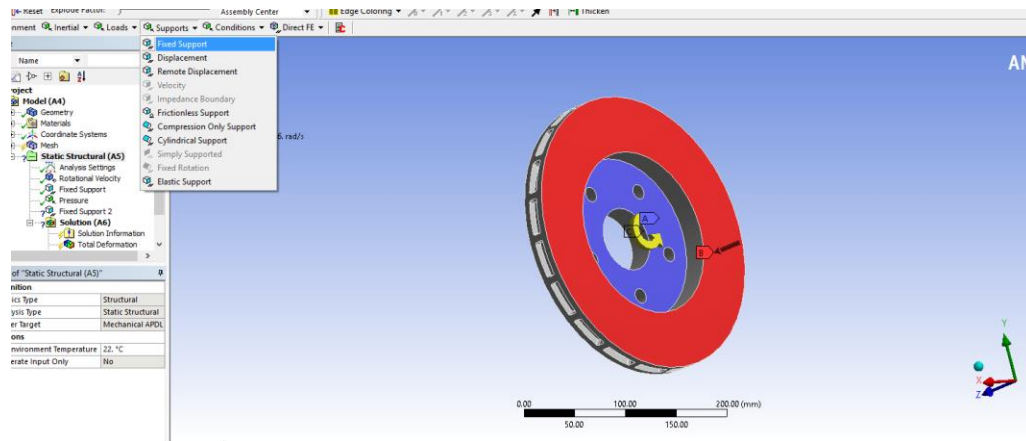
**Figura 6.12. Rrjetëzimi i modelit të diskut (Anglisht: Meshing)**

Në figurën në vazhdim është treguar një prerje e brendshme e modelit të rrjetëzuar (meshing).

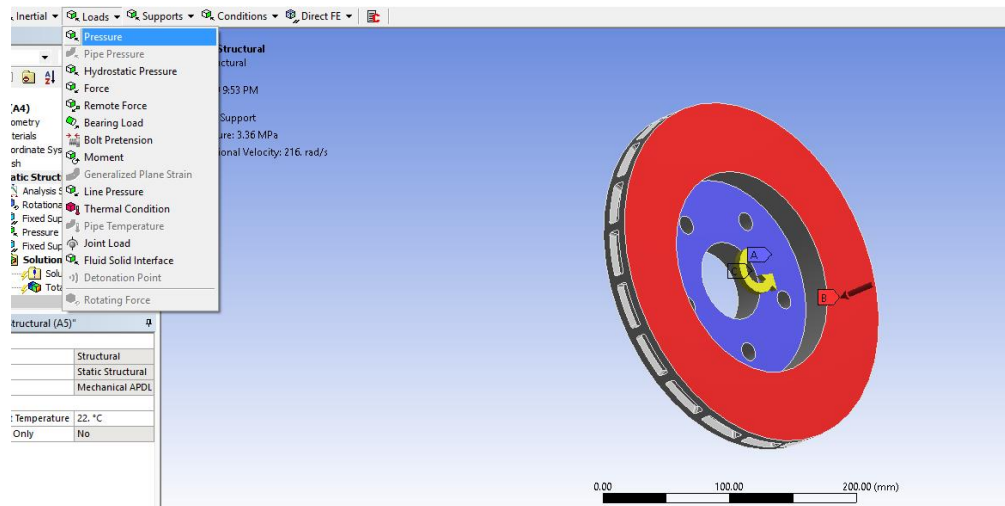


**Figura 6.13. Prerja e modelit për të dalluar rrjetëzimin në modelin gjeometrik të diskut**

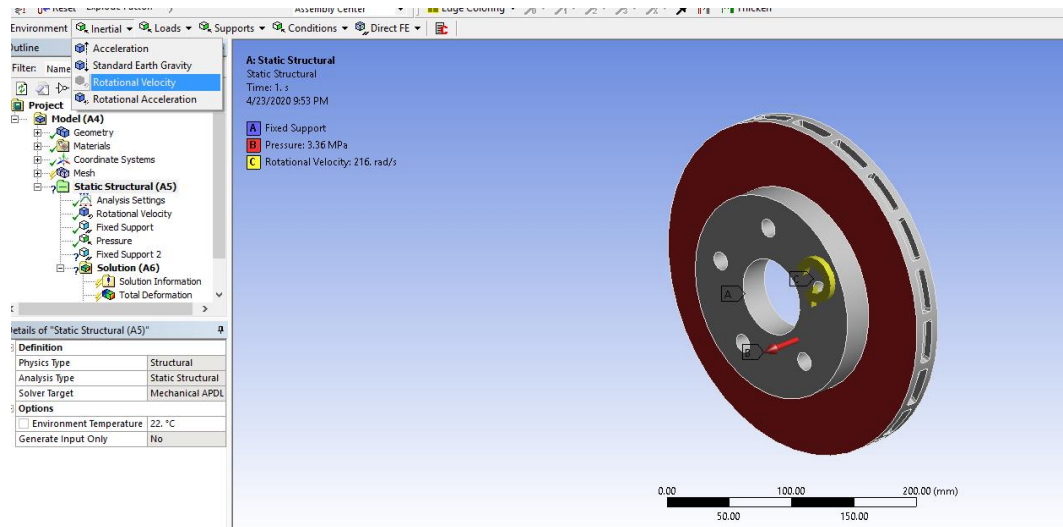
Pasi që janë përzgjedhur materiali dhe geometria dhe është bërë rrjetëzimi i detalit, mund të fillojmë me vendosjen e ngarkesave në disk. Në këtë analizë disku i nënshtrohet presionit në dy sipërfaqe me vlerë 3.36 MPa, ka një ngarkesë statike dhe ka nxitim këndor 216 rad/s.



**Figura 6.14. Aplikimi i ngarkesave – Fiksimi i disksut (Fixed support –në figurë është paraqitur me ngjyrën e kaltër)**



**Figura 6.15. Aplikimi i ngarkesave - Presioni në dy sipërfaqe (në figurë është paraqitur me ngjyrën e kuqe)**



**Figura 6.16.** Nxitimi këndor (i paraqitur me me ngjyrën e verdhë)

Metoda e njejtë është aplikuar për tri llojet e materialeve dhe janë fituar rezultatet si në vazhdim.

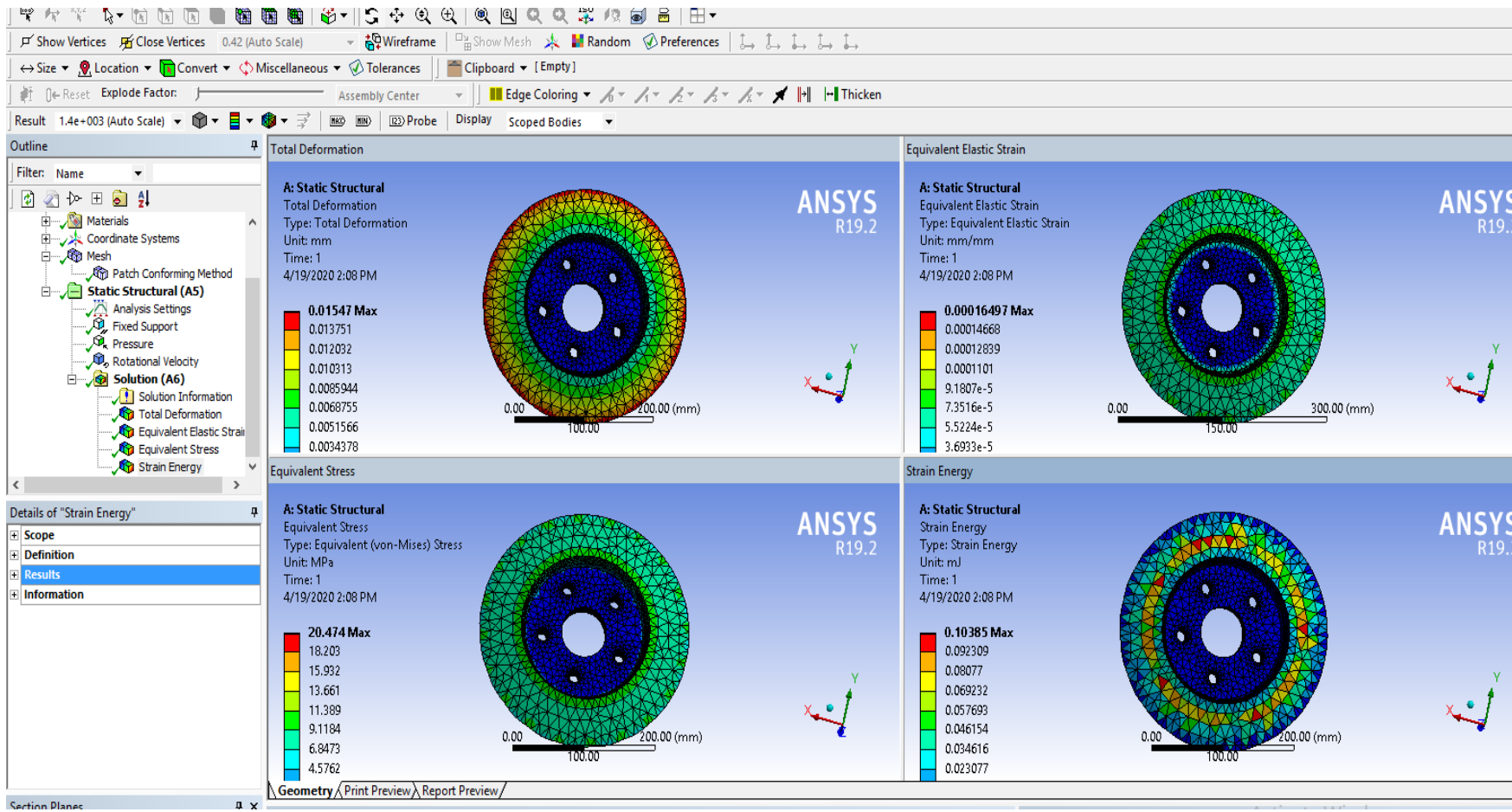


Figura 6.17. Rezultatet e fituara me programin ANSYS për materialin gëzë

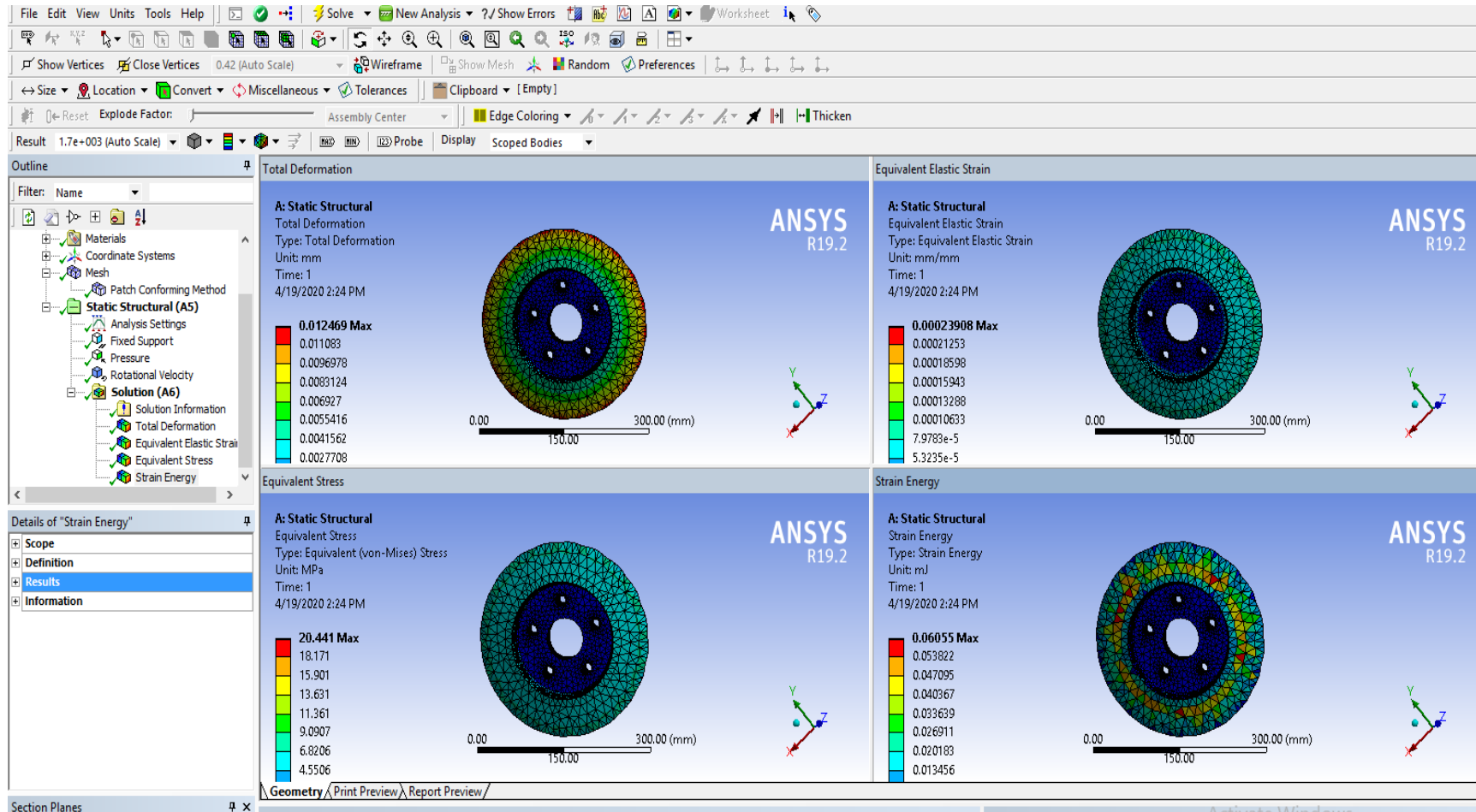


Figura 6.18. Rezultatet e fitura me programin ANSYS për materialin Al/5%SiC



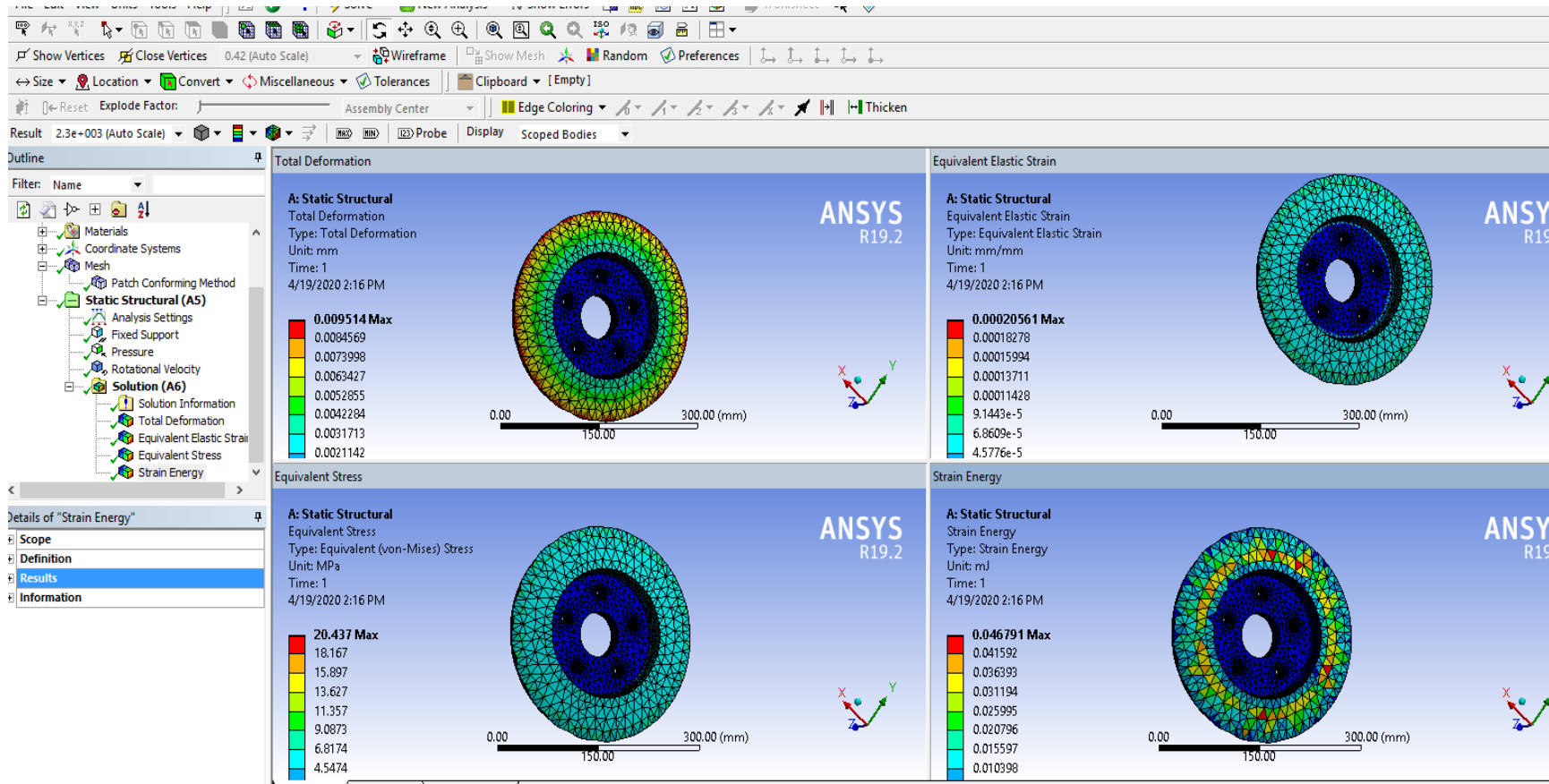


Figura 6.19. Rezultatet e fituara me programin ANSYS për materialin C/SiC

**Tabela 6.5. Përmbledhje e vlerave të fituara**

<b>Përshkrimi</b>	<b>Giza</b>	<b>Al/5%SiC</b>	<b>C/SiC</b>
<b>Deformimet totale (mm)</b>	0.01547	0.012469	0.009514
<b>Sforcimi ekuivalent (MPa)</b>	20.474	20.441	20.437
<b>Tendosja ekuivalente elastike (mm/mm)</b>	0.00016497	0.00023908	0.000205
<b>Energjia e tendosjes (mJ)</b>	0.10385	0.06055	0.046791

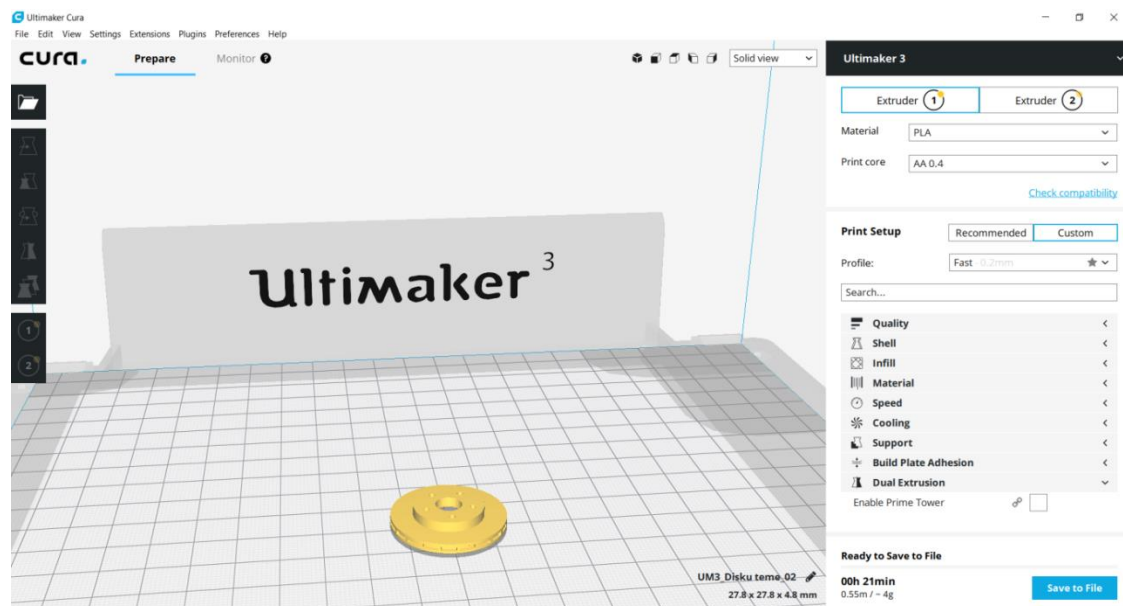
Duke u bazuar në rezultatet nga vlerat e fituara përmes analizës statike të diskut me programin ANSYS arrijmë në përfundim se nga tri materialet e përdorura për analizë, del të jetë që materiali C/SiC jep rezultatin më të mirë, mirëpo edhe materiali Al/5%SiC jep rezultate të përafërta me C/SiC. Pra materiali konvencional gizë i përdorur për prodhimin e diskut të frenimit mund të zëvendësohet me materialet kompozite si Al/5%SiC ose C/SiC.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Analiza e bërë në këtë punim është analize e përafërt pasi që nuk janë marrë parasysh të gjithë parametrat e duhur si për materialet e përdorura e po ashtu edhe për ngarkesat që veprojnë në disk. Në këtë analizë disku i nënshtrohet presionit në dy sipërfaqe me vlerë 3.36MPa, ka një ngarkesë statike dhe ka nxitim këndor 216 rad/s.

## 7. REALIZIMI I MODELIT TË DIZAJNUAR

Realizimi i modelit të dizajnuar në 3D printer është realizuar në Fakultetin e inxhinierisë Mekanike. Në vazhdim me anë të fotove do të tregohet procedura për realizimin me printimin 3D të këtij modeli.

Fillimisht importohet file STL i modelit të dizajnuar në programin e printerit 3D CURA. Lokalizohet dhe përzgjidhet materiali i cili do të përdoret për të arritur realizimin e modelit. Në rastin tonë materiali është PLA (Polylactic acid).



**Figura 7.1. Importimi i file-it STL në programin për printim CURA**

Më tutje është ndryshuar dendësia e shtresës punuese ose infill në 90%. Në figurën më poshtë janë të dhënë edhe parametrat e punës si shpejtësia dhe nxitimi i lëvizjes.

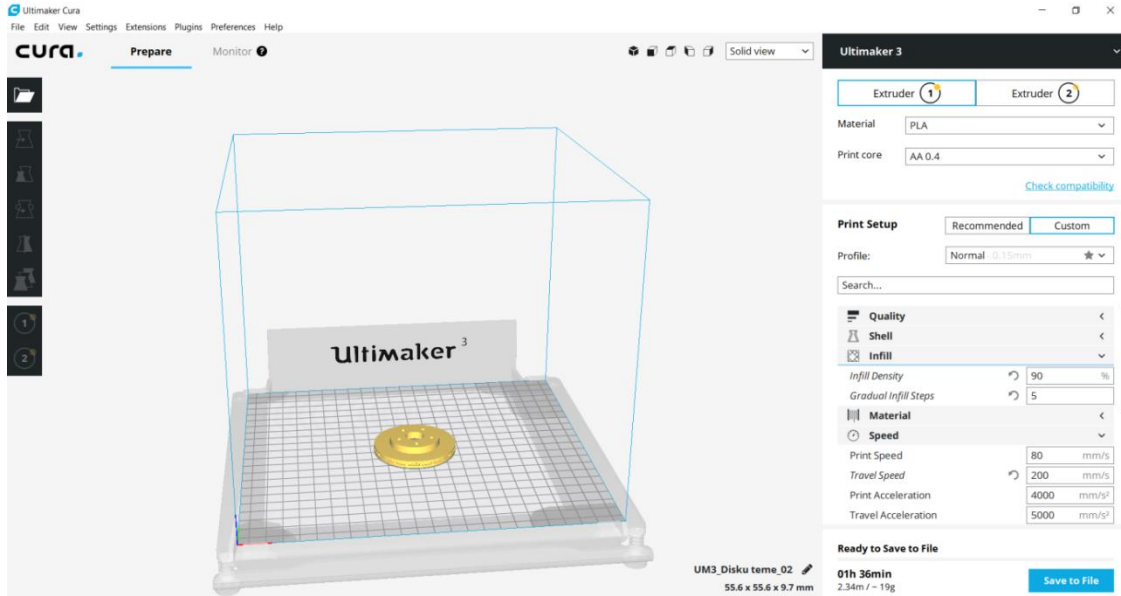


Figura 7.2. Ndryshimi i infill në 90%

Më tutje është ndryshuar trashësia e e shtresës nga 0.2 në 0.15.

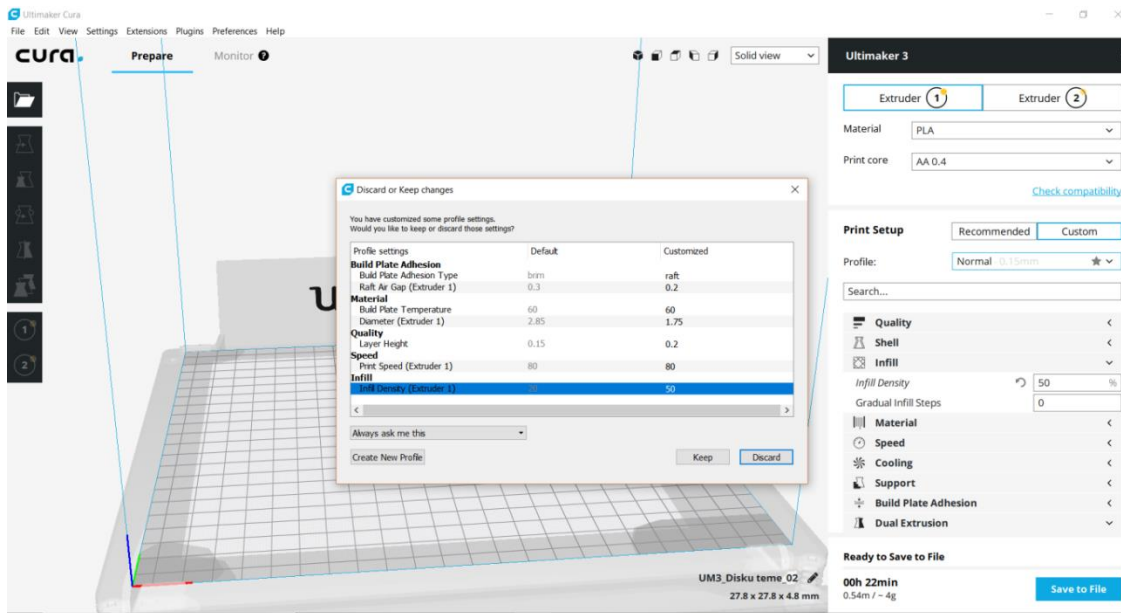


Figura 7.3. Ndryshimi i trashësisë së shtresës nga 0.2mm në 0.15mm

Në figurën më poshtë tregohen koordinatat e lëvizjes, temperatura dhe koha për realizimin e modelit.



Figura 7.4. Koordinatat, temperatura e punës dhe koha e nevojshme për përfundimin e modelit në printerin 3D

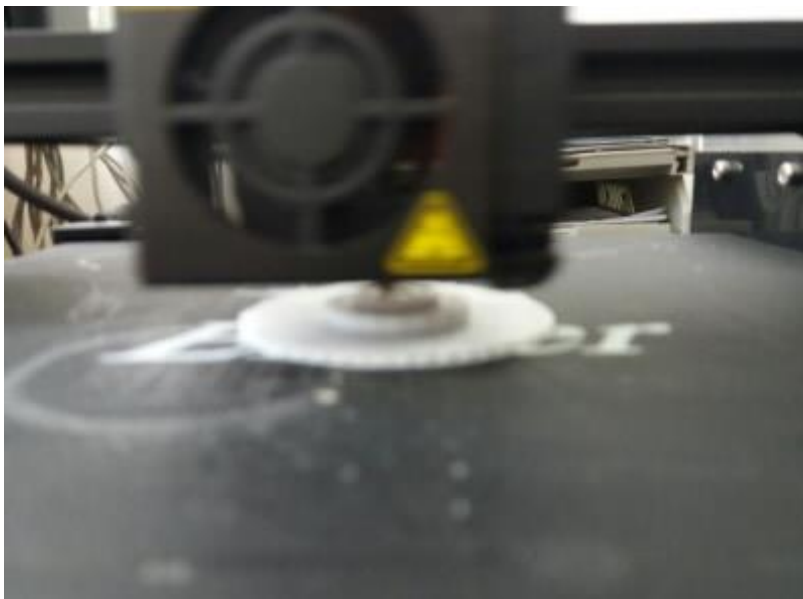


Figura 7.5. Gjatë procedurës së realizimit



**Figura 7.6. Produktet finale**

Janë realizuar dy modele mirëpo me dimensione më të vogla, kjo për shkak të përshtatjes me 3D printer. Qëllimi i realizimit të këtij modeli është për arritjen e modelit të dizajnuar.

## 8. PËRFUNDIM

Me anë të këtij punimi janë shqyrtuar literatura të ndryshme në lidhje me materialet mekanike e me theks të veçantë në materialet kompozite dhe aplikimi i tyre në industri. Si industri kryesore për aplikimin e këtyre materialeve është industria automobilistike, dhe me anë të këtij punimi janë japur shembuj të aplikimit të tyre tek automjetet.

Po ashtu është modeluar disku i frenimit të automjetit Ford Focus me anë të programit Autodesk inventor dhe ky model është realizuar me printer 3D vetëm me dimensione më të vogla.

Po ashtu është krahasuar përdorimi i materialeve gizë, Al/5%SiC dhe C/SiC për prodhimin e diskut të frenimit dhe për shkak të vetive mekanike shumë të mira është konkluduar se materialet kompozite të shqyrtuara Al/5%SiC dhe C/SiC janë shumë më të përshtatshme sesa materialet tjera që janë përdorur më herët për prodhimin e disqeve të frenimit, në rastin tonë giza. Për të vërtetuar saktësinë e këtij pohimi është bërë analizë analitike e parametrave e pastaj është analizuar përdorimi i këtyre materialeve në disk me anën e programit ANSYS, në këtë analizë disku i nënshtrohet presionit në dy sipërfaqe me vlerë 3.36 MPa, ka një ngarkesë statike dhe ka nxitim këndor 216 rad/s. Për tri llojet e materialeve të shqyrtuara parametrat janë të njejtë pra vetitë e materialeve tregojnë rezultatet se cili nga materialet jep rezultatet më të favorshme. Dhe materialet kompozite japin vlerat më relevante duke mundësuar zëvendësimin e materialeve me dendësi të lartë me ato me dendësi më të ulët dhe duke reduktuar peshën e automjetit, si dhe njëkohësisht duke arritur rezultatet e pritura. Për aplikimin e këtij modeli në praktikë nevojitet analizimi edhe i shumë faktorëve të tjerë, pasi që disqet paraqesin element jetik në sistemin e frenimit.

Nga ky punim mund të arrijmë në një përfundim se materialet kompozite janë mjaft tërheqëse për aplikim në produkte të ndryshme makinerike, për shkak të vetive të tyre superiore. Janë materiale që përdorimi i tyre po rritet përherë e më shumë me qëllimin e zëvendësimit të materialeve të mëhershme me material të cilat përveç që kryejnë funksionin e paraparë janë në harmoni me mjedisin.

## 9. LITERATURA

- [1] H. Osmani, "FIM Universiteti i Prishtinës," 2008. [Online]. Available: [https://fim.uni-pr.edu/Shpallje-dhe-rezultate-\(1\)/Bachelor/Literatura.aspx](https://fim.uni-pr.edu/Shpallje-dhe-rezultate-(1)/Bachelor/Literatura.aspx). [Accessed 2008].
- [2] M. F. Ashby, *Material Selection in Mechanical Design-Fourth Edition*, Oxford: Elsevier Ltd, 2011.
- [3] Michael Ashby, Hugh Shercliff and David Cebon, *Materials Engineering, Science, Processing and Design*, Oxford: Elsevier Lt, 2007.
- [4] J. William D. Callister, *Material Science and Engineering*, New York: John Wiley&Sons, Inc., 2007.
- [5] T. Materia. [Online]. Available: <https://www.totalmateria.com>.
- [6] P. Sanjay K.Mazumdar, *Composites Manufacturing-Materials, Product, and Process Engineering*, CRC Press LLC, 2002.
- [7] Michael F. Ashby & David R H Jones, *Engineering Materials 1*, Elsevier, 2015.
- [8] M. Ashby, "Mie," [Online]. Available: [http://www.mie.uth.gr/ekp\\_yliko/2\\_materials-charts-2009.pdf](http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/2_materials-charts-2009.pdf).
- [9] T. Dilo, *Shkenca dhe teknologjia e materialeve (Hyrje)*, Tiranë, 2012.
- [10] E. J. Barbero, *Introduction to Composite Materials Design-Third Edition*, New York: CRC Press Taylor&Francis Group, 2018.
- [11] Nick Tucker&Kevin Lindsey, *An Introduction to Automotive Composites*, Shrewsbury: Rapra Technology Limited, 2002.
- [12] C. World. [Online]. Available: <https://www.compositesworld.com>.
- [13] A. Elmarakbi, *Advanced Composite Materials for Automotive Application*, West Sussex: John Wiley&Sons Ltd, 2014.
- [14] R. F. Gibson, *Principles of Composite Material Mechanics*, Fourth Edition, Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [15] "Cranfield Aerospace Composite Repair - Group Project Thesis," [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/1-Material-usage-in-a-B787-Dreamliner-11\\_fig6\\_317167462](https://www.researchgate.net/figure/1-Material-usage-in-a-B787-Dreamliner-11_fig6_317167462).
- [16] K. Sitar, *Primjena kompozitnih materijala u automobiloj industrii*, Varazdin, 2019.
- [17] McLaren. [Online]. Available: <https://www.mclaren.com/racing/heritage/cars/1981-formula-1-mclaren-mp4-1/>.
- [18] J. Composites. [Online]. Available: <http://www.jeccomposites.com/knowledge/international-composites-news/weight-reduction-composites>.
- [19] T. H. Ford. [Online]. Available: [www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/](http://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/).
- [20] Composite. [Online]. Available: <http://compositesmanufacturingmagazine.com>.
- [21] A. R. Thryft, 14 February 2014. [Online]. Available: <https://www.plasticstoday.com/content/slideshow-adhesives-make-bmws-all-carbon-composite-body-white>.



- [22] Seminalsonly. [Online]. Available: <https://www.seminarsonly.com/mech%20&%20auto/Ceramic-Disc-Brakes.php>.
- [23] Auto. [Online]. Available: <http://www.kensautorecyclers.com/>.
- [24] A. Bharambe, "Modelling and Analysis of Disc Brake with Composite Material," *International Journal of Science and Research*, vol. 5, no. Oct 2016, p. 6, 2016.
- [25] ACDelco, "acdelco," [Online]. Available: [https://www.acdelco.com.au/pdf/catalogue/acdelco\\_catalogue\\_disc\\_brake\\_rotors.pdf](https://www.acdelco.com.au/pdf/catalogue/acdelco_catalogue_disc_brake_rotors.pdf).
- [26] M.Goindan, B.Viji, "Design and analysis of automobile brake disc by using Al/SiC MMC," *International Journal fo Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 6, no. March 2017, p. 11, 2017.
- [27] M. Ashby, *Material selection in mechanical design*, Cambridge, 2010.
- [28] Michael Clifford, Richard Brooks, Alan Howe, Andrew Kennedy, Stewart McWilliam, Stephen Pickering, Paul Shayler & Philip Shipway, *An Introduction to Mechanical Engineering-Part 1*, London: Hodder Education, 2009.
- [29] Daniel Gay, Soung V. Hoa & Stephen W. Tsai, *Composite Materials, Design and Applications*, Boca Raton, Florida: CRC Press, 2003.
- [30] A. B. Strong, *Fundamentals of Composites Manufacturing - Materials, Methods, and Applications*, Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 2008.
- [31] Isaac M. Daniel and Ori Ishai, *Engineering Mechanics of Composite Materials*, Oxford: Oxford University Press, 2006.
- [32] G. Davies, *Materials for Automobile Bodies*, Heinemann: Elsevier Ltd, 2003.
- [33] "Citeseerx," [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.138.1771&rep=rep1&type=pdf>.
- [34] WIRED, "WIRED," 30 June 2009. [Online]. Available: <https://www.wired.com/2009/06/dayintech-0630/>.
- [35] N. M. Aly, Oct 2017. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Usage-of-composites-in-Boeing-787-Dreamliner-structure-22\\_fig1\\_320951033](https://www.researchgate.net/figure/Usage-of-composites-in-Boeing-787-Dreamliner-structure-22_fig1_320951033).
- [36] P. Martensson. [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:717380/FULLTEXT01.pdf>.
- [37] Enrico Mangino, Joe Carruthers, Giuseppe Pitarresi, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.138.1771&rep=rep1&type=pdf>.
- [38] Ukessays. [Online]. Available: <https://www.ukessays.com/essays/engineering/composite-materials-in-automotive-brake-disc-engineering-essay.php>.
- [39] A. Bharambe. [Online]. Available: <https://www.ijsr.net/archive/v5i10/ART20162399.pdf>.
- [40] Omar Faruk, Jimi Tjong and Mohini Sain, *Lightweight and Sustainable Materials for Automotive Application*, New York: CRC Press, 2017.
- [41] S. Bhatwadekar, "Design, Analysis and Optimization of brake disc made of composite material for a motor cycle," *ResearchGate*, vol. 3, no. March 2017, p. 7, 2017.
- [42] D. s. R. Ramadani, *Ushtrime nga lënda Dizajn i Prodhimeve*, Prishtinë: Fakulteti i Inxhinierisë Mekanike, 2019.

## 10. SHTOJCA

Në shtojcë janë treguar disa nga diagramet e vetive të materialeve sipas Ashby-it dhe shembuj të aplikimit të tij.

### 10.1. Diagrami ngurtësi specifike - qëndrueshmëri mekanike specifike

Ky diagram shërben për përzgjedhjen e materialeve, për produktet të cilat janë në lëvizje, tek të cilat është e nevojshme që ngurtësia dhe qëndrueshmëria mekanike të jenë në vlera të mëdha mirëpo pesha e materialit të jetë e vogël. Pra në këtë diagram është pasqyruar raporti në mes të  $E/\rho$  me  $\sigma/\rho$ . Këto vlera janë matës të “efiqiencës mekanike” e cila nënkupton përdorimin e materialit me peshë të ulët mirëpo me strukturë shumë të fortë.

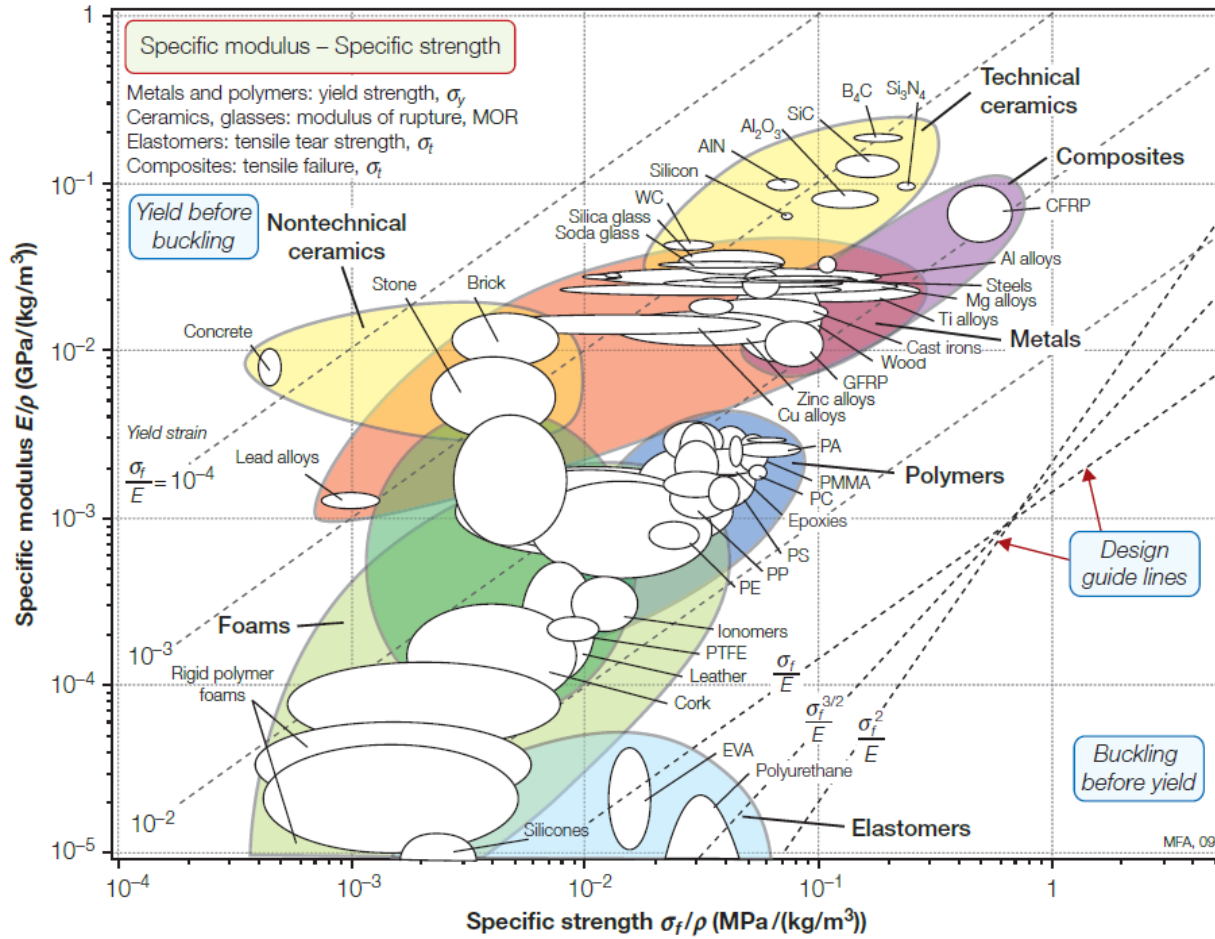


Figura 10.1. Diagrami ngurtësi specifike – qëndrueshmëria mekanike specifike. Drejtëzat udhëzuese shërbejnë për përzgjedhjen e materialeve për sustat me peshë të vogël dhe sistemet për ruajtjen e energjisë<sup>36</sup> [2]

Në bazë të diagramit mund të vërehet që materiali më i forte e me peshë të ulët është pjesë e familjes së kompoziteve i njohur si CFRP<sup>37</sup>. Ndërsa qeramikat kanë ngurtësi të lartë e po ashtu qëndrueshmëri të lartë në raport me njësinë e peshës, mirëpo janë materiale shumë të brishta, metalet kanë dendësi të lartë, ndërsa polimeret dendësi të ulët dhe në këtë mënyrë nuk janë të përdorshme për këto qëllime të parapara.

<sup>36</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

<sup>37</sup> CFRP-Carbon Fiber Reinforced Polymer Composite

## 10.2. Diagrami i përçueshmërisë termike-rezistencës elektrike

Në diagram është paraqitur raporti në mes të përçueshmërisë termike me rezistencën elektrike. Përçueshmëria termike paraqet vetinë e materialit e cila e drejton rrjedhën e nxehtësisë përmes një materiali në gjendje statike  $\lambda$ .

Secili elektron i lirë tek metalet, përmban një energji të caktuar kinetike  $3/2kT$ <sup>38</sup>, transmetimi i kësaj energjie e cila mundëson transmetimin e nxehtësisë tek metalet.

Përçueshmëria termike përshkruhet me formulën:

$$\lambda = \frac{1}{3} C_e \bar{c} l$$

$\lambda$  – përçueshmëria termike

$C_e$  – nxehtësia specifike e elektronit për njësi të vëllimit

$\bar{c}$  – shpejtësia e elektronit ( $2 \times 10^5$  m/s)

$l$  – distanca e lirë në mes të elektroneve

Përderisa tek metalet elektronet janë transmetuesit e nxehtësisë e po ashtu edhe të elektricitetit, tek materialet e tjera si qeramikat ose polimeret elektronet nuk shërbejnë për transmetimin e nxehtësisë. Tek këto materiale ky proces kryhet nga phonons<sup>39</sup>. Ato shpërndahen nga njëra tjetra, nga papastërtitë, defektet e brendshme dhe sipërfaqja, dhe po këto e përcaktojnë distancën e lirë të phonon-eve.

$$\lambda = \frac{1}{3} \rho C_p \bar{c} l$$

$\bar{c}$  – shpejtësia elastike e valëve

$\rho$  – dendësia

$C_p$  – nxehtësia specifike për njësinë e masës

<sup>38</sup> k-konstanta e Boltzmann-it

<sup>39</sup> Paraqet një sasi të energjisë ose grimca të shoqëruara nga një valë kompresive si p.sh tingulli ose lëkundja e ndonjë rrjete kristalore

Kur struktura kristalore e materialit është e rregullt përçueshmëria është shumë e lartë, ndërsa tek strukturat e parregullta si ajo amorge përçueshmëria është e ulët. P.sh qelqi ka strukturë amorge dhe është përçues i dobët, polimeret janë përçues të dobët për shkak se shpejtësia e valëve elastike është e vogël, materialet poroze janë përçues shumë të dobët si pasojë e strukturës së tyre dhe dendësisë së ulët etj.

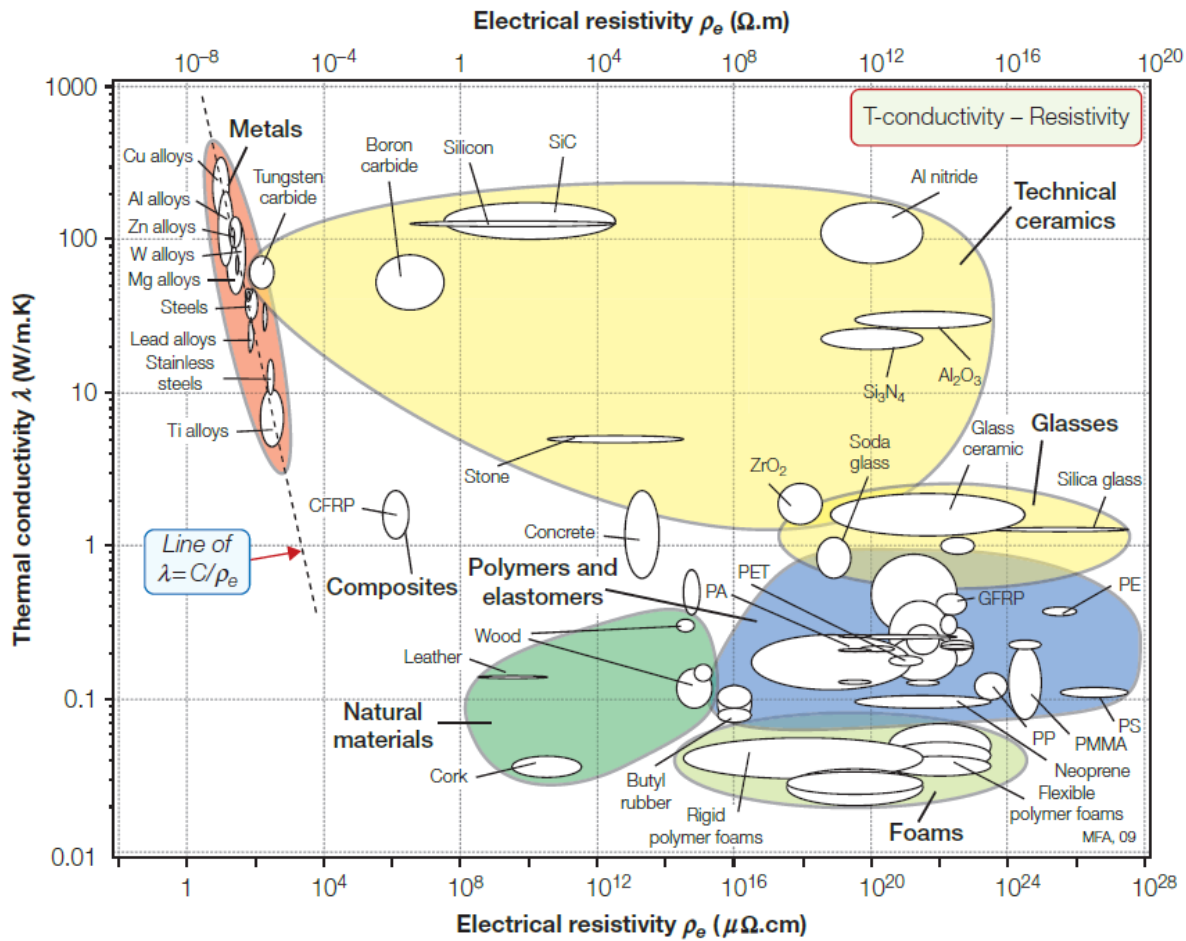
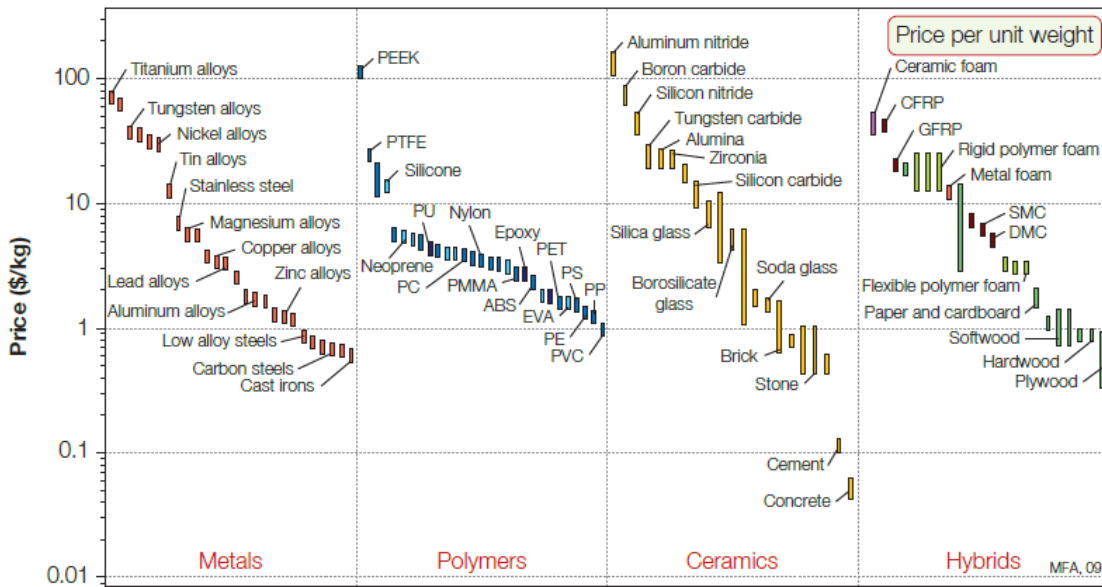


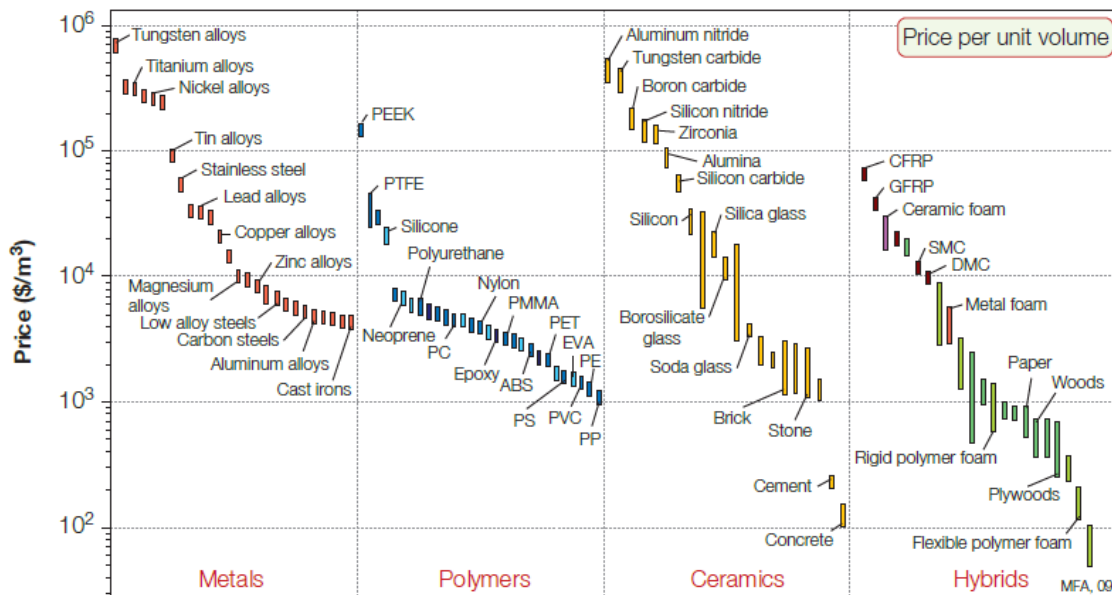
Figura 10.2. Diagrami i përçueshmërisë termike në raport me rezistencën elektrike<sup>40</sup> [2]

<sup>40</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

### 10.3. Diagrami i kostos së materialeve



(a)



(b)

Figura 10.3. (a) Diagrami i vlerave të përafërta të çmimit/kg të materialeve; (b) Diagrami i vlerave të përafërta të çmimit/m<sup>3</sup> të materialeve<sup>41</sup> [2]

<sup>41</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1

Në figurën më poshtë është pasqyruar raporti në mes të modulit E dhe kostos për njësi të vëllimit. Nga diagrami mund të vërehet se materialet e lira, të ngurta janë në anën e majtë në pjesën e sipërme.

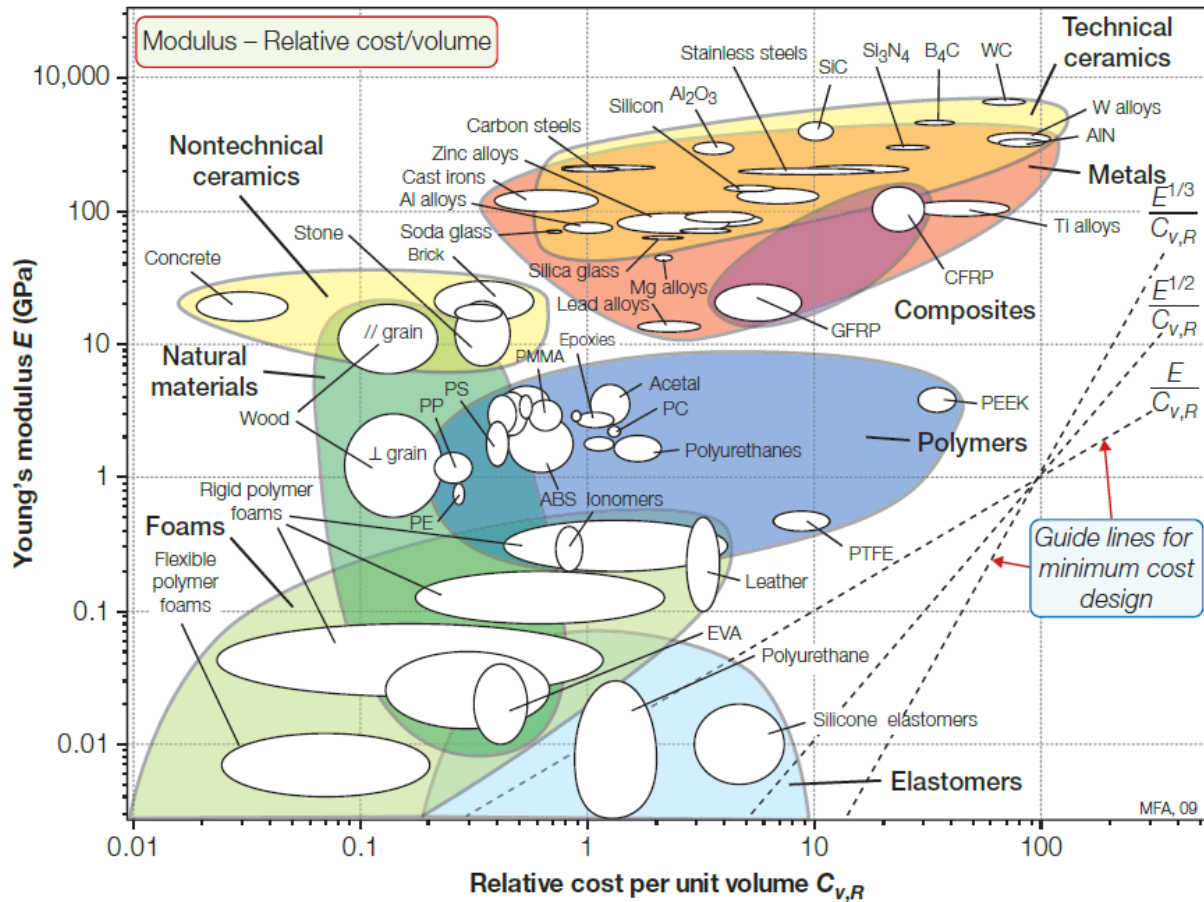


Figura 10.4. Diagrami i Modulit – Kostos relative për njësi të vëllimit. Vijat udhëzuese ndihmojnë për përzgjedhjen e materialeve me ngurtësi të lartë për njësi të Çmimit<sup>42</sup> [2]

Shembull i përzgjedhjes së materialeve duke përdorur diagramin E-ρ: Cilat materiale plotësojnë kriterete  $E > 100 \text{ GPa}$  dhe  $E^{1/3} / \rho > 0.003 \text{ (GPa)}^{1/3} / (\text{kg/m}^3)$ ?

<sup>42</sup> Termat, si dhe emërtimet e materialeve dhe vetitë janë dhënë në shtojcë të punimit në tabelën shtojcë 1





**Tabela shtojcë 1. Legjenda e fjalëve dhe shprehjeve të përdorura në figurat 2.1, 3.3, 3.4, 6.5, 10.1, 10.2 dhe 10.3.**

Anglisht	Shqip
1500 AD	1500 vjet pas erës së re
ABS ionomers (Acrylonitrile butadiene styrene)	Jonomeret ABS (Akrylonitril butadien stireni)
Acetal	Acetali
Al alloys	Lidhjet e aluminit (Al)
Al nitride	Nitridet e aluminit (Al)
AlN (Aluminium Nitride)	Nitridet e aluminit
Alumina	Oksidi i aluminit ( $Al_2O_3$ )
Aluminum alloys	Lidhjet e aluminit (Al)
Aluminum nitride	Nitridet e aluminit (Al)
Antler	Bri
Ash	Hiri
Balsa	Balsa
Bambo	Bambu
Be Alloys	Lidhjet e Beriliumit (Be)
Bone	Kocka
Boron carbide	Karbidet e borit
Borosilicate glass	Qelqet borosilikate
Brick	Tulla
Bronze	Bronzi
Buckling before yield	Shtrembërimi përpara rrjedhshmërisë
Butyl rubber	Goma butile
Carbon steels	Celqet karbonike
Cast irons	Giza
Cement	Qimento
Ceramic foam	Shkumat qeramike
Ceramics	Qeramika
Ceramics and glasses	Qeramika dhe qelqi
CFRP (Carbon Fiber Reinforced polymer)	CFRP – Polimeri i përforcuar me fibra karboni)
Composites	Kompozitet
Concrete	Betoni
Copper	Bakri
Copper alloys	Lidhjet e bakrit
Cork	Tapa
Cu alloys	Lidhjet e bakrit (Cu)
Density	Dendësia
Design guide lines	Vijat udhëzuese për dizajnin
Diamond	Diamanti
DMC (Dough moulding compound)	Formësimi me presim i pastës-brumit me fibra
Elastomers	Elastomeret
Electrical resistivity	Rezistenca elektrike
Epoxies	Epoksidet
Epoxy	Epoksidi
EVA (Ethylene-vinyl acetate)	Acetati i etilen vinilit

Fir	Bredhi
Flexible polymer foam	Shkumat polimere fleksibile
Foams	Shkumat
GFRP (glass fiber reinforced polymer)	Polimeri i përforcuar me fibra qelqi
Glass	Qelqi
Glass ceramic	Qeramika qelqore
Gold	Ari
Guide lines for minimum cost design	Vijat udhëzuese për dizajnin e kostos minimale
Guide lines for minimum mass design	Vijat udhëzuese për dizajnin e masës minimale
Hardwood	Druri i fortë
Hybrids	Hibridet
Isoprene	Izoprenet
Lead	Plumbi
Lead alloy	Lidhjet e plumbit
Leather	Lëkura
Line of $\lambda=C/\rho_e$	Vija e $\lambda=C/\rho_e$
Longitudinal wave speed	Shpejtësia e valës gjatësore
Low alloy steel	Çelik i lidhur ulët
Magnesium alloys	Lidhjet e magnezit
Metal foam	Shkumat metalike
Metals	Metalet
Mg Alloys	Lidhjet e magnezit (Mg)
Modulus of rupture	Qëndrueshmëria në shkatërrim gjatë lakimit
Natural materials	Materialet natyrore
Neoprene	Neopren
Ni Alloys	Lidhjet e nikelit (Ni)
Nickel alloys	Lidhjet e nikelit (Ni)
Nontechnical ceramics	Qeramikat joteknike
Nylon	Najllon
Oak	Lisi
Osmium	Osmiumi
PA	Poliamidi
PA (polyamide )	Poliamidi
Paper	Letra
Paper and cardboard	Letra dhe kartoni
PC (Polycarbonate)	Polikarbonati
PE (Polyethylene)	Polietileni
PEEK (Polyether ether ketone)	Ketoni i polieterit
PEEL	Lëvozhga
PET (Polyethylene terephthalate)	Polietilen tereftalati
Pine	Pisha
Plywood	Kompensatë
PMMA- Poly(methyl methacrylate)	Polimetil metakrilati

Polyester	Poliester
Polymers	Polimeret
Polymers and elastomers	Polimeret dhe elastomeret
Polyurethane (PU)	Poliuretani
Pottery	Qeramikë poçarie
PP (Polypropylene)	Polipropileni
Prehistory: 50,000 BC	Epoka parahistorike: 50 000 Para Krishtit
Present Day	Gjendja sot
Price	Çmimi
Price per unit volume	Çmimi për njësi të vëllimit
Price per unit weight	Çmimi për njësi të peshës
PS (Polystyrene )	Polistireni
Pt alloys	Lidhjet e platinit (Pt)
PTFE (Polytetrafluoroethylene)	Politetrafluoretileni (tefloni)
Relative cost per unit volume	Kosto relative për njësi të vëllimit
Rigid polymer foam	Shkumat polimerike te ngurta
Shell	Guaskë
Silica glass	Qelqi
Silicon	Silikoni
Silicon nitride	Nitridet e silikonit
Silicone carbide	Karbidet e silikonit
Silicone elastomers	Elastomeret silikone
Silver	Argjend
SMC (Sheet moulding compound)	Formësimi me presim i fletëve me fibra
Soda glass	Qelqi
Softwood	Druri i butë
Specific modulus	Moduli specifik
Specific strength	Qëndrueshmëria (soliditeti) mekanike specifike
Stainless steel	Çeliku antikorroziv
Steels	Çeliquet
Stone	Guri

Strength	Qëndrueshmëria mekanike-soliditeti
Technical ceramics	Qeramikat teknike
Tensile failure	Qëndrueshmëria në tërheqje
Tensile tear strength	Sforcimi tangjencial/ rrëshqitje
Thermal conductivity	Përcueshmëria termike
Ti Alloys	Lidhjet e titanit (Ti)
Tin	Kallaji (Sn)
Tin alloys	Lidhjet e kallajit (Sn)
Titanium alloys	Lidhjet e titanit (Ti)
Tungsten alloys	Lidhjet e volframit (W)
Tungsten carbide	Karbidet e volframit (W)
W alloys	Lidhjet e volframit (W)
WC (Tungsten carbide)	Karbidet e volframit (WC)
Wood	Druri
Wood ⊥ grain	Normal në fibrat e drurit
Wood // grain	Paralel me fibrat e drurit
Wrought iron	Hekuri I farkëtuar
Yield before buckling	Rrjedhja përpara shtrembërimit
Yield strain	Deformimi në kufirin e rrjedhshmërisë
Yield strength	Kufiri I rrjedhshmërisë
Young's modulus	Moduli I elasticitetit
Zinc alloys	Lidhjet e Zinkut (Zn)
Zirconia	Zirkoni (Zr)
Zn alloys	Lidhjet e Zinkut (Zn)
Zr alloys	Lidhjet e zirkonit (Zr)