



Universitatea “*Lucian Blaga*” Sibiu

---



**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**REZUMAT**

**Contribuții privind îmbunătățirea concepției și  
fabricației implanturilor dentare**

**Coordonator:**

**Prof. Dr. Ing. Dan-Maniu Dușe**

**Doctorand:**

**Ing. Alexandru Pașa**

**Sibiu**  
**– 2011 –**



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI  
PROTECȚIEI SOCIALE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
CERCETĂRII  
ȘI SPORTULUI

OIPOSDRU



Universitatea  
Lucian Blaga  
Sibiu

Investește în oameni!

PROIECT FINANȚAT DIN FONDUL SOCIAL EUROPEAN

ID proiect: 7706

Titlul proiectului: „Creșterea rolului studiilor doctorale și a competitivității doctoranzilor într-o Europă unită”

Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu

B-dul Victoriei, nr. 10. Sibiu

Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu

Facultatea de Inginerie „Hermann Oberth”

**Teză de doctorat – Rezumat**

# **Contribuții privind îmbunătățirea concepției și fabricației implanturilor dentare**

**Coordonator:**

**Prof. Dr. Ing. Dan-Maniu Dușe**

**Doctorand:**

**Ing. Alexandru Pașa**

**Sibiu**

**– 2011 –**

***„Energia minții reprezintă esența vieții.”***

Aristotel (384 î.e.n-322 î.e.n., filozof grec)

## Cuvânt înainte

Pierderea unui membru, a unui dinte...acestea nu sunt probleme noi, cum nu este nici preocuparea de a le înlocui. Protezarea reprezintă înlocuirea cu un material natural sau artificial a unei părți a corpului deteriorată sau pierdută în diferite circumstanțe. Încercări s-au făcut în acest sens cu peste 1000 de ani î.H., în ciuda limitărilor tehnologice și a cunoștințelor medicale precare. Cele mai complicate proceduri au fost cele în care s-a încercat protezarea prin introducerea de corpuri străine în mediul biologic - implanturile.

Organismul uman are predispoziția de a elimina corpurile străine, orice corp necompatibil cu biologia lui generând inflamații și infecții. Drept urmare s-au făcut încercări în suprimarea acestor reacții prin folosirea diverselor materiale naturale și sintetice. Astfel s-a născut implantologia rudimentară.

Lucrarea în cauză se concentrează pe restaurațiile implantare dentare, prezentând evoluția, clasificarea și caracteristicile lor, precum și procesul de dezvoltare a unui sistem îmbunătățit de implant dentar. Teza este totodată și un ghid tehnic și medical ce prezintă principalele aspecte ale implantologiei dentare, îmbinând cazuri clinice cu specificații tehnice, realizând astfel o analiza interdisciplinară a problematicii în discuție. Importanța acestui tip de restaurări este cu atât mai mare, cu cât dentiția influențează funcționarea și altor sisteme – direct a sistemul digestiv, iar indirect, prin limitările determinate de edentațiile parțiale sau totale, a sistemului nervos (psihic).

Printre subiectele abordate în lucrare se numără procedurile de inserție a implanturilor endoosoase tip șurub, situația pieței implanturilor dentare în contextul crizei economice actuale și previziuni în dezvoltarea ei viitoare, un studiu de piață ce vizează clasificarea unui număr de peste 200 de implanturi dentare din punct de vedere tehnic și medical.

Scopul cercetării îl reprezintă dezvoltarea unui sistem îmbunătățit de implant dentar prin utilizarea metodelor clasice, asistate de calculator și creative. În dezvoltarea actualului sistem de implant dentar s-a utilizat și ingineria virtuală, din considerente de optimizare a costurilor de cercetare și datorită interconectivității proceselor de proiectare-dezvoltare a produsului, facilitată de calculator, ce permite urmărirea și analiza acestora.

# Cuprins

<b>Cuvânt înainte</b> .....	4
<b>Capitolul I - Stadiul actual al dezvoltării implanturilor dentare</b> .....	6
1. Introducere în știința biomaterialelor.....	6
2. Implanturi dentare.....	7
2.1. Introducere .....	7
2.2. Istoric .....	8
3. Implantul dentar endoosos tip șurub.....	9
3.1. Structura de bază a unui implant dentar endoosos tip șurub.....	9
3.2. Protocolul de implantare a unui implant dentar endoosos tip șurub.....	10
3.3. Rata de succes a implanturilor dentare endoosoase tip șurub.....	11
3.4. Situația actuală a pieței implanturilor dentare .....	12
4. Concluzii.....	13
<b>Capitolul II - Cercetări privind dezvoltarea unui sistem îmbunătățit de implant dentar</b> .....	14
1. Metodologii de cercetare științifică .....	14
2. Analiza morfologică și funcțională aprofundată a sistemelor de implanturi dentare endoosoase actuale.....	16
2.1. Aprofundarea conceptului de implant dentar .....	16
2.3. Analiza fizică a proprietăților mecanice a implanturilor dentare reprezentative ale liderilor de piață .....	19
2.4. Concluzii .....	24
3. Proiectarea unui sistem de implant dentar endoosos tip șurub îmbunătățit.....	25
3.1. Primele etape ale procesului de proiectare.....	25
3.2. Perioada de practică obligatorie conform contractului POS_DRU.....	25
3.2.1. Concluzii și propuneri.....	28
4. Determinarea materialelor reperelor sistemului de implant dentar.....	35
5. Testarea prototipurilor sistemului implantar dezvoltat.....	38
6. Concluzii.....	39
<b>Capitolul III - Cercetări privind îmbunătățirea fabricației implanturilor dentare</b> .....	40
1. Proiectarea și optimizarea procesului de fabricație al sistemului de implant dentar .....	40
1.1. Optimizarea procesului de fabricație din punct de vedere tehnic .....	40
1.1.1. Proiectarea tehnologiei de execuție a reperului “Bont protetic”.....	40
1.1.2. Proiectarea tehnologiei de execuție a reperului “Implant dentar” .....	41
1.2. Optimizarea procesului de fabricație din punct de vedere managerial .....	42
2. Concluzii.....	44
<b>Capitolul IV - Informatizarea dezvoltării implanturilor dentare</b> .....	45
1. Informatizarea concepției și producției implanturilor dentare.....	45
<b>Concluzii finale și principalele contribuții ale lucrării</b> .....	47
<b> Direcții viitoare de cercetare</b> .....	49
<b>Bibliografie</b> .....	51

# Capitolul I - Stadiul actual al dezvoltării implanturilor dentare

## 1. Introducere în știința biomaterialelor

Pentru a avea o vedere de ansamblu asupra mediului care a favorizat dezvoltarea implanturilor, se va realiza o scurtă introducere în știința biomaterialelor, tip de materiale din care sunt confecționate toate implanturile medicale.

*Biomaterialele* reprezintă „orice substanță, sau combinație de substanțe, de origine naturală sau sintetică, cu excepția medicamentelor, care poate fi folosită [...] ca un întreg sau ca o parte componentă a unui sistem care tratează, grăbește regenerarea, sau înlocuiește un țesut, organ sau o funcție a organismului uman” [ Williams et al., 1992].

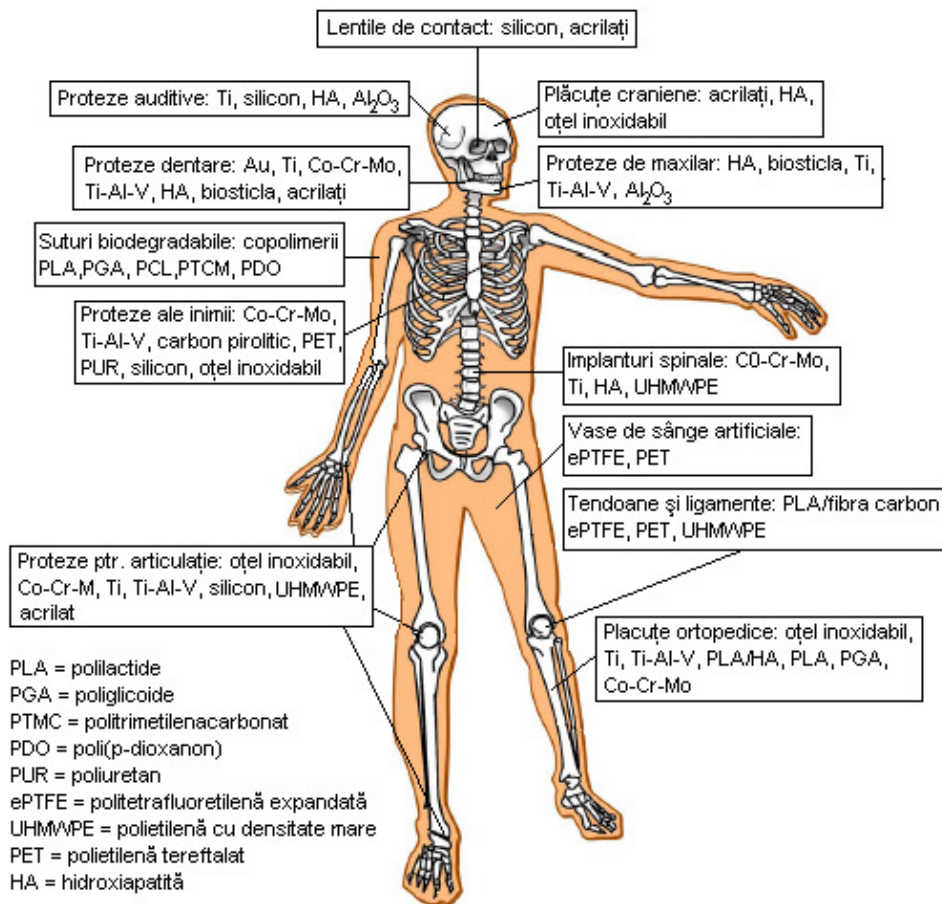


Figura 1.1.1. Aplicații ale biomaterialelor în medicină.

Știința biomaterialelor studiază caracteristicile fizice, chimice și biologice ale materialelor în contextul interacțiunii acestora cu mediul biologic. [Demian , 2007]

Conform acestei interacțiuni, biomaterialele se clasifică în:

- materiale bioinerte;
- materialele bioabsorbante;
- materiale bioactive.

Clasa biomaterialelor se deosebește de celelalte clase de materiale prin criteriul de *biocompatibilitate*, care se definește ca fiind proprietatea biomaterialelor, prin care, în urma implantării lor într-un organism viu, nu produc reacții adverse și sunt acceptate de țesuturile ce le înconjoară.

Cercetătorii Wintermatel și Mayer (1999) au extins definiția biocompatibilității și au ajuns la separarea acesteia în două categorii: *biocompatibilitatea intrinsecă* și *biocompatibilitatea extrinsecă* (funcțională). Prin biocompatibilitatea intrinsecă se înțelege faptul că suprafața implantului trebuie să fie compatibilă cu țesutul gazdă din punct de vedere chimic, biologic și fizic (incluzând morfologia suprafeței). În ceea ce privește biocompatibilitatea extrinsecă, acesta se referă la proprietățile mecanice ale materialului, cum ar fi modulul de elasticitate, caracteristicile de deformație și transmiterea optimă a solicitărilor la interfața dintre implant și țesut.

Pe plan european, seria de standarde ISO10933 (părțile 1-18, din 2002-2007) reglementează testele la biocompatibilitate a implanturilor [1]. În România , această serie de standarde a fost preluată sub numele SR EN ISO 10933 (părțile 1-18, din 2002-2007), cu indicele de clasificare CAN (Convertor Analogic Numeric) E32 „Instrumente, aparate și utilaj mecanic de uz medical”. Aceste serii cuprind atât teste in-vitro, cât și teste in-vivo.

## **2. Implanturi dentare**

### **2.1. Introducere**

Implanturile dentare sunt materiale aloplastice inerte integrate în maxilar și/sau mandibulă pentru a fii folosite în situațiile pierderii dinților (restaurări protetice) sau pentru a

ajuta la restaurarea structurilor orofaciale deteriorate/pierdute în urma traumelor, neoplastiei și defectelor congenitale [Pye et al., 2009]. În general, un sistem de implant constă din implantul propriu-zis și bontul protetic. Structura protetică restaurativă se fixează în mod tipic pe bont prin una din următoarele metode: cimentare, folosirea unui șurub ocluzal sau atașare cu pini ce permit asamblarea unei proteze mobile. Implantul este partea implantată în os, iar bontul este partea ce susține și/sau fixează structura protetică [Misch, 1999].

Cel mai larg acceptat și mai de succes, în prezent, este implantul endoosos de tip șurub din Ti, care se bazează pe descoperirea profesorului suedez Per-Ingvar Bränemark (1952) că titanul poate fi integrat cu succes în masa osoasă.

## 2.2. Istoric

S-a consemnat că în civilizația Maya s-au folosit cele mai timpurii exemple cunoscute de implanturi endoosoase (implanturi încorporate în os), cu 1.350 de ani înainte ca renumitul Per-I. Bränemark să înceapă să lucreze cu titan. În timpul excavarilor unor cimitire Maya în Honduras, în 1931, arheologii au descoperit un fragment de mandibulă de origine mayașă, datând aproximativ din anul 600 e.n.. Această mandibulă, considerată ca fiind a unei femei de douăzeci și ceva de ani, avea trei fragmente de scoică în formă de dinți fixate în alveolele a trei incisivi inferiori lipsă. Timp de patruzeci de ani lumea arheologică a considerat ca aceste scoici au fost așezate post mortem într-o manieră observată și la egiptenii antici. Totuși, în 1970 un universitar stomatolog din Brazilia, profesorul Amadeo Bobbio a studiat fragmentele de mandibulă și a făcut câteva radiografii. El a observat formațiuni osoase compacte în jurul a două dintre „implanturi”, ceea ce l-a condus la concluzia că scoicile fuseseră plasate în timpul vieții persoanei respective.

S-a mai descoperit, datând din aceeași perioadă, un craniu incaș cu toți 32 dinți individuali din cuarț și ametist.

Implantologia contemporană începe din 13-14 Iunie 1978, data când are loc Conferința Institutului American de Sănătate, Harvard. În 1980 trei factori determină continuarea implantologiei orale:

- Rezultatele Conferinței de la Harvard 1978;
- Credibilitatea științifică a studiilor de la Goeteborg (începute în 1951) conduse de P. I. Bränemark;



- Extinderea cercetărilor științifice în domeniul implantologiei.

În România problema implantologiei în stomatologie a fost tratată în anii '90 de profesorii Dan Teodorescu, A. Stanescu, E. Costa, P. Pârvu, V. Popescu ș.a. [Mihai, 1995].

### **3. Implantul dentar endosoos tip șurub**

Cele mai utilizate tipuri de implanturi dentare de pe piață la momentul actual sunt implanturile dentare endosoase tip șurub datorită stabilității ridicate la inserare și biomimetismului lor. Drept urmare cercetarea actuală se va axa pe studiul acestei grupe de implanturi dentare.

#### **3.1. Structura de bază a unui implant dentar endosoos tip șurub**

Pentru a enumera și explicita părțile componente ale unui implant dentar tip șurub, se va analiza un implant care să conțină în structura sa un număr cât mai mare de caracteristici. Pentru a evita o analiză extinsă a sistemelor de implanturi dentare existente, în acest capitol, se va alege modelul promovat în prezent de liderul de piață – Nobel Active de la Nobel Biocare.

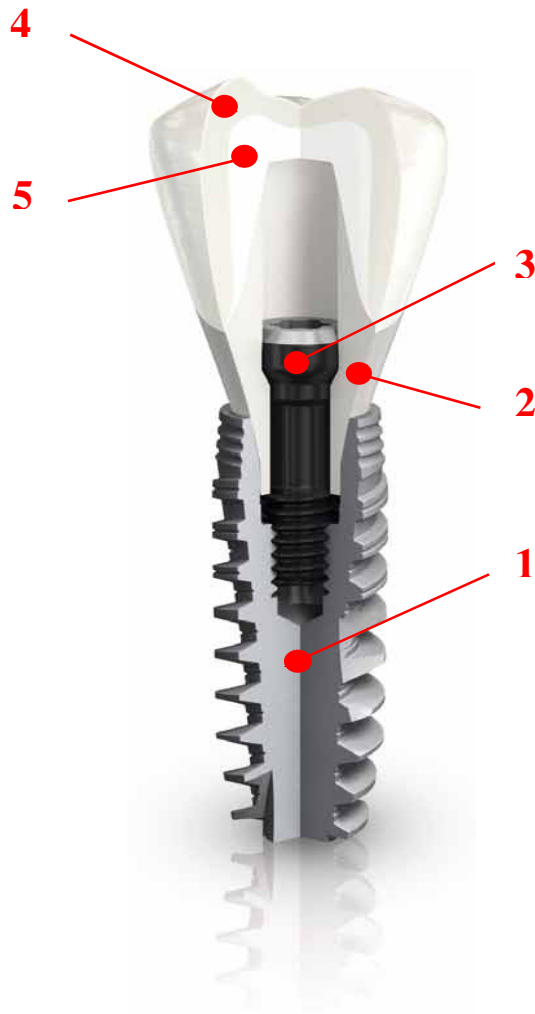
Un implant standard (tipic) este format din 3 părți principale:

- 1- corpul implantului
- 2- bontul protetic
- 3- șurubul de fixare al bontului

O structură protetică restaurativă implantară mai conține și o coroană (punte/proteză) și un sistem de fixare a suprastructurii pe bont (în general, pentru edentații parțiale, se folosește cimentul, iar pentru cele totale sisteme cu telescoape) (Figura 1.3.1).

- 4- coroana dentară
- 5- sistemul de fixare (aici reprezentat de un liant – ciment)

Corpul implantului este structura ce este inserată în os, iar bontul este montat pe acesta pentru a susține suprastructura dentară.



**Figura 1.3.1.** Partile componente ale unei structuri protetice implantare

### **3.2. Protocolul de implantare a unui implant dentar endoosos tip șurub**

Fiecare sistem de implant are propria trusă de scule de implantare. Deci sculele pot diferi în funcție de protocolul de implantare. Tendința actuală este de a simplifica protocolul și de a reduce numărul de scule. Un exemplu de o astfel de trusă este prezentat în Figura 1.3.2.

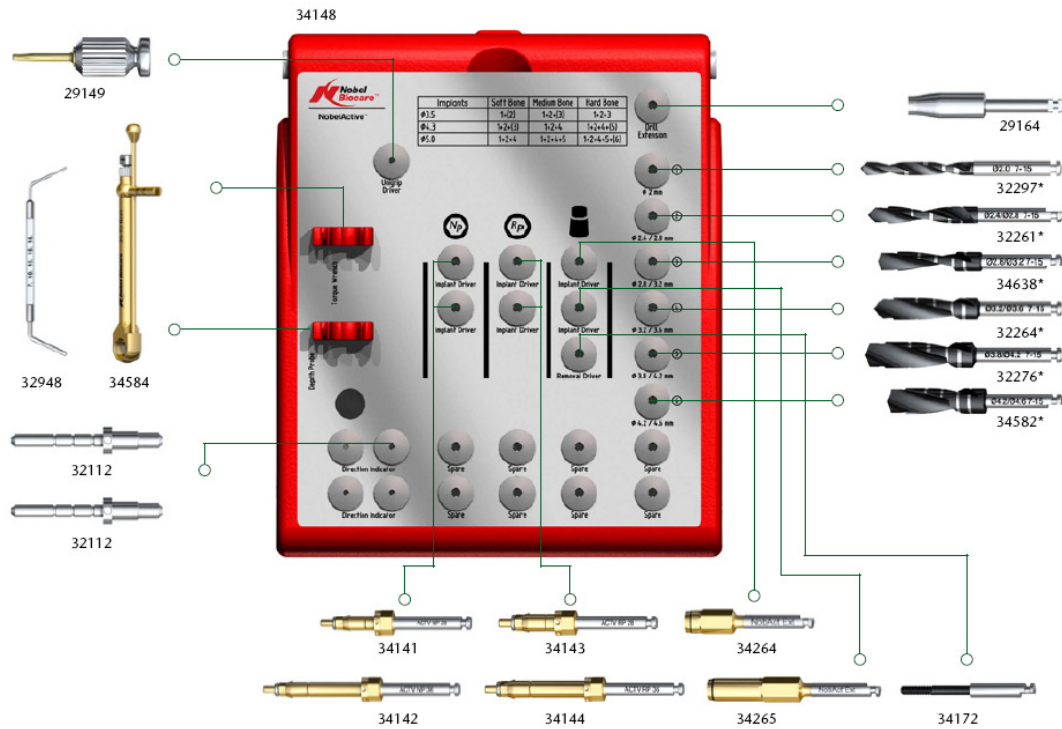


Figura 1.3.2 Exemplu de trusă de implantologie – NobelBiocare [8]

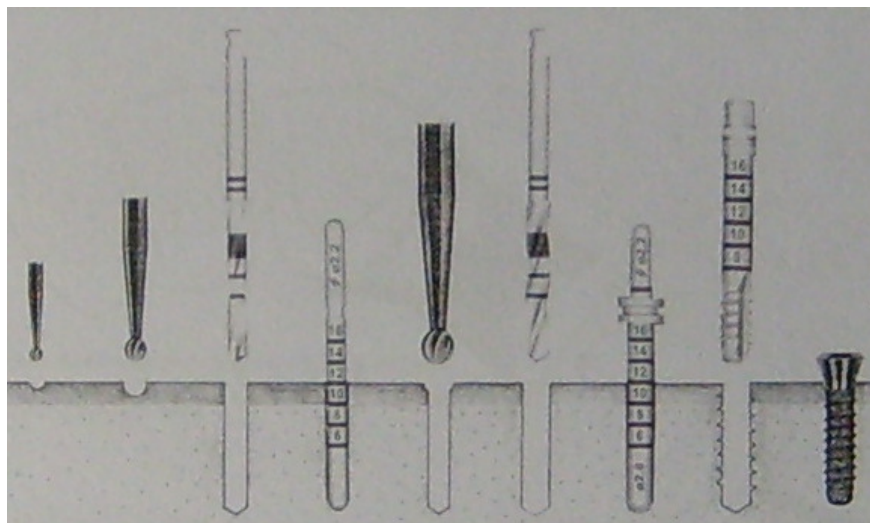


Figura 1.3.3 Protocolul general de inserare a unui implant dentar [Buser et al., 2007]

### 3.3. Rata de succes a implanturilor dentare endosoase tip șurub

Reușita implanturilor dentare depinde de îndemânarea medicului, de calitatea și cantitatea masei osoase disponibile în locația de intervenție, precum și de nivelul de igienă orală a

pacientului. Conform diverselor studii realizate, rata de succes a implanturilor variază. Conform studiului [Dodson, 2006], rata de succes a implanturilor standard ( $D > 3\text{mm}$ ) pe o perioadă de 5 ani variază între 87,9% și 91,2%. Nobel Biocare au realizat un studiu pe unul dintre implanturile lor (Mark III), și comunică o rată de succes de 99% [Allen et al., 2008]. Un alt studiu realizat în 2002 susține o rată de supraviețuire de 90,2% pentru implanturile Bicon [Vehemente et al., 2002]. După un studiu american, pe o perioadă de 13 ani, rata de supraviețuire medie a implanturilor este de 93,7% pentru pacienții care nu au prezentat afecțiuni paradontale, și de 90,6% în cazul pacienților ce sufereau de astfel de afecțiuni [Rosenberg et al., 2010]. În concluzie, pe baza studiilor enumerate, implanturile dentare au o rată generală de reușită în jurul valorii de 91%.

Pacienții fumători au parte de o rată de succes considerabil mai scăzută [Balshe et al., 2009]. Conform [Kan et al., 1999] această rată se situează în jurul valorii de 65,3%.

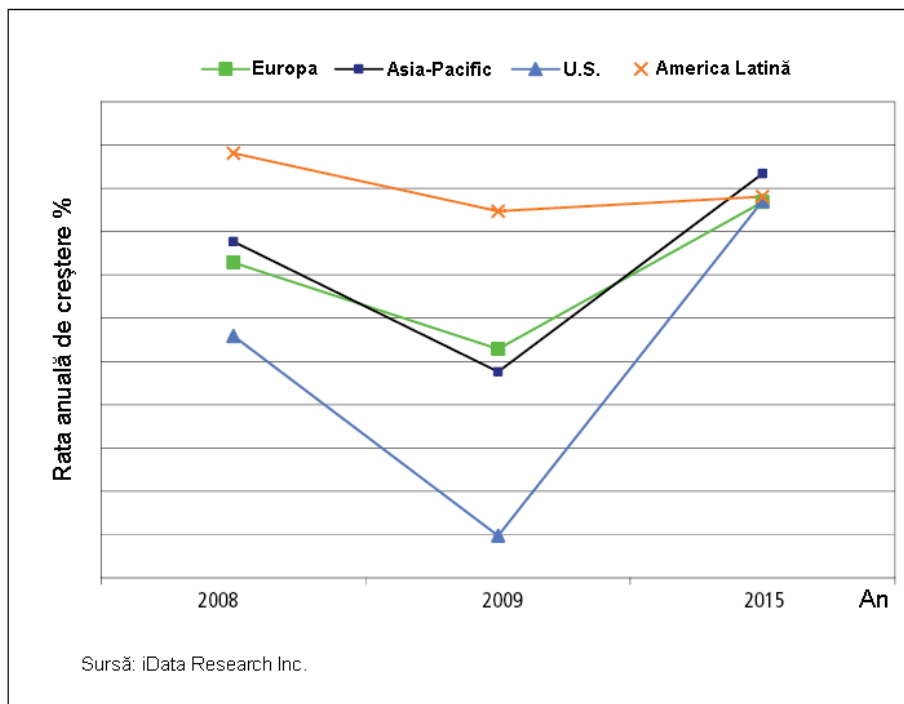
### **3.4. Situația actuală a pieței implanturilor dentare**

Se estimează că în lumea occidentală sunt aproximativ 40 de milioane de oameni cu edentație totală. Aceste cifre sunt foarte probabil mai ridicate în Asia și Africa. În prezent, piața implanturilor dentare valorează, la nivel mondial, cel puțin 2 miliarde de euro, iar cea a coroanelor și punților cel puțin 4 miliarde de euro - Nobel Biocare Annual Report 2008.

Analizând situația pieței implanturilor dentare, în contextul actualei crize financiare, după cum se observă în Figura 1.3.4, cea mai mică cădere pe piața implanturilor dentare a suferit-o America latină, iar cea mai mare America. Totuși se preconizează că în 2015, regiunea Asia-Pacific va avea cea mai mare creștere pe această piață.

În privința prețurilor, acestea diferă de la o regiune la alta, în funcție de sistemul folosit și de complexitatea procedurii de implantare – oferta osoasă, probleme de sănătate, ocluzia etc.. Astfel în America prețul unei proceduri de inserție costă între \$1,250 și \$3,000 per dinte și poate ajunge până la \$50,000 în funcție de complexitatea operației [20]. În Europa de vest prețurile pot escalada până la 60.000 - 80.000 de euro pentru restaurările edentațiilor totale ce au suferit complicații majore (pierdere de implanturi, ofertă osoasă insuficientă asociată unor probleme majore de sănătate, etc.).

În România costul unui implant dentar începe de la 500 de euro, medicul reducând drastic costul manoperei [22].



**Figura 1.3.4** Creșterea anuală comparativă între Europa, regiunea Asia-Pacific, U.S. și America latină 2008-2015 [Paterson&Kamran, 2009]

## 4. Concluzii

Analiza realizată în acest capitol reprezintă o abordare detaliată a prezentării constructive și funcționale a implanturilor dentare. Implanturile dentare endosoase tip șurub reprezintă modelul predominant de pe piața actuală.

Din punct de vedere economic, în urma studiului climatului actual s-a observat influența crizei economice actuale asupra pietei implanturilor dentare.

Piața implanturilor dentare prezintă o creștere continuă, mai ales în regiunea Asia-Pacific, prețul, notorietatea și inovațiile tehnice (inclusiv protocolul de implantare) reprezentând factori determinanți de concurență.

## ***Capitolul II - Cercetări privind dezvoltarea unui sistem îmbunătățit de implant dentar***

### **1. Metodologii de cercetare științifică**

O cercetare este considerată și acceptată drept științifică dacă și numai dacă ea este realizată printr-o metodă logică, bazată pe un mod de gândire și acțiune științific. [Rimouski, 2005]

Postulatele de bază ale cercetării științifice sunt conform [Sridhar, 2010]:

1. Se bazează pe dovezi empirice;
2. Utilizează concepte relevante;
3. Angajată doar considerațiilor obiective;
4. Presupune neutralitate etică;
5. Are ca rezultat predicții probabilistice;
6. Metodologia este făcută publică pentru analiza critică și repetabilitatea cercetării;
7. Are ca țintă formularea de axiome și teoreme generale;
8. Încurajează modul de acțiune riguros și impersonal, dictat de cerințe logice și proceduri obiective.

Considerând tema doctorală curentă, optând spre fondul informational individual descris de domnul Prof. Vitalie Belous, și luând în considerare metodele de cercetare prezentate de [Belous, 1992], [Oprean, 2006], [Du Plessis, 2003] și [Nichici, 2008], se definește următoarea programă de cercetare științifică (Tabelul 2.1.1).

**Tabelul 2.1.1.** Etape de dezvoltare a cercetării științifice

<b>Nr. Crt.</b>	<b>Etapele cercetării științifice</b>	<b>Detalierea etapelor de cercetare raportate la tema de cercetare actuală</b>
1	Definirea domeniului de analiză	Bio-inginerie
2	Definirea ramurii domeniului de cercetare	Implanturi dentare
3	Formarea echipei de cercetare	Colaborarea cu specialiștii în domeniu (medici, ingineri)
4	Definirea inițială a temei de cercetare	Contribuții în domeniul implanturilor dentare

5	Studiul stadiului actual de dezvoltare a domeniului cercetat	Stadiul actual al dezvoltării implanturilor dentare
		5.1. Studiul istoriei implanturilor dentare
		5.2. Studiul clasificărilor curente
		5.3. Studiul morfologic și funcțional generalizat
		5.4. Studiul procedurilor principale și auxiliare de implantare curente
		5.5. Studiul pieței actuale a implanturilor dentare
6	Definirea intermediară a temei de cercetare	Contribuții în domeniul implanturilor dentare endosoase tip șurub
7	Analiza morfologică și funcțională aprofundată a soluțiilor actuale, din domeniul cercetat	Analiza morfologică și funcțională aprofundată a sistemelor de implanturi dentare endosoase actuale
		7.1. Stabilirea și programarea etapelor proiectului de cercetare.
		7.2. Alegerea metodelor de cercetare.
		7.3. Realizarea fondurilor informaționale
		7.4. Analiza morfologică și funcțională aprofundată a sistemelor actuale de implanturi dentare
8	Definirea finală a temei de cercetare	Contribuții privind îmbunătățirea concepției și fabricației implanturilor dentare
9	Proiectarea / îmbunătățirea sistemului / soluției, pe baza analizei realizată anterior	Proiectarea unui sistem de implant dentar endosos tip șurub îmbunătățit
		9.1. Proiectarea și optimizarea sistemului din punct de vedere topologic
		9.2. Proiectarea și optimizarea sistemului din punct de vedere al materialului
		9.3. Proiectarea și optimizarea sistemului din punct de vedere al acoperirii și texturării suprafeței (interacțiunii cu mediul biologic)
		9.4. Proiectarea și optimizarea sistemului din punct de vedere al procesului de fabricație (tehnologiei de fabricație)

10	Testarea soluțiilor obținute	Testarea in-vitro și in-vivo (dacă este posibilă) a soluțiilor obținute
		10.1. Realizarea prototipurilor în vederea testării
		10.2. Testarea prototipurilor obținute
		10.3. Interpretarea rezultatelor testelor
		10.4. Optimizarea sistemului (dacă este necesară)
11	Publicarea / patentarea / prezentarea rezultatelor	Publicarea / patentarea / prezentarea rezultatelor

## **2. Analiza morfologică și funcțională aprofundată a sistemelor de implanturi dentare endoosoase actuale**

La baza cercetării a stat cooperarea internațională cu stomatologi, implantologi, ortodonți și tehnicieni dentari din Sibiu, Austria și Germania și cu producători de repere pentru implanturi dentare din Germania. În cercetarea științifică au fost înglobate atât metode de cercetare creativă – brain storming, asociere consonantă, matricea morfologică, comparația etc. – cât și metode empirice – testarea fizică a sistemelor de implanturi actuale și analiza cantitativă a rezultatelor.

Analiza sistemelor de implanturi dentare a fost realizată atât teoretic, cât și practic, scopul principal al cercetării fiind determinarea proprietăților fizice și bio-chimice ale acestora pentru îmbogățirea bazei de date a proiectului. Realizarea fondului informațional este un proces continuu și este înglobat în toate etapele de cercetare ale proiectului desfășurat.

### **2.1. Aprofundarea conceptului de implant dentar**

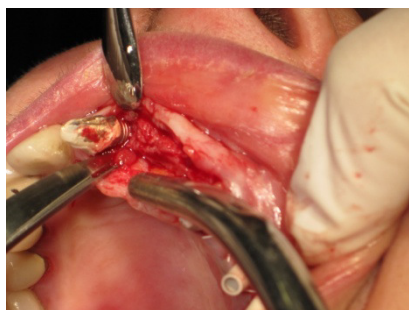
Această etapă constă într-o practică de o săptămână la cabinetul domnului doctor implantolog Prof. Dr. Med. Bernhard Broos, Peraustraße 28, 9500 Villach, Austria, între 06.12.2009 și 12.12.2009.

Scopul călătoriei a fost schimbul, colectarea și validarea de informații din domeniul implanturilor dentare și înțelegerea aprofundată a interacțiunii implant-mediul biologic.





**Figura 2.2.1.** Cabinetul domnului doctor Broos – prezentare generală



**Figura 2.2.2.** Procedura de pregătire a locului de implantare prin metoda bone-splitting

Datorită colaborării cu domnul Prof. Dr. Med. Broos s-au obținut informații referitoare la:

- sculele / instrumentele chirurgicale folosite în implantologie;
- reguli de proiectare a implanturilor dentare: funcționale și fiziologice;
- reguli de inserare a implanturilor dentare;
- complicații ce pot apărea în implantologia orală din punctul de vedere al inserării și funcționării implanturilor dentare; noțiuni de traumatologie;
- solicitările la care sunt supuse implanturile dentare;
- aproximativ 60 de sisteme de implanturi dentare.

## **2.2. Cercetarea pieței actuale de implanturi dentare**

Curentul studiu de piață își propune o clasificare tabelară cât mai extensivă a implanturilor dentare tip șurub, de pe piața actuală.

Din punct de vedere al criteriilor de clasificare, se propune analiza sistemelor atât din punct de vedere medical, cât și tehnic. Selecția criteriilor se va face pe baza celor existente și proprii, în funcție de relevanța criteriilor pentru implantolog, pentru pacient și pentru terțele părți ce doresc să se informeze despre implanturile dentare (studenți, tehnicieni, ingineri, doctoranzi, profesori etc.). Fiecare criteriu va fi punctat cu note între 1 și 5 (1 fiind cel mai mic punctaj, iar 5 cel mai mare), iar alegerea lui, cât și numărul de puncte va fi justificat.

Deoarece sănătatea pacientului este cea mai importantă, conform jurământului lui Hipocrate, iar terțele părți nu o influențează, cel puțin nu în măsura în care o influențează medicul, punctajul pentru acestea se va limita maxim la 3 puncte.

**Tabelul 2.2.1 .Criteriile conform cărora se va realiza analiza implanturilor dentare**

Nr. Crt.	Denumirea si sigla producatorului	Tara de origine	Nume sistem	Img. implant	Nr de piese ale sist.	Ø implant [mm]	l implant [mm]	Forma corpului	Dimens filetului
Forma filetului	Material	Suprafata implant	Tipul de prelucrare a suprafetei	Geometria apexului	Gulerul implantului	Contact bont – implant (i/e)	Geometria mecanismului indoxor bont - implant	Tipul de os pentru care este recomandat implantul	Note

Elementele originale aduse criteriilor deja existente sunt:

- Sigla producătorului;
- Țara de origine a producătorului;
- Optimizarea prezentării diametrelor minim și maxim și a lungimilor minime și maxime ale implantului;
- Dimensiunile filetului (dacă sunt constante sau variabile);
- Tipul de os pentru care este recomandat implantul;
- Explicitarea conexiunii bont-implant;
- Note – secțiune ce compensează lipsa oricăror alte criterii de clasificare.

Față de celelalte clasificări realizate pe această temă, studiul actual reprezintă o abordare mai detaliată a subiectului din punctul de vedere al numărului și relevanței criteriilor.

În urma studiului bibliografic realizat, se pot trasa primele caracteristici ale noului sistem de implant dentar. Deoarece nivelul de osteointegrație al unui implant este dependent de calitatea

osului în care este inserat [Truhlar et.al.,1997 ], iar în osul de tip III și IV s-a observat o cedare a interfeței implant-os în proporție de până la 35% [Jaffin&Berman, 1991], se va dezvolta un sistem de implant pentru osul moale (tipurile III și IV), pe piața implanturilor dentare existând deja numeroase sisteme de implanturi pentru os dur (tipurile I și II).

Implantul dentar dintr-o singură piesă nu este viabilă atât din punct de vedere traumatologic, cât și practic.

Deoarece este vorba de realizarea unui implant pentru os moale, este foarte importantă stabilitatea inițială a implantului în os, în general realizată prin procesul de condensare osoasă. Din acest punct de vedere, un implant filetat este net superior unuia nefiletat.

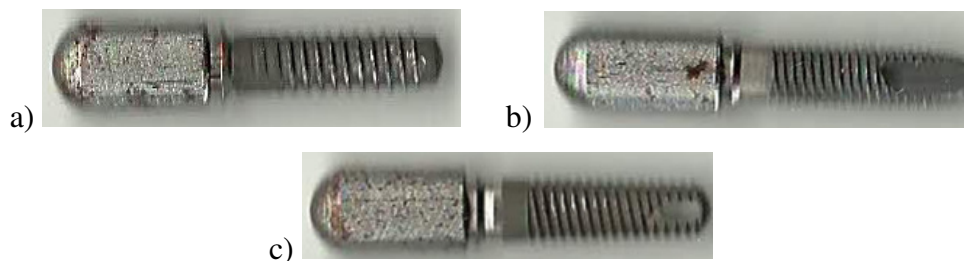
În concluzie, tipul de implant ce va fi dezvoltat va fi unul tip șurub. În acest scop, se va realiza în continuare analiza proprietăților mecanice a 3 dintre cele mai bine vândute produse de pe piață.

### **2.3. Analiza fizică a proprietăților mecanice a implanturilor dentare reprezentative ale liderilor de piață**

#### **2.3.1. Testarea fizică la compresiune**

Între 29.03.2010 și 01.07.2010 am avut ocazia de a supraveghea proiectul de cercetare realizat de către Universitatea Lucian Blaga în parteneriat cu Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării – INCDMTM București. Acest proiect a constat în verificarea proprietăților mecanice a bonturilor protetice produse de către beneficiar.

Sistemele de implanturi folosite în studiul curent sunt prezentate în Figura 2.2.3. Ele vor fi numite Sistemul A, Sistemul B și Sistemul C. Specificațiile celor două mașini de testare utilizate sunt prezentate în Tabelul 2.2.3.



**Figura 2.2.3.** Specimene ce au rezistat la testul de oboseală (5mil. cicluri)

a) Sistemul A; b) Sistemul B; c) Sistemul C

Specificațiile ansamblurilor folosite în testare pot fi observate în Tabelul 2.2.2. „Cel mai rău scenariu” a fost aplicat pentru fiecare dintre sistemele testate, însemnând utilizarea implanturilor cu cel mai mic diametru și cea mai mare lungime din fiecare sistem, și montarea speciimenelor cu grosimea minimă a gulerului pe direcția de deplasarea a berbecului de încărcare, conform ISO 14801:2007.

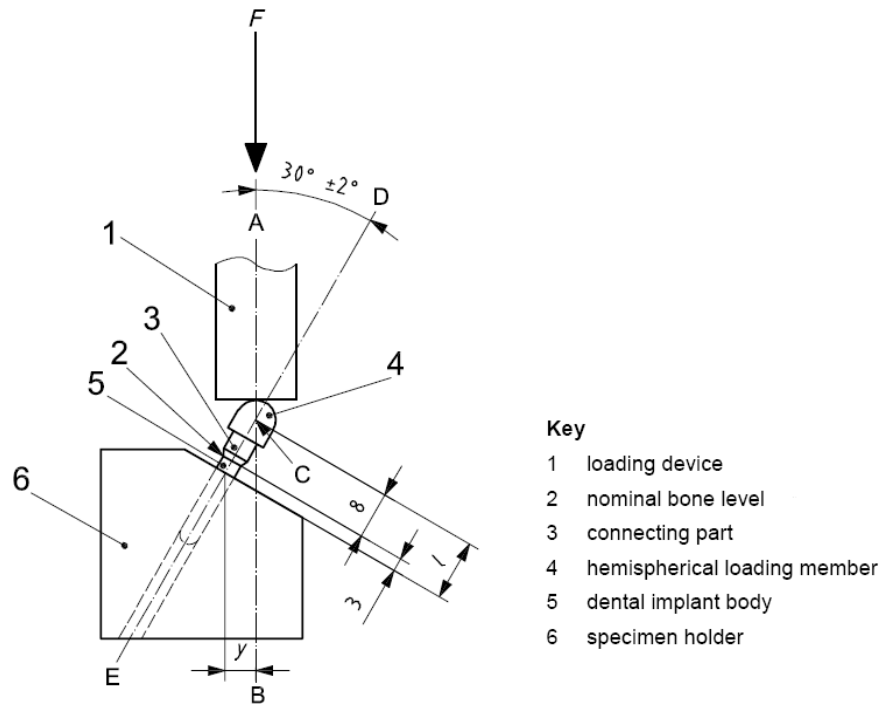
**Tabelul 2.2.2.** Specificațiile ansamblurilor folosite

Sistemul de implant	Materialul implantului	Diametrul implantului [mm]	Lungimea implantului [mm]	Bontul NT-Trading	Materialul bontului	Moment de strângere al șurubului [Ncm]
Sistemul A	Ti Grad4 CP	3,5	13	E800	Ti Grad5 CP	35
Sistemul B	Ti Grad4 CP	3,3	12	L800	Ti Grad5 CP	35
Sistemul C	Ti Grad5 CP	3,7	13	R800	Ti Grad5 CP	30

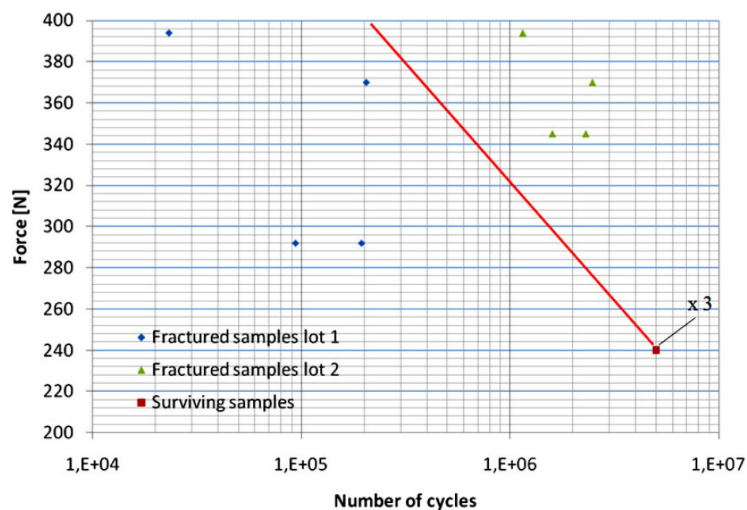
**Tabelul 2.2.3.** Instalații utilizate pentru teste conform cu specificațiile ISO 14801:2007

Echipament de încărcare statică HOUNSFIELD H10KT	Echipament de încărcare universal INSTRON 8872

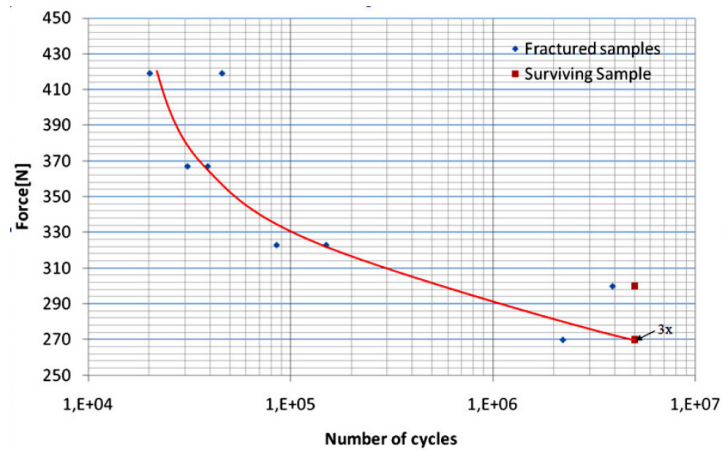
Prima etapă a testelor, prescrisă de standard este determinarea forței statice de rupere a speci­menelor. A doua etapă a constat în determinarea limitei de oboseală a sistemelor studiate. Pentru realizarea celor două tipuri de teste, a fost folosită aceeași schemă de încărcare, prezentată în Figura 2.2.4.



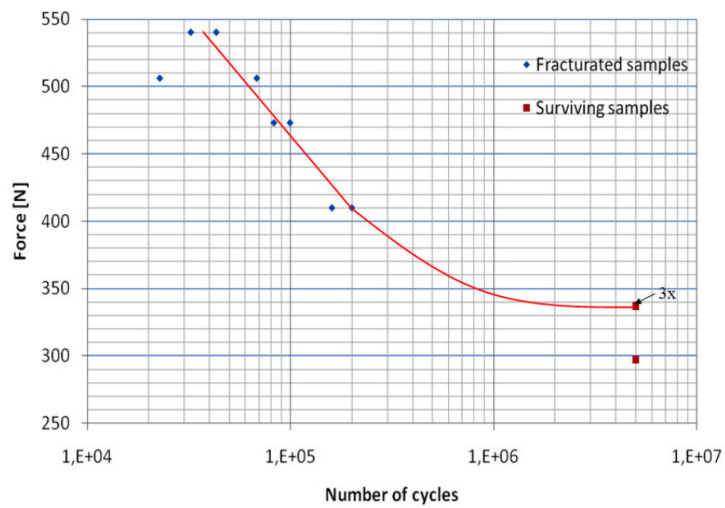
**Figura 2.2.4.** Schema de încărcare a sistemelor de implanturi fără bonturi pre-angulate – extras din ISO 14801:2007



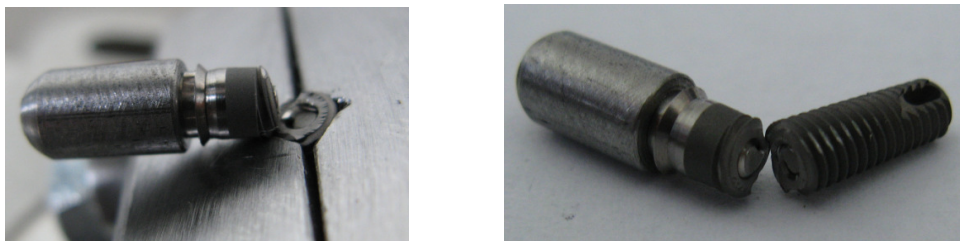
**Figura 2.2.5.** Curba Wöhler a Sistemului A



**Figura 2.2.6.** Curba Wöhler a Sistemului B



**Figura 2.2.7.** Curba Wöhler a Sistemului C



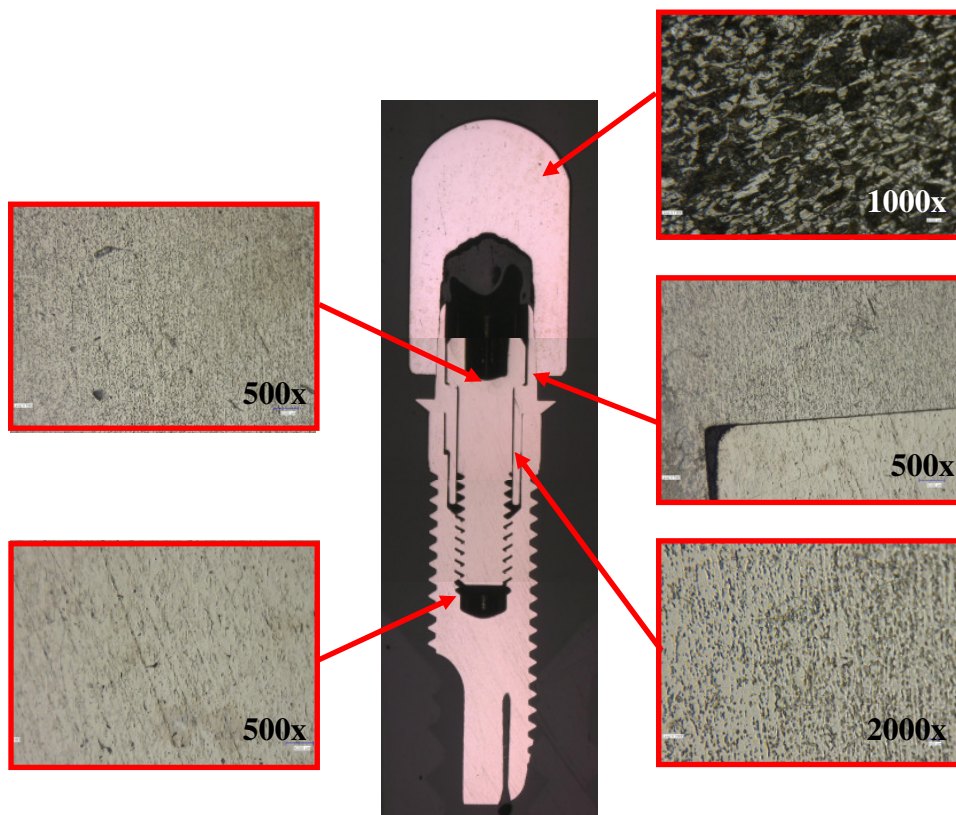
**Figura 2.2.8.** Specimene rupte în timpul testelor la oboseală

În timpul testelor, elementele care au cedat au fost implanturile, fie la nivelul dispozitivului de prindere, fie în zona grosimii minime a peretelui gulerului.

**Table 2.4.** Compararea rezultatelor analizelor

Denumirea sistemului testat	Forța statică la rupere (FEA) [N]	Forța statică la rupere (fizică) [N]	Limita de oboseală (FEA) [N]	Limita de oboseală (fizică) [N]	$\frac{F_{static}}{F_{oboseala}} \cdot 100$ FEA [%]	$\frac{F_{static}}{F_{oboseala}} \cdot 100$ fizic [%]
Sistemul A	534	492,5	332	240	62,17	48,73
Sistemul B	694	524	363	270	52,31	51,53
Sistemul C	613	675	337	337	54,98	49,93

Pentru a confirma materialul sistemelor testate și a analiza aspectele geometrice ale ansamblurilor, câte un specimen care a rezistat 5 mil. de cicluri, din fiecare sistem, a fost preparat metalografic și observat la microscop [Gammon, 2004], [Leyens&Peters, 2003], [Peters et.al, 1983], [Albrecht&Lütjering, 2000], [Lütjering&Williams, 2003].



**Figura 2.2.9.** Studiul metalografic al Sistemului A

## 2.4. Concluzii

În urma analizei critice morfologice și funcționale a peste 200 dintre actualele modele de implanturi dentare de pe piață, a testării fizice a caracteristicilor mecanice a 38 de specimene aparținând a trei dintre cele mai bine vândute sisteme de implanturi dentare din lume și a observațiilor microscopice a trei mostre preparate metalografic ce au supraviețuit 5mil. de cicluri conform ISO14801:2007, se concluzionează că:

- a) Conexiunea bont-implant conică este superioară celei plane din punct de vedere al poziționării bontului și a transmiterii forțelor în implant;
- b) Limita la oboseală pentru implanturile tip surub, rigide, cu bonturi drepte, realizate din Ti Grad4 sau Ti Grad5, cu o conexiune implant-bont conică sau plană și testate conform ISO 14801:2007, este aproximativ 50% din limita de rupere statică.
- c) Analiza cu element finit este un instrument aproximativ de analiză și rezultatele ei ar trebui confirmate de teste fizice.

Deasemenea, în urma analizelor realizate, trei caracteristici principale comune ale sistemelor cercetate se evidențiază:

- a) *Rigiditatea sistemelor osteointegrate* – forțele masticatorii sunt transmise direct în osul maxilarului/mandibulei, generând în toate cazurile resorbție osoasă. Mai mult, dintele antagonist structurii implantare este și el solicitat suplimentar datorită lipsei de deplasare a suprastructurii implantului.
- b) *Lipsa unei metode eficiente de sigilare a joncțiunii bont-implant* – în opinia autorului, o etanșare metal-metal nu este eficientă pe o durată lungă de timp (de ordinul anilor) în cazul solicitărilor axiale bidirecționale ale sistemului;
- c) *Lipsa unei soluții eficiente de aderare a gingiei la structura protetică implantară* - în lipsa unei adeziuni eficiente a gingiei la structura implant-bont-coroadă, între gingie și bont pătrund bacterii, locația implantată necesitând curățare profesională periodică. Cercetări privind acoperirea bonturilor cu aur, tantal și platină au fost realizate, dar nici o metodă nu asigură 100% aderarea gingiei la bont, acoperirea suprafeței fiind posibil îndepărtată în timp de acțiunea forțelor mecanice din cavitatea bucală.

Actuala direcție de cercetare își propune să abordeze problema rigidității implantului, din punctul de vedere al atenuării forțelor de masticație, și problema sigilării joncțiunii bont-implant.



### **3. Proiectarea unui sistem de implant dentar endoosos tip șurub îmbunătățit**

#### **3.1. Primele etape ale procesului de proiectare**

Pentru a începe dezvoltarea produsului, este necesară stabilirea cotelor de gabarit ale implantului. Deoarece standardul de testare utilizat în studiul anterior solicită investigarea proprietăților mecanice doar ale celui mai subțire și mai lung implant, se vor stabili în continuare dimensiunile implanturilor din sistem, urmând să fie definit doar implantul ce va fi testat conform ISO14801:2007. În urma clasificării realizate, rezultă că majoritatea sistemelor utilizează un diametru minim al implantului de 3,5mm, și o lungime maximă între 13 și 15mm. Se presupune că aceste dimensiuni au fost stabilite statistic de producători. Drept urmare s-au stabilit dimensiunile de plecare la  $\varnothing 3,5\text{mm}$  și  $l=15\text{mm}$ . Aplicabilitatea în practică a unui implant cu aceste cote a fost confirmată de către domnul Prof. Dr. Med. Broos, de la Universitatea Ludwig Maximilian din München, Germania, Prof. Dr. Med. Eisenburger, de la MHH (Medizinische Hochschule Hannover – Facultatea de Medicină din Hanovra) din Hanovra, Germania și de către domni Prof. Dr. Med. Nicolae și Boboc de la Universitatea Lucian Blaga din Sibiu, România.

#### **3.2. Perioada de practică obligatorie conform contractului POS\_DRU**

„Asocierea, denumită de Alex Osborn „Procedeul fundamental pentru producția de idei”, reprezintă o funcție a intelectului uman ce *stabilește legături între imaginație și memorie*. Asocierea se dezvoltă în special la persoanele cu o puternică energie imaginativă, dublată de cunoștințe bogate.” [Belous, 1992] Utilizând această metodă de proiectare creativă, denumită asociere consonantă, s-a identificat funcționalitatea unui dinte natural cu aceea a unei suspensii de mașină. Drept urmare, între 31.01.2011 și 06.05.2011, s-a realizat perioada de practică obligatorie la firma Continental AG, Stoecken, Hanovra, în cadrul departamentului de sisteme de suspensii pneumatice. Scopul practicii a fost analiza suspensiilor pneumatice și încercarea aplicării conceptelor funcționale ale acestor ansambluri sistemului de implant dentar dezvoltat.

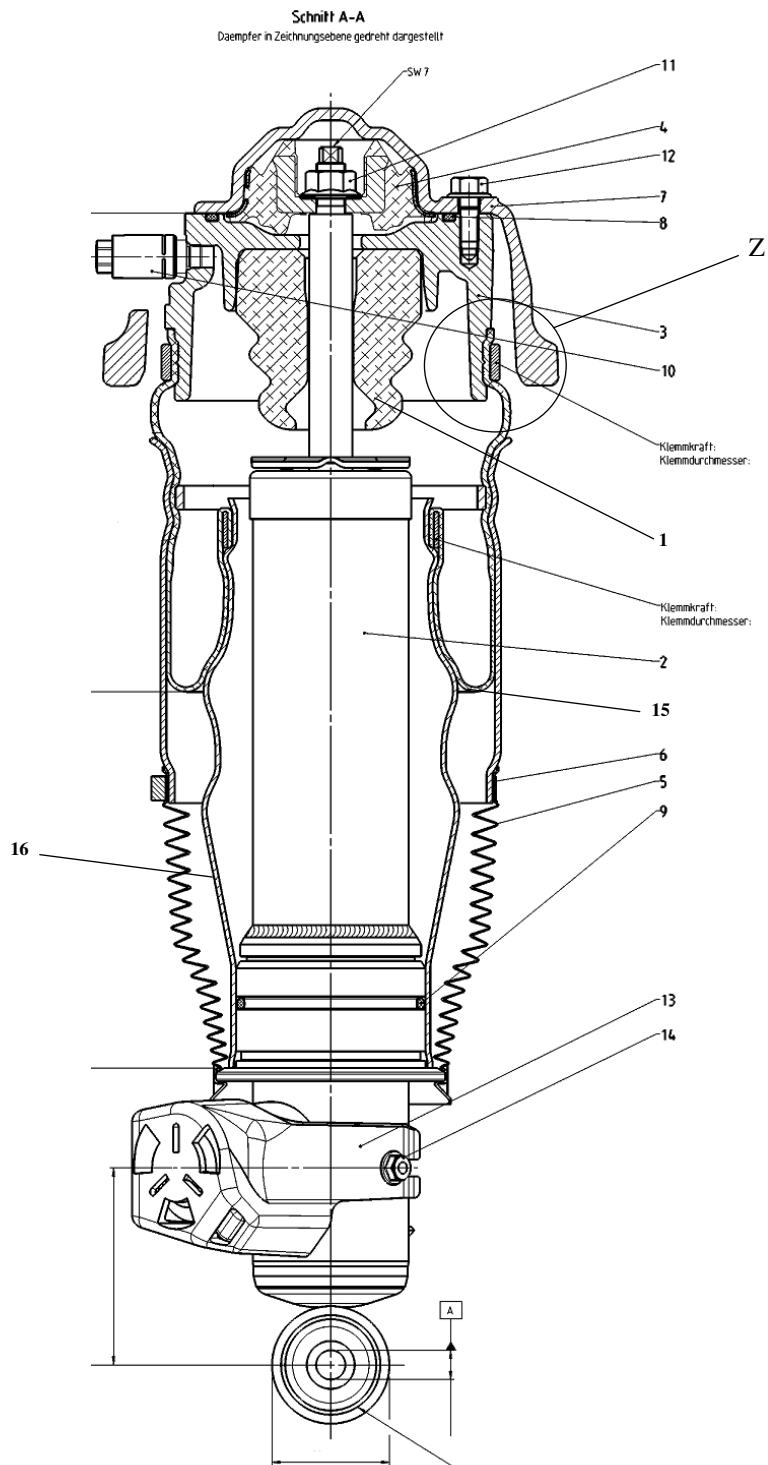
O suspensie pneumatică este formată din două părți principale: arcul pneumatic și amortizorul, care pot fi montate coaxial sau în paralel. Tipul de suspensie studiat are cele două componente montate coaxial. Gardul de detaliu al reprezentării suspensiei este limitat de legea

europăană a dreptului de autor *D.2001/29/EC*. Suspensia prezintă caracteristici funcționale similare cu ale dintelui natural, cele două entități comparate fiind solicitate la forțe mari, comparativ cu dimensiunile lor, prezentând mișcări relative față de suprafața de fixare – în cazul dintelui, față de osul maxilarului, iar în cazul suspensiei față de axul roții.

Limitările studiului sunt evident dimensionale, neputând fii încorporat un sistem pneumatic biocompatibil și competitiv din punct de vedere al costurilor într-un implant dentar. Drept urmare au fost cercetate elementele de etanșare, sistemele de fixare ale reperelor și elementele elastice ale suspensiei.



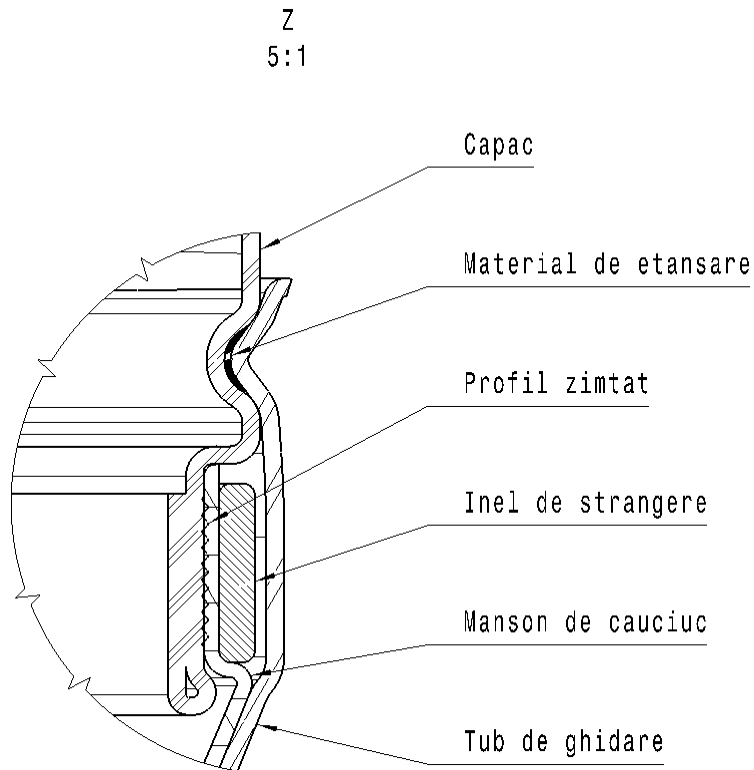
**Figura 2.3.1.** Suspensie pneumatică dezvoltată de Continental AG (VW Touareg / Porsche Cayenne)



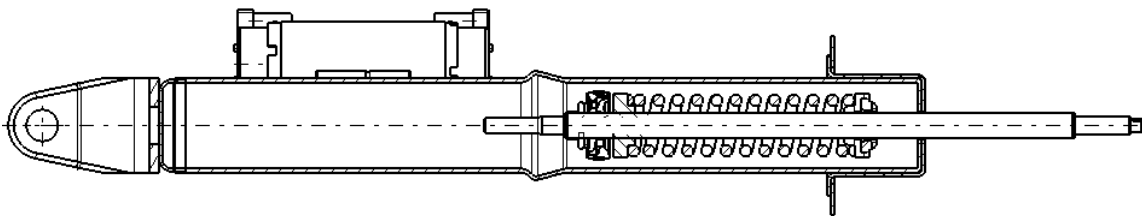
**Tabel de componență a ansamblului  
“Suspensie pneumatică”**

- 1 - Tamponul de compresie
- 2 - Amortizorul
- 3 - Capacul
- 4 - Rulmentul amortizorului
- 5 - Manșon de protecție
- 6 - Clema mansonului de protecție
- 7 - Carcasa de protecție a capacului
- 8 - O-ring
- 9 - O-ring
- 10 - Valvă de presiune
- 11 - Piuliță
- 12 - Șurub
- 13 - Unitate de Contro Electronică
- 14 - Piulița UCE
- 15 - Burduf de cauciuc
- 16 - Piston

**Figura 2.3.2.** Desenul suspensiei pneumatice dezvoltată de Continental AG  
(VW Touareg / Porsche Cayenne)



**Figura 2.3.3.** Detaliu Tub de ghidare – Capac al suspensiei studiate în perioada de practică



**Figura 2.3.4.** Secțiune prin actuala versiune a amortizorului suspensiei cercetate

### 3.2.1. Concluzii și propuneri

Principiul de funcționare al poziției 1 (Figura 2.3.2) poate fii implementat sub forma de element de amortizare între bont și implant. Totuși, deoarece șurubul de fixare a bontului, cu partea implantului în care este înșurubat și cu bontul protetic trebuie să realizeze o asamblare rigidă, pentru a evita deșurubarea șurubului, această soluție nu este recomandată.

Poziția 4 (Figura 2.3.2) poate prezenta o variantă pentru amortizarea șocurilor masticatorii, dacă este montat deasupra pragului bontului.

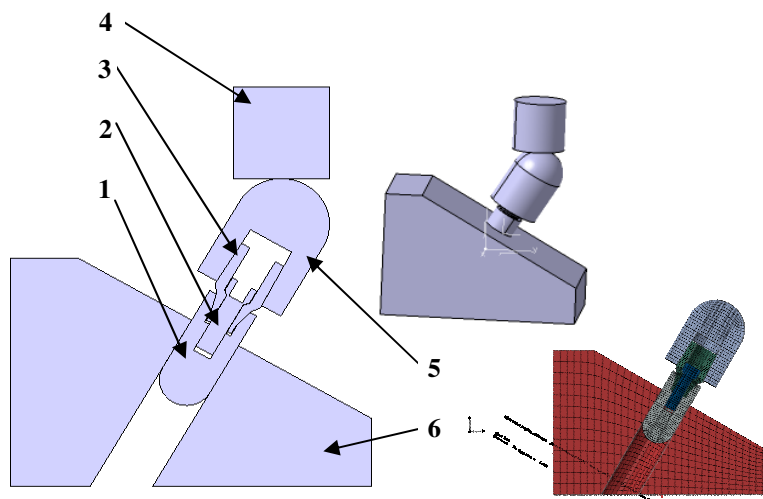
Poziția 2 (Figura 2.3.2) are aceeași aplicabilitate ca și poziția 1, cu diferența că un arc elicoidal metalic este destul de rigid pentru a limita eventuala cursă a bontului. Totuși rămâne problema spațiului disponibil pentru un implant cu dimensiunile curente.

Principiul de etansare prezentat în Figura 2.3.3 („Material de etansare”) poate fi folosit pentru sigilierea joncțiunii bont-implant, cu condiția ca materialul utilizat să fie bio-compatibil (pentru o perioadă nelimitată de timp), neresorbabil, nedegradabil în cavitatea bucală, preferabil bacteriostatic, semi-elastic (pentru a nu dezvoltă fisuri în timpul funcționării ansamblului) și să nu irite gingia.

### 3.3. Optimizarea dimensională a sistemului implantar

Având ca bază de pornire testele fizice realizate, în continuare se vor investiga formele posibile ale suprafeței de contact bont-implant, pe baza principiului măririi ariei de contact dintre cele două repere. Cercetare se va realiza din punct de vedere topologic și dimensional.

Optimizarea geometrică se realizează prin varierea formei profilului, pe baza posibilităților de prelucrare, capabilității de etansare în funcționare și a costurilor estimative.



#### Legendă

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1-implant         | 4-dispozitiv de încărcare               |
| 2-șurub de fixare | 5-membru de încărcare semisferic        |
| 3-bont            | 6-dispozitiv de fixare al speciimenelor |

**Figura 2.3.5.** Modelul utilizat în teste

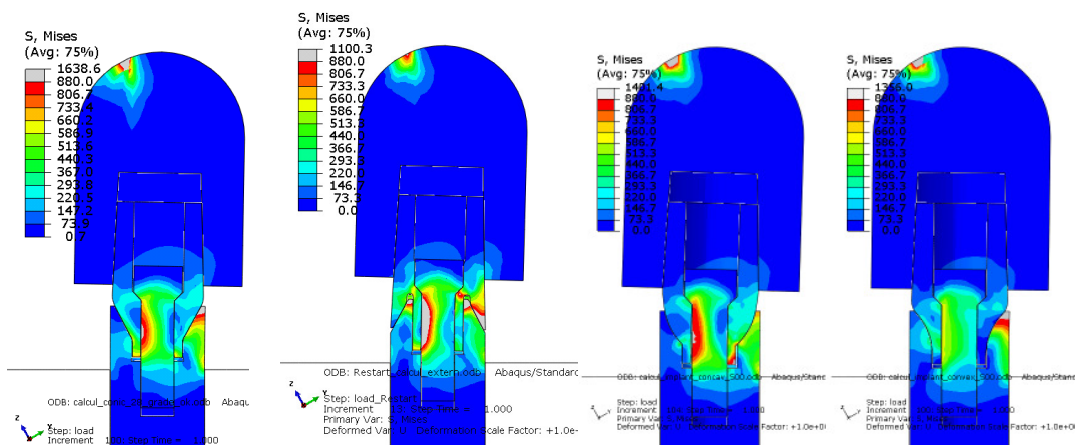


Figura 2.3.6. Distribuția tensiunilor în ansamblurile conic (int.-ext.), concav și convex

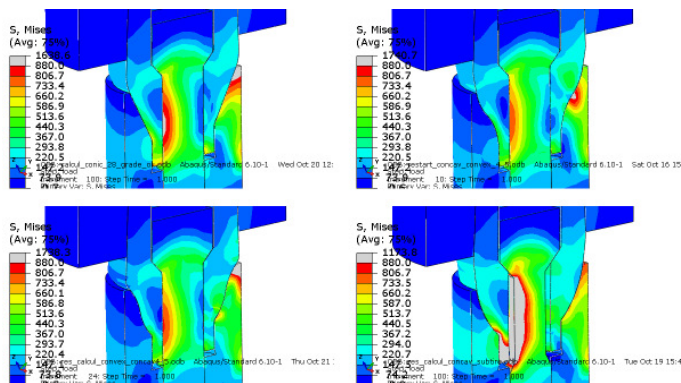


Figura 2.3.7. Distribuția tensiunilor în ansamblurile conic, concav (șurub fixare modificat), concav-convex și convex-concav

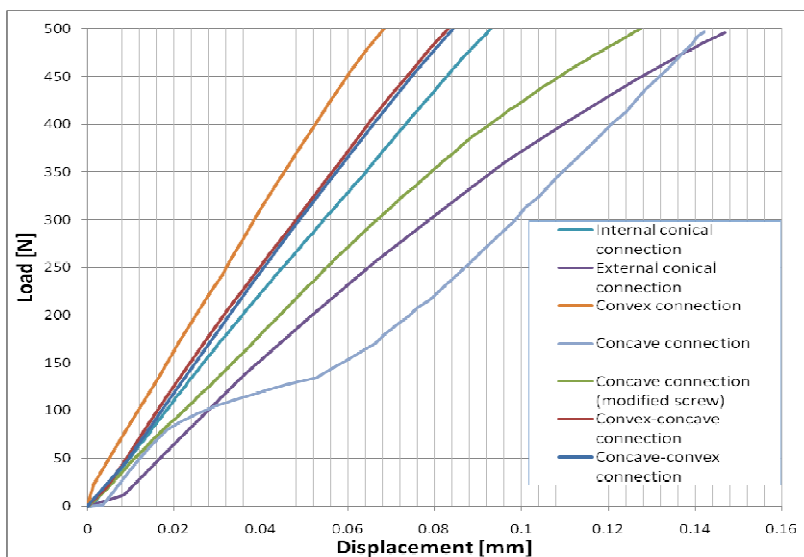
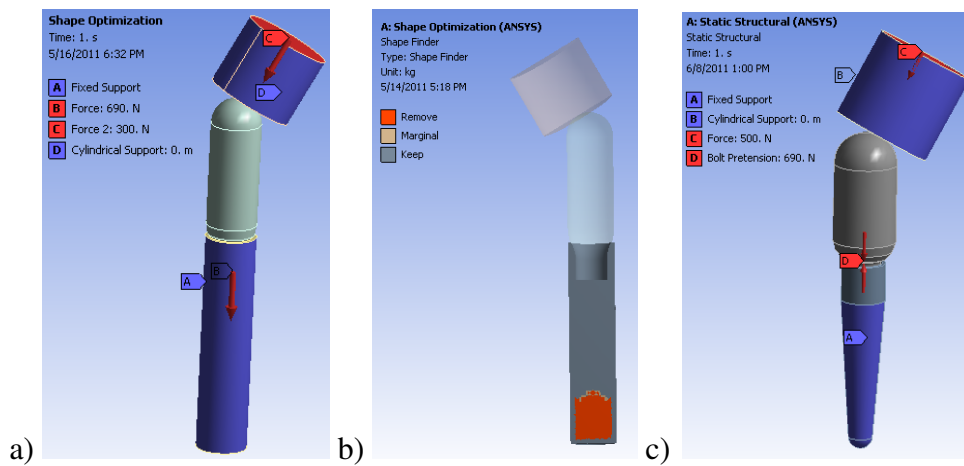


Figura 2.3.8. Curbele forta-deplasare a tuturor modelelor analizate

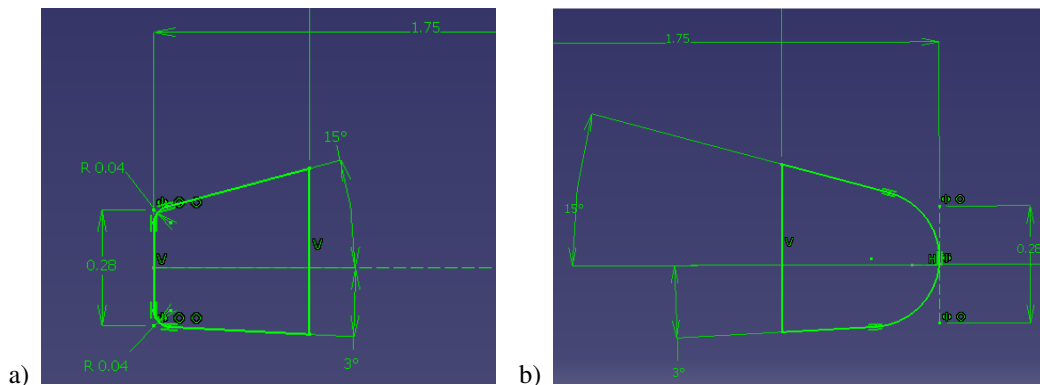
Figura 2.3.8 prezintă curbele forță-deplasare a tuturor modelelor analizate în această etapă de cercetare. Luând de asemenea în considerare posibilitățile de fabricație și etanșeitatea pe care o pot asigura conexiunile prezentate, cele două forme ce vor fi analizate din punct de vedere dimensional sunt cea conică și cea convexă.

În continuare, pentru determinarea formei geometrice optime a corpului implantului se va utiliza modulul de optimizare a formei a programului ANSYS, intitulat „Shape Finder” (Căutător de formă). Condițiile de material și schema de încărcare corespund analizelor realizate anterior și standardului ISO 14801:2007 ( Figura 2.3.9).

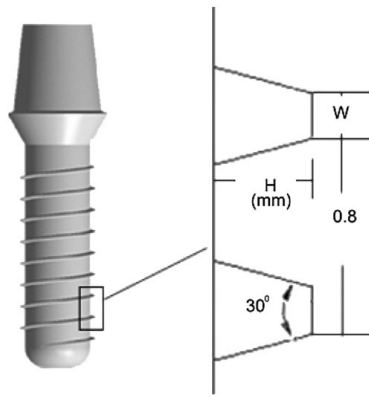


**Figura 2.3.9.** Rezultatele analizei de căutare a formei corpului implantului  
a) condițiile inițiale; b) rezultatul analizei; c) forma aproximată a implantului

Filetul a fost proiectat utilizând același modul „Shape finder” și studiul [Ao et al., 2010] (Figura 2.3.11).

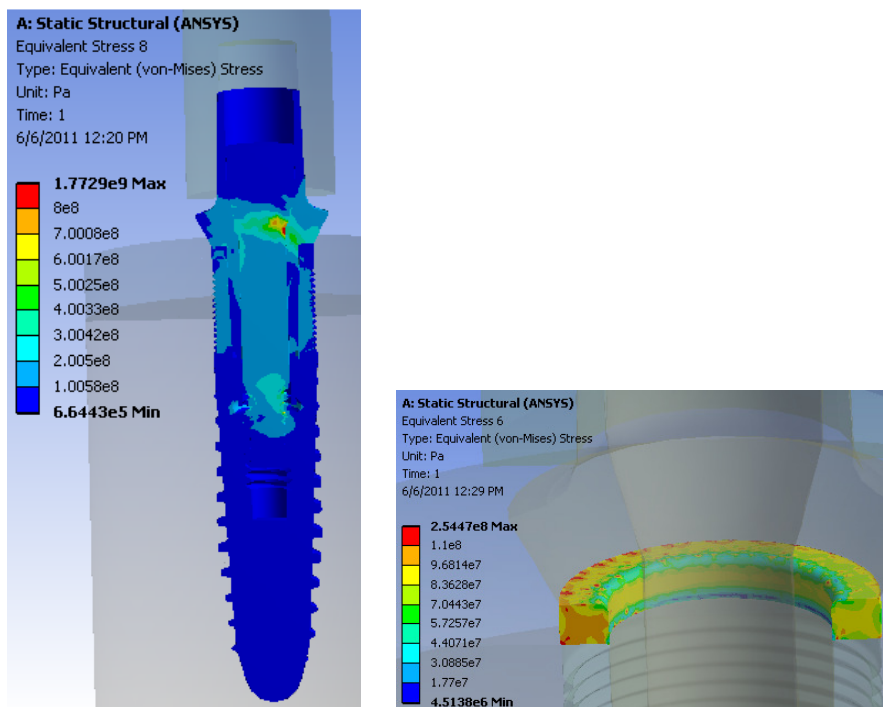


**Figura 2.3.10.** Optimizarea formei filetelui a) filetul corpului; b) spirele de sub gulerul implantului



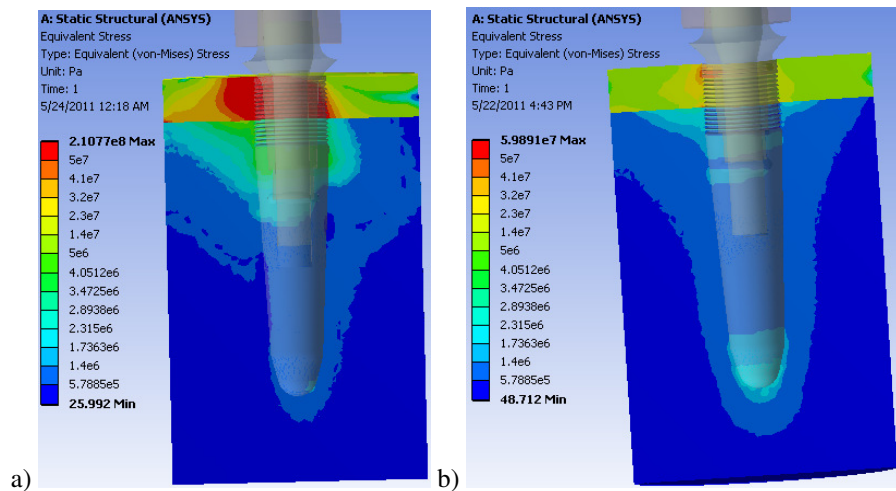
**Figura 2.3.11.** Parametrii studiului [Ao et al., 2010]

În urma studiilor efectuate s-a determinat faptul că introducerea unui element de pretensionare între bont și implant micșorează tensiunile din osul maxilar (Figura 2.3.13). Totuși nu este suficient spațiu disponibil pentru instalarea unui astfel de element metalic (arc, saibă).



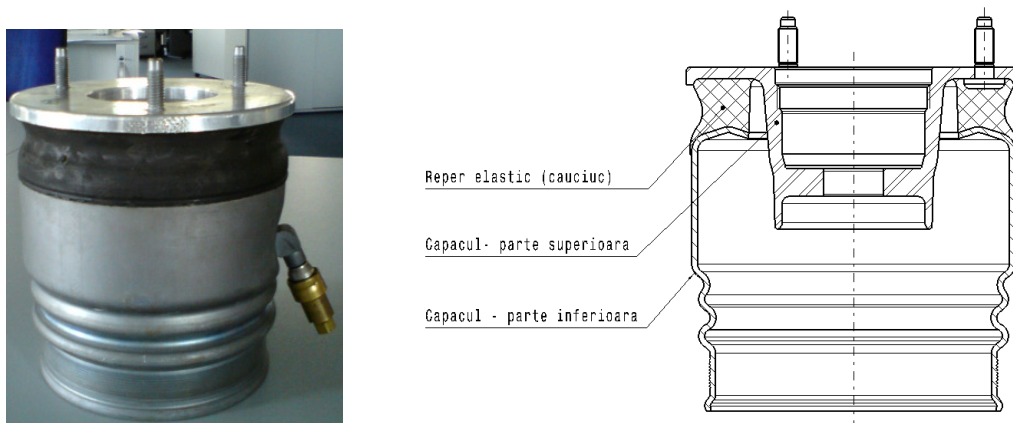
**Figura 2.3.12.** Tensiunile în reperale implantului și elementul elastic de pretensionare (aproximat cu polietilenă) pentru un moment de prestrângere a șurubului de fixare de 25Ncm și o forță de pretensionare a bontului de 180N



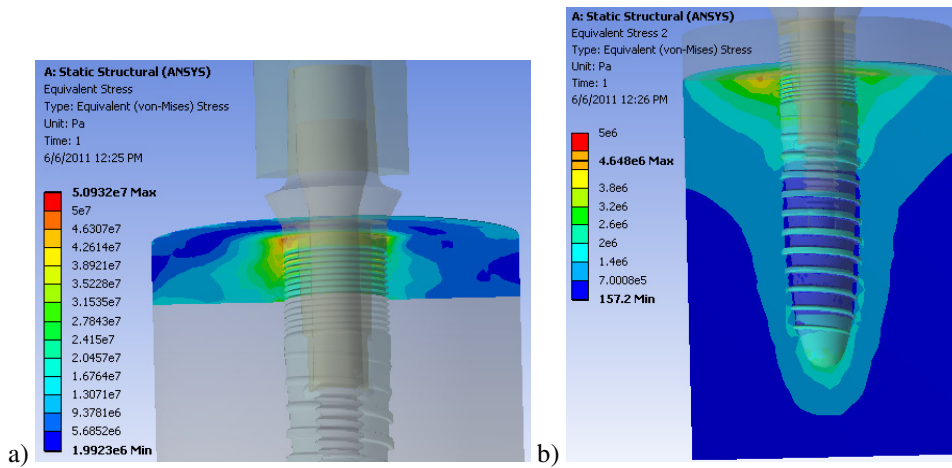


**Figura 2.3.13.** Analiza comparativă aproximată între  
a) implant cu bont nepretensionat și b) implant cu bontul pretensionat cu 220N

Drept urmare, conform principiului metodelor creative de proiectare a produselor numite brain storming (metoda Osborn) și combinare (metoda detaliată de același Alex Osborn [Osborn, 1957]), se fuzionează o șaibă elastică cu un o-ring, rezultând un element elastic cu scopul de a pretensiona bontul protetic și de a etanșa joncțiunea bont-implant. Acest concept, sub denumirea de rulment de confort, este utilizat de către Continental AG pentru a prelua vibrațiile la funcționare a suspensiei, având în același timp rol de etanșare (Figura 2.3.14). Materialul utilizat este cauciuc cu duritatea Shore70, fixat de cele două părți componente ale capacului prin vulcanizare.

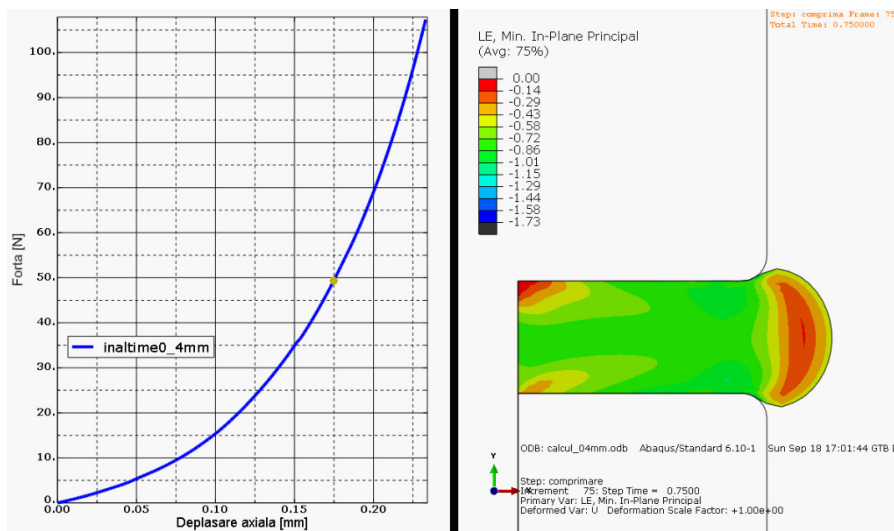


**Figura 2.3.14.** Element cu rol de preluare a vibrațiilor la funcționare și de etanșare  
a suspensiei pneumatice – model fizic

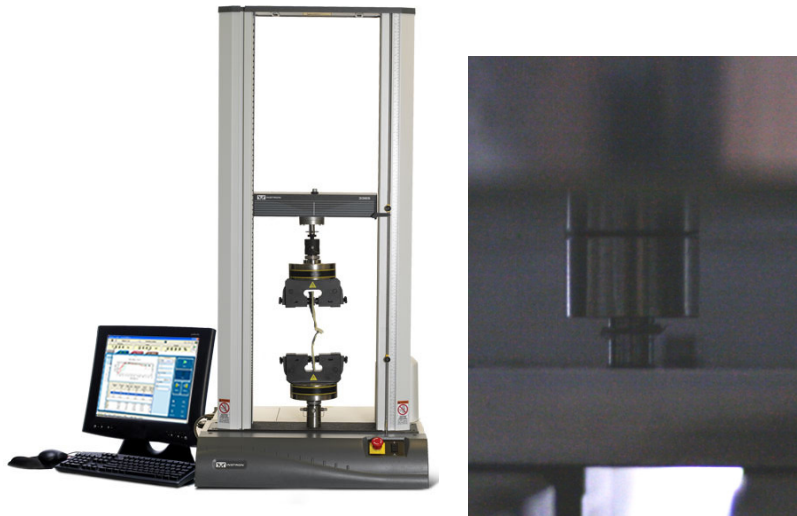


**Figura 2.3.15.** Tensiunile în osul cortical (a) și cel trabecular (b) pentru un moment de prestrângere a șurubului de fixare de 25Ncm și o forță de pretensionare a bontului de 180N

Materialul ce corespunde cerințelor elementului elastic descris anterior este siliconul biocompatibil utilizat la producere discurilor intervertebrale. Datorită rezistenței sale la oboseală și abraziune, acest material este ideal pentru aplicația curentă. Dimensionarea acestui element s-a realizat pe cale teoretică (analiza cu element finit – Figura 2.3.16) și pe cale practică (teste fizice – Figura 2.3.17)

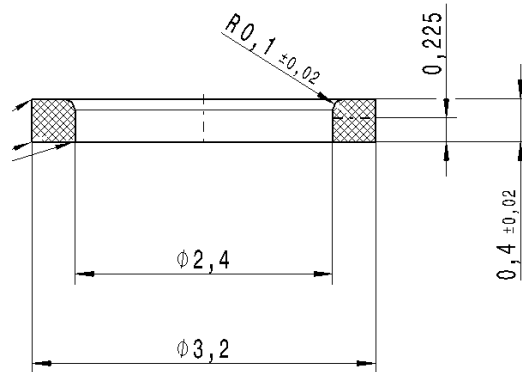


**Figura 2.3.16.** Deformația inelului de silicon cu înălțimea de 0,4mm; graficul forță-deplasare



**Figura 2.3.17.** Testarea fizică a inelelor de silicon pe mașină Instron 3366EH

Dimensiunile inelului de silicon rezultate în urma testelor sunt prezentate în Figura 2.3.18.



**Figura 2.3.18.** Dimensiunile inelului de silicon utilizat pentru pretensionarea bontului

#### **4. Determinarea materialelor reperelor sistemului de implant dentar**

În continuare, se vor determina materialele componentelor sistemului. Cele mai utilizate materiale în construcția sistemelor de implanturi dentare sunt Ti Grad4, Ti Grad5 și Ti Grad23 ELI, aceste materiale fiind deja testate in-vitro și in-vivo, biocompatibilitatea lor fiind certificată

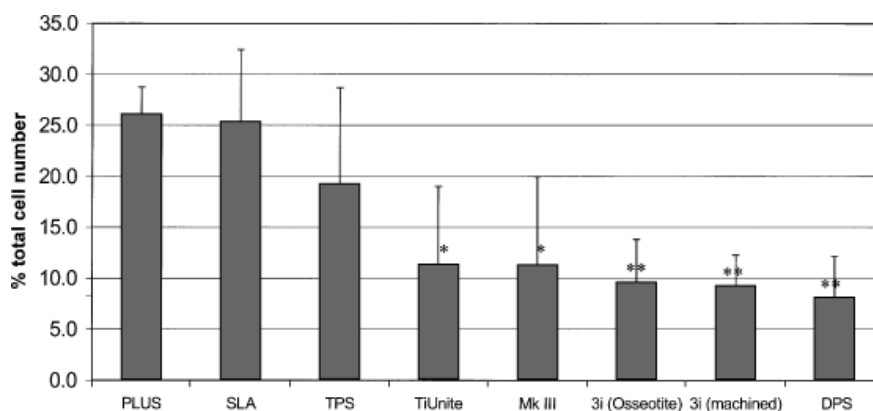
la nivel internațional (materiale biocompatibile, prezentând o bună osteointegrare în urma oxidării – TiO<sub>2</sub>).

Datorită dimensiunilor reduse ale șurubului și grosimii mici a pereților bontului protetic, cele două repere vor fi executate din cel mai dur dintre metalele prezentate: Ti Grad5.

În urma analizei proprietăților fizice și mecanice ale Ti Grad4, Ti Grad5 și Ti Grad23 ELI se concluzionează că materialul ce se va utiliza pentru fabricarea corpului implantului va fi Ti Grad23 ELI datorită rezistenței mecanice superioare și fargilității moderate (comparativ cu Ti Grad5), întrucât acest implant este astfel proiectat încât să poată fi utilizat și în cazurile clinice unde este necesară inserarea structurilor implantare de diametru mic în zona posterioară a cavității bucale.

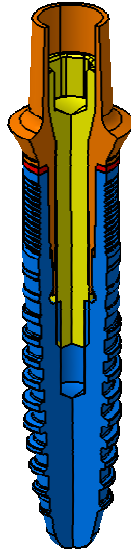
Un studiu comparativ, din punctul de vedere al eficienței integrării diferitelor tipuri de suprafețe în os, este prezentat în Figura 2.4.1. Aceasta prezintă numărul de celule crescute pe suprafețele respective în același interval de timp.

Conform studiilor [Sammons et.al., 2005] , [Elias et.al., 2008], [Huang et.al., 2010 (2)], [Uggeri et.al., 2010] și [Vanzillotta et.al., 2006], tratamentul de suprafață cel mai eficient pentru un implant dentar realizat din aliaj de titan este sablarea cu alică de TiO<sub>2</sub> urmată de atac acid, cu acid hidroflic, și neutralizarea acestuia, cu o rugozitate finală a suprafeței texturate de R<sub>a</sub>=1, R<sub>z</sub>max.=3 [Hansson&Norton, 1999].



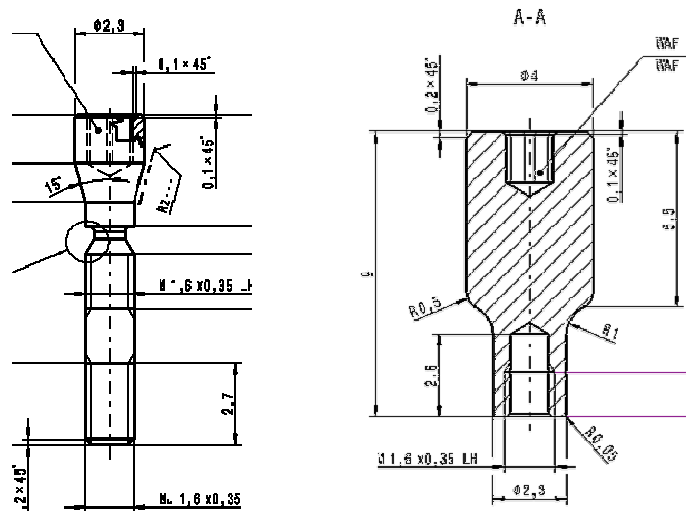
**Figura 2.4.1.** Creșterea osteoblastelor pe diferite suprafețe de implanturi dentare; PLUS-sablata, atacata acid, neutralizata; SLA-sablata, atacata acid; TPS-pulverizata cu plasmă de titan; TiUnite-prelucrata electrochimic; MkIII-așchiata (finisată); 3i (Osseotite)-atacata acid; 3i(machined)-așchiata; DPS-așchiata

Având la dispoziție toate dimensiunile nominale și datele de material ale reperelor sistemului, se poate defini modelul final al sistemului implantar (Figura 2.4.2)



**Figura 2.4.2.** Modelul de implant dentar dezvoltat

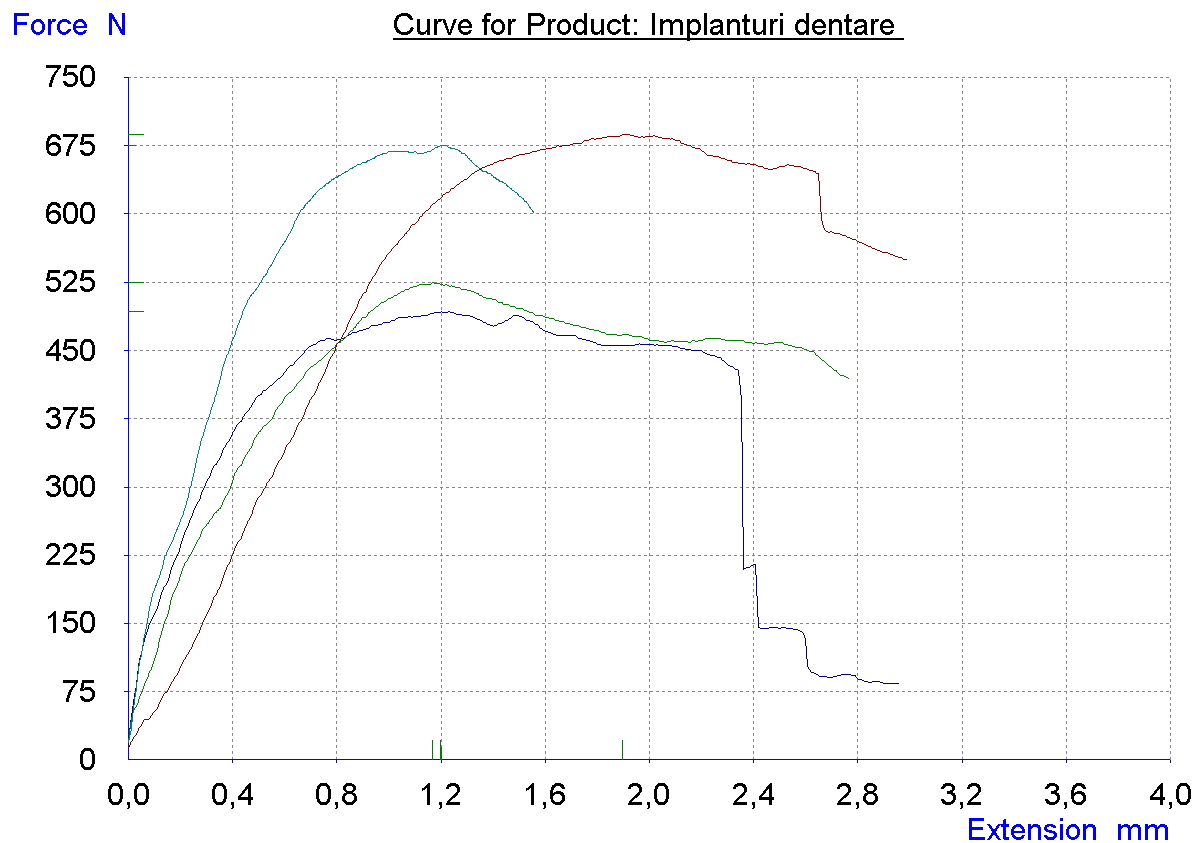
După definirea sistemului, s-a încercat eliminarea unei vulnerabilități generale a implanturilor dentare: extragerea greoaie a șuruburilor de fixare. Astfel s-a creat sistemul de extracție prezentat în Figura 2.4.3, prin filetarea pe stânga a părții superioare a șurubului de fixare.



**Figura 2.4.3.** Sistem de extracție a șuruburilor rupte

## 5. Testarea prototipurilor sistemului implantar dezvoltat

În urma testelor cu element finit realizate, precum și a celor fizice desfășurate în cadrul INCDMTM, s-a demonstrat că sistemul implantar dezvoltat prezintă o limită de rupere statică de 687N și o limită probabilă la oboseală de 343N, aceste valori situându-se deasupra celor obținute pentru cele 3 sisteme de implanturi testate anterior (sistemul A, sistemul B și sistemul C).



Sistemul implantar	F static max. [N]	Foboseală [N]
— Sistemul A	493	240
— Sistemul B	524	270
— Sistemul C	675	337
— BioMime	687	343

Figura 2.5.1. Curbele forță-deplasare statice ale sistemelor testate fizic în cadrul cercetării



**Figura 2.5.2.** Prototipul implantului dentar dezvoltat

## 6. Concluzii

În urma cercetării interprinse, elementele originale ale sistemului de implant dentar dezvoltate în cadrul acestei lucrări sunt:

- o nouă formă a profilului filetului, care să distribuie mai eficient tensiunile în os și să contribuie la îmbunătățirea stabilității primare a implantului;
- o noua metodă de variație a profilului filetului în vederea distribuției mai eficiente (atraumatice) a tensiunilor în osul trabecular, a inserării atraumatice a implantului în osul preparat și în generarea unei stabilități inițiale bune a implantului în os;
- implementarea unei soluții constructive în cadrul sistemului de implant pentru a amortiza forța de masticație prin pretensionarea bontului protetic, evitând astfel resorbția osoasă în timpul funcționării ansamblului;
- utilizarea profilului de filet MJ pentru șurubul de fixare al bontului, limitând astfel mișcarea acestuia în urma solicitării la oboseală a ansamblului și implicit deșurubarea reperului;
- implementarea unei soluții constructive în cadrul șurubului de fixare pentru asigurarea demontării acestuia în cazul ruperii capului;
- cercetarea utilizării pastei de etanșare-fixare biocompatibile de la Loctite pentru asigurarea șurubului de fixare.

În urma testelor efectuate a rezultat că implantul dezvoltat prezintă proprietăți mecanice superioare celorlalte 3 sisteme testate în cadrul cercetării desfășurate.

## *Capitolul III - Cercetări privind îmbunătățirea fabricației implanturilor dentare*

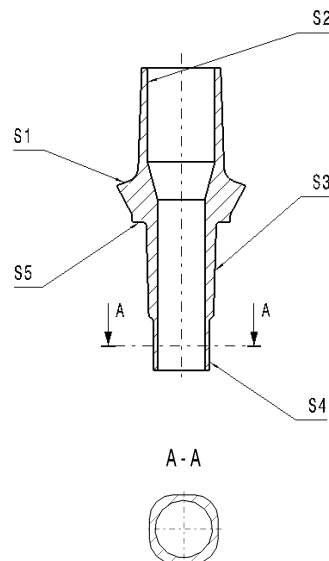
### **1. Proiectarea și optimizarea procesului de fabricație al sistemului de implant dentar**

Optimizarea producției este un termen cu o conotație largă, aceasta realizându-se doar printr-o colaborare interdisciplinară între competențele ingineresti și manageriale. Sumarizat, acest concept poate fi definit ca funcționarea unui sistem de producție la parametrii maximi de performanță, din punctul de vedere al timpului, calității și costurilor.

#### **1.1. Optimizarea procesului de fabricație din punct de vedere tehnic**

##### **1.1.1. Proiectarea tehnologiei de execuție a reperului “Bont protetic”**

###### *I. Studiul tehnic*



**Figura 3.1.1.** Determinarea suprafețelor prelucrate din cadrul procesului tehnologic

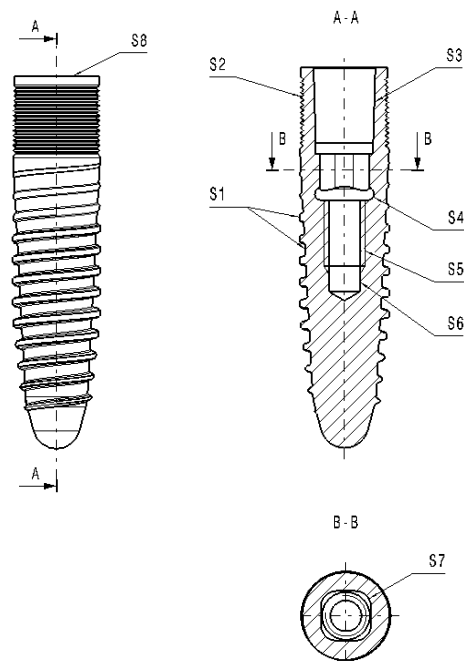


## II. Proiectarea procesului tehnologic

- Operația 1. Strunjire exterioară+debitare S1+S5
- Operația 2. Frezare de finisare S4
- Operația 3. Tratament termic
- Operația 4. Găurire+alezare S2
- Operația 5. Rectificare S3
- Operația 6. Control final de calitate

### 1.1.2. Proiectarea tehnologiei de execuție a reperului “Implant dentar”

#### I. Studiul tehnic



**Figura 3.1.2.** Determinarea suprafețelor prelucrate din cadrul procesului tehnologic

## *II. Proiectarea procesului tehnologic*

- Operația 1. Strunjire exterioară+debitare S1+S2+S8
  - Strunjire interioară+debitare (varianta 1)
  - Deformare plastică cu role pe strung+debitare (varianta 2)
- Operația 2. Control tehnic de calitate intermediar S1+S2
- Operația 3. Găurire S6
- Operația 4. Frezare S7
- Operația 5. Frezare S6
- Operația 6. Tarodare S5
- Operația 7. Sablare+atac acid S1+S2
- Operația 8. Tratament termic
- Operația 9. Rectificare conică interioară S3
- Operația 10. Control final de calitate

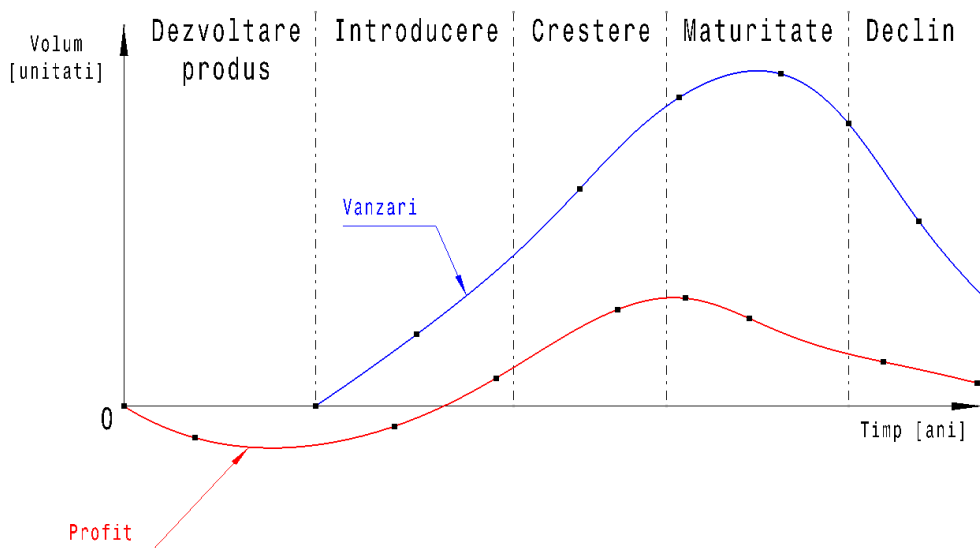
Odată ce tehnologia de fabricație a fost definită, se poate realiza optimizarea logistică a spațiului de muncă. În acest sens se utilizează, printre alte soft-uri, Delmia de la Dassault Systems și Plant Simulation de la Siemens, cel din urmă fiind prezentat și predat și în cadrul Universității Lucian Blaga din Sibiu.

După definirea tehnologiei de fabricație și optimizarea logistică a procesului de producție, optimizarea părăsește sfera tehnică și se orientează pe ramura managerială a organizației.

### **1.2. Optimizarea procesului de fabricație din punct de vedere managerial**

Ciclul de viață al produsului prezintă toate etapele prin care trece produsul, de la proiectarea/dezvoltarea acestuia, până la scoaterea lui de pe piață (Figura 3.1.3).

În cadrul proiectului desfășurat, etapa actuală este cea de „Dezvoltare a produsului”. Totuși, în continuare se vor aborda și strategii generale de management și marketing, prelucrate și adaptate situației actuale de fabricație.



**Figura 3.1.3.** Ciclul de viață al produsului

Pe baza recomandărilor Aberdeen Group, pentru procesele de producție din cadrul întreprinderilor, se implementează în cadrul proiectului următoarea strategie pe termen scurt și mediu:

1. Stadiul incipient (producție externalizată / celulă de fabricație)

- a) Numirea unui consiliu responsabil cu analiza și aprobarea investițiilor în producție.
- b) Optimizarea procesului tehnologic, pentru a minimiza pierderile.
- c) Standardizarea proceselor de fabricație.

2. Stadiul mediu (extinderea pe mai multe celule de fabricație)

- a) Colectarea automată a datelor de fabricație în vederea optimizării procesului de producție.
- b) Adoptarea unei platforme tehnologice capabilă de a lega /supraveghea toate procesele de producție. Acest lucru va ajuta la standardizarea și interconectarea proceselor de fabricație.
- c) Implementarea unui sistem de raportare, care să ofere vizibilitate maximă asupra proceselor forumului decizional al organizației.

## 2. Concluzii

Optimizarea producției trebuie realizată atât din punct de vedere tehnic, cât și managerial, pentru obținerea unui raport performanță/costuri cât mai mare. În etapa curentă de dezvoltare a produsului, se recomandă externalizarea producției datorită testelor ce trebuie efectuate pentru ca produsul să atingă maturitatea, iar costurile prototipurilor nu justifică investiția necesară creării unei linii de producție. O astfel de secție este recomandat să se amenajeze după ce s-a identificat și evaluat segmentul țintă de cumpărători de pe piață.

La momentul creării unei secții de producție în vederea începerii fabricației de serie mijlocie, în urma analizei efectuate în acest capitol, se recomandă definirea unui consiliu însărcinat cu aprobarea fondurilor pentru acest departament, și crearea unei echipe multidisciplinare pentru a desfășura activitatea de producție, echipă formată minimum dintr-un inginer, un informatician și un tehnician.

## Capitolul IV - Informatizarea dezvoltării implanturilor dentare

### 1. Informatizarea concepției și producției implanturilor dentare

Dezvoltarea și fabricația oricărui produs începe cu aprobarea ideii produsului ce urmează a fi dezvoltat și cu planificarea stadiilor de dezvoltare.

Ciclul de dezvoltare asistată de calculator a unui produs ce a primit aprobarea de a fi realizat, are structura de bază reprezentată în Figura 4.1.1.

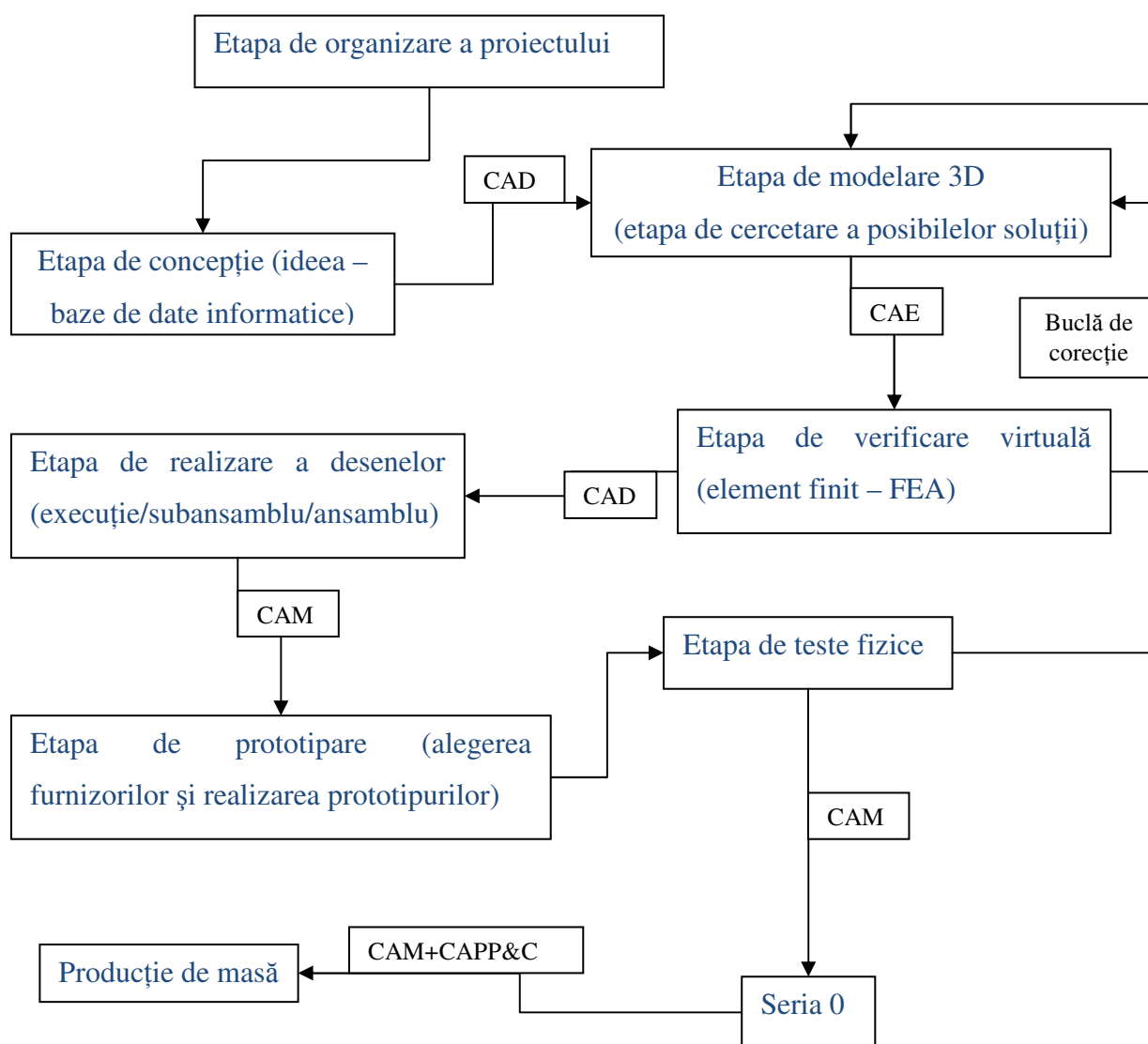


Figura 4.1.1. Etapele principale de dezvoltare asistată de calculator a unui produs

În cadrul proiectului, instrumentul ce a fost utilizat cu preponderență în dezvoltarea produsului a fost „ingineria virtuală”. Acest instrument permite economisirea de timp și fonduri în concepția produselor, în principal prin înlocuirea prototipului fizic și a încercărilor realizate pe mașini de test cu prototip și teste virtuale, simulate numeric de către calculator.

În cadrul studiilor doctorale desfășurate, după stabilirea temei de cercetare, s-a realizat planificarea etapelor proiectului, utilizând MS Project (Figura 4.1.2).

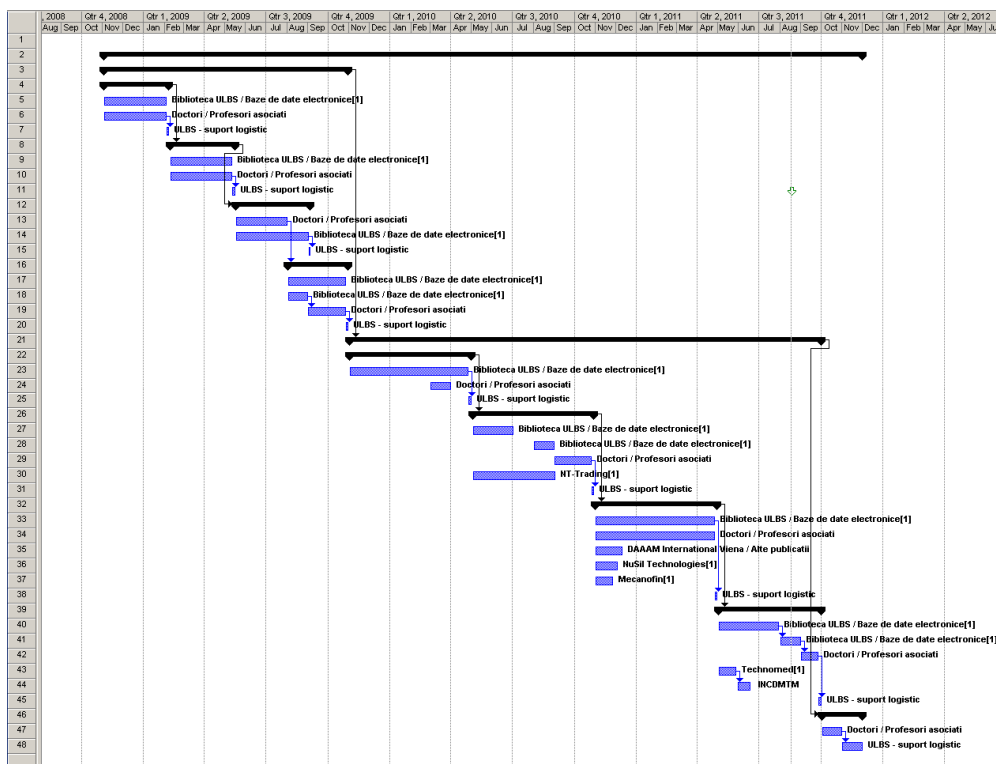


Figura 4.1.2. Graficul Gantt generat pe baza etapelor și resurselor proiectului

Alte surse informaționale utilizate în cursul proiectului sunt bazele de date științifice din cadrul bibliotecii ULBS. S-au utilizat de asemenea sisteme informatice de achiziție a datelor în timpul testelor statice și dinamice (la oboseală) a implanturilor analizate. Tot sursă informatică este considerat și internetul. Acesta a fost utilizat cu dublu rol: de informare și de comunicare cu partenerii de proiect, furnizori, membrii ULBS etc.. De asemenea, software-urile utilizate la redactarea lucrărilor (ex.: MS Office) fac parte și ele din resursa informatică utilizată în desfășurarea proiectului.

## Concluzii finale și principalele contribuții ale lucrării

Studiul desfășurat a vizat dezvoltarea unui sistem îmbunătățit de implant dentar. Conform analizelor realizate, acest scop a fost atins din punct de vedere funcțional.

Elementele de originalitate ale lucrării constă atât în rezultatul final, cât și în metodologia și instrumentele de cercetare utilizate.

Concret, contribuțiile proprii ale actualei teze sunt:

- Prezentarea implanturilor dentare din punct de vedere tehnico-medical, utilizând o abordare interdisciplinară a temei. Astfel s-au detaliat atât aspecte morfo-funcționale ale implanturilor dentare, aparținând sferei tehnice, dar și protocoale de implantare și operații anexe, aparținând sferei medicale, după realizarea în prealabil a unei introduceri în știința implantologiei generale și a biomaterialelor. Această abordare permite o mai bună înțelegere a conceptului de „implant dentar”, acesta reprezentând mai mult decât un șurub și mai mult decât o incizie urmată de o inserție a corpului implantar.
- Realizarea unui set de criterii proprii pentru analiza implanturilor dentare. Față de celelalte clasificări realizate pe această temă, studiul actual reprezintă o abordare mai detaliată a subiectului din punctul de vedere al numărului și relevanței criteriilor, precum și prin faptul că acesta s-a realizat atât din punct de vedere tehnic, cât și medical.
- Analiza unui număr de peste 200 de implanturi dentare după criteriile anterior menționate. Această clasificare permite o vedere structurată a pieței implanturilor dentare din punct de vedere morfo-funcțional, putând fi utilizată atât de către medici, cât și de către pacienți bine informați ca un instrument de selecție al implanturilor dentare cele mai potrivite pentru fiecare situație clinică. Din punct de vedere al cercetătorilor în domeniu, această clasificare oferă o vedere de ansamblu asupra pieței și asupra realizărilor și limitărilor tehnologice ale actualelor sisteme, precum și direcția de dezvoltare a acestora.
- Realizarea în urma studiului bibliografic, optând spre fondul informațional individual descris de domnul Prof. Vitalie Belous, a programei de cercetare științifică proprie generalizată și apoi adaptată actualei cercetări.
- Utilizarea în dezvoltarea produsului a instrumentelor ingineriei clasice, virtuale și a cercetării creative de noi soluții tehnice, îmbinând avantajele reducerii costurilor și

timpului de dezvoltare ale ingineriei virtuale cu originalitatea cercetării creative și cu abordarea științifică a ingineriei tradiționale.

- Utilizarea conceptelor și resurselor de management a proiectului, a celor din sfera managementului producției și marketing-ului în scopul dezvoltării unui sistem de implant dentar îmbunătățit, a planificării mijloacelor de producție pe termen scurt și mediu, precum și a planificării strategiei de marketing a produsului pe termen scurt (promovarea sistemului implantar la nivel local);
- Utilizând metodele creative denumite brain storming, metoda Delphi, asocierea consonantă și comparația, s-au identificat structurile morfo-funcționale ale unui dinte natural cu cele a unei suspensii pneumatice, ducând la dezvoltarea unui sistem de implant dentar bazat pe principiile funcționale ale celor două entități, suspensiile pneumatice oferind soluțiile tehnice necesare integrării funcționalității unui dinte natural în construcția sistemului implantar dezvoltat.

Explicit, elementele de noutate ale sistemului implantar dezvoltat sunt:

#### 1. Profilul filetului corpului implantului și tipul de variație al acestuia

Aceste contribuții la structura corpului implantar au cvadruplu rol:

- a) reducerea tensiunilor în zona superioară a osului trabecular, prin utilizarea filetului rotund;
- b) preluarea de către filetul cvasi-fierăstrău a celei mai mari părți din forțele masticatorii, în special în cazurile clinice de încărcare imediată;
- c) asigurarea unui unghi mic de frecare între filet și os, rezultând astfel o forță mare de frecare, prin utilizarea profilului cvasi-fierăstrău, ceea ce duce la o stabilitate inițială bună, prevenind deșurubarea implantului, mai ales în cazul încărcării imediate;
- d) datorită succesiunii profilelor, se asigură condensarea osoasă, ceea ce duce la o bună stabilitate inițială a implantului dentar în osul maxilar.

#### 2. Pretensionarea bontului utilizând un inel de silicon biocompatibil

Utilizarea inelului de silicon asigură atât o distribuție mai bună a forțelor de masticatie în osul maxilar, cât și un mediu bacteriostatic în zona sa de aplicație, acest tip de silicon împiedicând înmulțirea bacteriilor pe suprafața lui – bacteriile sunt principala cauză a periimplantitei (erodarea osului până la pierderea structurii implantare).



3. Acoperirea zonei bontului ce intră în contact cu gingia cu un strat de Ti3Ag (material ce asigură o inhibare a dezvoltării tuturor bacteriilor din cavitatea bucală), sau, în situația când acest aliaj nu este disponibil, o acoperire cu Ag (material ce inhibă decisiv dezvoltarea streptococului).

Pentru achiziționarea licenței de utilizare acestui model de implant dentar cu rol restaurativ, este necesară finalizarea testelor in-vitro conform ISO 14801:2008 și desfășurarea de teste in-vivo pe animale și oameni.

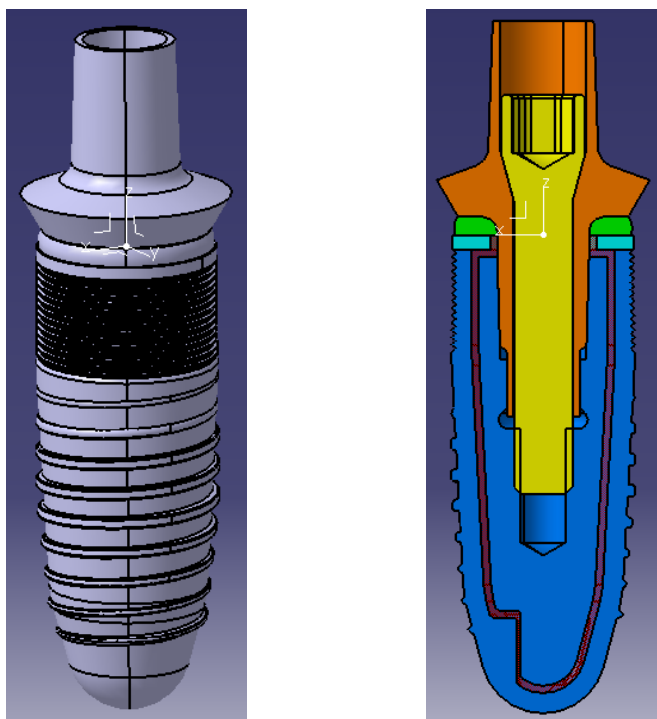
## **Direcții viitoare de cercetare**

În proiectul actual s-a dezvoltat un implant dentar cu caracteristici geometrice și de material ce îi permit să se fixeze și integreze în osul maxilar, demonstrând caracteristicile necesare pentru o bună stabilitate inițială, o distribuție eficientă a tensiunilor rezultate la masticație și o proprietate bacteriostatică locală.

Ceea ce nu a fost realizat pe deplin în această lucrare este biomimetismul unui dinte natural, datorită spațiului disponibil limitat al modelului analizat conform ISO 14801:2008. Drept urmare, s-a realizat un model-concept al unui implant dentar, bazat pe aceleași principii ca și cel precizat anterior, dar care prezintă o mișcare relativă față de zona unde a fost implantat. Diametrul acestui implant este de 5mm, după considerațiile autorului acesta fiind diametrul minim necesar aplicării curentului concept funcțional. Acesta este unul relativ simplu, și este inspirat de funcționalitatea arcurilor pneumatice – utilizarea siliconului ca substituent pentru ligamentul periodontal.

Modelul implantului dentar prezentat se bazează pe cercetările lui Arturo N Natali [Natali, 2003 (2)], conform cărora un ligament periodontal cu înălțimea de 0,239mm se poate comprima maximum 63% la o forță de 1000KPa și o accelerație de 0,0052 %/s, rezultând o deformare de 0,15mm a ligamentului. Modelul este prevăzut cu un mecanism antirotational între corpul interior și cel exterior al implantului și un limitator de cursă. Grosimea minimă a stratului de silicon dintre componenta interioară și exterioară a corpului implantului este de 0,2mm, cursa implantului depinzând de rata de compresibilitate a bio-siliconului (Figura1).

Se impun investigații mai amănunțite pentru dimensionarea sistemului de implant dentar propus spre cercetare-dezvoltare.



**Figura 1.** Modelul 3D al sistemului implantar destinat cercetării viitoare

## Bibliografie selectivă

- [Albrecht& Lütjering, 2000] - Albrecht J., Lütjering G. - „Microstructure and Mechanical Properties of Titanium Alloys”, Titanium '99 Science and Technology, Vol I, 363-374, St. Petersburg, Rusia, 2000;
- [Allen et al., 2008] - Allen Benjamin, Van Ess James, Gladwell Michael, Rieck Kevin, Carr Alan - “The Success Rate of the Nobel Biocare Mark III TiUnite Dental Implant System”, Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, Volumul 106, Versiunea 4, Pag 510, Octombrie 2008, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (14.02.2010);
- [Ao et al., 2010] Ao J.; Li T.; Liu Y.; Ding Y.; Wu G.; Hua K., Kong K. - „Optimal design of thread height and width on an immediately loaded cylinder implant: A finite element analysis.”, Computers in Biology and Medicine, Vol. 40, Nr. 8, (August 2010) pp. 681-686, ISSN: 0010-482, 2010;
- [Atena, 2010] - Atena Inc. - “Bone Augmentation and Nerve Repositioning”, Revizuit de The Faculty of Columbia University, Colledge of dental Medicine, DC, USA, 2010, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (15.01.2010);
- [Balshe et al., 2009] - Balshe Ayman A, Eckert Steven E., Koka Sreenivas, Assad Daniel A., Weaver Amy L. - “The effects of smoking on the survival of smooth- and rough-surface dental implants”, The Journal of Prosthetic Dentistry, Nr. 102, Ediția 4, pp. 234, Octombrie 2009, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (16.01.2010);
- [Belous, 1992] - Vialie Belous - „Inventica”, Editura Asachi, Iași, 1992;
- [Bendsøe&Sigmund, 2004] - Bendsøe M.P., Sigmund O. – „Topology Optimization Theory, Methods and Applications”, Editura Springer, 2004;
- [Bondrea, 2003] - Bondrea I. - „CATIA v5 Prelucrarea asistată pe mașini-unelte cu comandă numerică”, Editura Universității Lucian Blaga din Sibiu, Sibiu, 2003;
- [Bränemark P, 1983] - Bränemark P-I - „Osseointegration and its experimental studies”, Journal of Prosthetic Dentistry, Nr. 50, pag 399-410, 1983;
- [Buser et al., 2007] – Buser Daniel, Cho Jung-Young, Yeo Alvin BK - „Chirurgisches Handbuch der Oralen Implantologie – Praktische Arbeitsschritte”, Editura Quintessence, Berlin, Germania, 2007;

- [Dakhno, 2009] - Dakhno - „Placing implants close to the alveolar nerve relying on 3D images and drill guides”, nextday.materialise.com (12.12.2009)
- [Demian, 2007] - Demian Camelia - „Cercetari privind comportarea materialelor destinate implantarii osoase conform normelor europene de calitate”, Teze de doctorat ale UPT, Seria9, Nr.11, Editura politehnică, Timișoara, România, 2007;
- [Dodson, 2006] - Dodson T.B. - „Predictors of dental implant survival.”, Journal of the Massachusetts Dental Society, SUA, Nr.54, pp. 34-38, 2006, www.sciencedirect.com (16.11.2009);
- [Du Plessis, 2003] - Du Plessis Yvonne - „The development of an assesment tool for measuring project management culture in organisations”, Universitatea Pretoria, Africa de Sud, 2003;
- [Dușe&Pașa, 2010] - Dușe D.M., Pașa A. - „Screw shaped dental implants analysis tool”, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol.8, Nr. 2, pp. 32-38, ISSN: 1583-7904, Aprilie 2010;
- [Elias et al., 2008] - Elias Carlos Nelson, Oshida Yoshiki, Cavalcanti Lima José Henrique, Muller Carlos Alberto - „Relationship between surface properties (roughness, wettability and morphology) of titanium and dental implant removal torque”, Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials pp. 234-242, 2008, www.sciencedirect.com (22.02.2010);
- [Gammon, 2004] - L.M. Gammon et al. - „ASM Metals Handbook Volume 09 - Metallography and Microstructures”, 2004;
- [Hansson&Norton, 1999] - Hansson S, Norton M. - „The relation between surface roughness and interfacial shear strength for bone-anchored implants. A mathematical model.”, Journal of Biomechanics, Nr.32, pp.829–36, 1999;
- [Huang et al., 2010 (1)] - Huang Heng-Li, Tu Ming-Gene, Fuh Lih-Jyh, Chen Yuan-Chien, Wu Chu-Lung, Chen Shou-I, Hsu Jui-Ting - „Effects of Elasticity and Structure of Trabecular Bone on the Primary Stability of Dental Implants”, Journal of Medical and Biological Engineering, 30(2): 85-89, Ianuarie 2010;
- [Huang, et al., 2010 (2)] – Huang Heng-Li, Hsu Jui-Ting, Fuh Lih-Jyh, Lin Dan-Jae, Chen Michael Y.C. - „Biomechanical simulation of various surface roughnesses and geometric

designs on an immediately loaded dental implant”, *Computers in Biology and Medicine*, Nr.40, pp.525–532, 2010;

- [Jaffin&Berman, 1991] - Jaffin RA, Berman CL - „The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis”, *Journal of Periodontology*, Nr.62, pp.2-4, 1991;
- [Johnstone, 2010] - Johnstone Greg - “Dental Implant Procedure - Advantages and Success Rate”, 2010, [www.yourdentistryguide.com](http://www.yourdentistryguide.com) (20.02.2010);
- [Jokstad, 2009] - Jokstad Asbjorn - “Osseointegration and Dental Implants”, Wiley-Blackwell Publishing, 2009;
- [Jouanny et al., 2009] - Jouanny I., Labdi S., Aubert P., Buscema C., Maciejak O., Berger M.-H., Guipont V., Jeandin M. - „Structural and mechanical properties of titanium oxide thin films for biomedical application”, *Thin Solid Films*, 2009, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.02.2010);
- [Kan et al., 1999] - Kan Joseph Y.K., Rungcharassaeng Kitichai, Lozada Jaime L., Goodacre Charles J. - „Effects of smoking on implant success in grafted maxillary sinuses”, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 82, Ediția 3, pp.307-311, 1999, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.02.2010);
- [Kang et al., 2009] - Kang Byung-Soo, Sul Young-Taeg, Oh Se-Jung, Lee Hyun-Ju, Albrektsson Tomas - „XPS, AES and SEM analysis of recent dental implants”, *Acta Biomaterialia*, Nr.5, pp. 2222–2229, 2009, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.11.2009);
- [Kong et al., 2009] – Kong Liang, Zhao Yunzhuan, Hua Kaijin, Li Dehua, Zhou Hongzhi, Wuc Ziyang, Liu Baolin – „Selection of the implant thread pitch for optimal biomechanical properties: A three-dimensional finite element analysis”, *Advances in Engineering Software*, pp.474-478, 2009;
- [Lang et al., 2003] - Lang L.A., Kang B., Wang R.F., Lang B.R. - „Finite element analysis to determine implant preload”, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Nr. 90, pp.539-546, 2003;
- [Lee et al., 2009] - Lee Cornell K., Karl Matthias, Kelly J. Robert - „Evaluation of test protocol variables for dental implant fatigue research”, *Dental materials*, Nr.25, pp.1419 – 1425, 2009, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (16.11.2009);

- [Leong et al., 2010] - Leong Daylene Jack-Min, Li Jingjing, Moreno Ildelfonso, Wang Hom-Lay - „Distance Between External Cortical Bone and Mandibular Canal for Harvesting Ramus Graft: A Human Cadaver Study”, Journal of Periodontology, pp.239-243, Februarie 2010;
- [Leyens&Peters, 2003] – Leyens Christoph, Peters Manfred - „Titanium and Titanium Alloys”, Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA, 2003;
- [Liang&Gong, 2010] - Liang C.P., Gong H.R. - „Fundamental influence of hydrogen on various properties of  $\alpha$ -titanium”, International journal of hydrogen energy, pp.1–5, 2010, www.sciencedirect.com (22.01.2010);
- [Linkow, 1990] - Linkow Leonard I. - „Implant Dentistry Today: a multidisciplinary approach”, Editura PICCIN, 1990;
- [Lütjering&Williams, 2003] - Lütjering G., Williams J.C. - „Titanium Alloys”, Springer, 2003;
- [Mihai, 1995] - Augustin Mihai et al. - „Implantele endosoase osteointegrate in stomatologie”, Editura Sylvi, Bucuresti, 1995;
- [Misch, 1999] - Misch C.E. - „Principles for screw-retained prosthesis - Contemporary Implant Dentistry”, Mosby, St. Louis, Missouri, pp.575–598, 1999;
- [Misir et al., 2009] - Misir AF, Sumer M, Yenisey M, Ergioglu E. - “Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling”, Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Nr.67, pp.2663-2668, decembrie 2009, www.springerlink.com (11.12.2009);
- [Natali, 2003 (1)] - Natali AN, Pavan PG. - „Numerical approach to dental biomechanics”, in: Natali AN, editor. - „Dental biomechanics”, London: Taylor & Francis, 2003;
- [Natali, 2003 (2)] - Natali AN, editor. - „Dental biomechanics”, London: Taylor & Francis, 2003;
- [Nichici, 2008] – Nichici Alexandru - „Lucrări științifice. Concepere, redactare, comunicare”, Editura Politehnică Timișoara, ISBN 978-973-625-667-7, 2008;
- [Oprean, 2006] - Constantin Oprean - „Metode și tehnici ale cunoașterii științifice”, Editura ULBS, Sibiu, 2006;

- [Osborn, 1957] - Alex Osborn - „Applied Imagination”, Editura Charles Scribner and Sons, New York ,1957;
- [Paşa&Nicolae, 2009] –Paşa Alexandru, Nicolae Vasile - „Analiza tehnica a geometriei implanturilor dentare tip şurub”, Dento Medica magazine ISSN 1453-2476, Nr.2, noiembrie 2009;
- [Paterson&Kamran, 2009] - Paterson Heather, Kamran Zamanian - „The global dental implant market to experience strong growth despite the economic downturn”, Implant practice, Vol. 2 Nr.4, 2009, www.sciencedirect.com (22.02.2010);
- [Peters et al., 1983] - Peters M., Lütjering G., Ziegler G. - „Control of Microstructures of  $\alpha+\beta$  Titanium Alloys”, Zeitschrift für Metallkunde, Nr.74, pp. 274-282, 1983;
- [Petrie&Williams, 2008] – Petrie Cynthia S., Williams John L. - „Shape Optimization Of Dental Implant Designs Under Oblique Loading Using The P-Version Finite Element Method”, s.n., 2008;
- [Pye et al., 2009] - Pye A.D., Lockhart D.E.A., Dawson M.P., Murray C.A., Smith A.J. - „A review of dental implants and infection”, Journal of Hospital Infection, Nr.72, pp.104-110, 2009, www.sciencedirect.com (22.02.2010);
- [Rajendra, 2010] Rajendra Clement - „Analysis of Bolt Torquing”, Southport, NC, USA, 2010, www.phdonline.org (17.04.2011);
- [Rimouski, 2005] - Cégep Rimouski - „Science. Methodé scientifique, Franța, 2005 <http://www.cegep-rimouski.qc.ca/dep/biologie/methode/science.html> (15.05.2011);
- [Rosenberg et al., 2010] - Rosenberg Edwin S., Cho Sang-Choon, Jalbout Ziad N., Froum Stuart, Evian Cyril I. - „A Comparison of Characteristics of Implant Failure and Survival in Periodontally Compromised and Periodontally Healthy Patients: A Clinical Report”, 2010, www.drstuartfroum.com (15.02.2010);
- [Sammons et al., 2005] - Sammons Rachel L., Lumbikanonda Narong, Gross Michael, Cantzler Philip - “Comparison of osteoblast spreading on microstructured dental implant surfaces and cell behaviour in an explant model of osseointegration. A scanning electron microscopic study”, Clinical Oral Implants Research, s.n., 2005;
- [Sevilla et al., 2010] - Sevilla Pablo, Sandino Clara, Arciniegas Milena, Martínez-Gomis Jordi, Peraire Maria, Gil Francisco Javier - „Evaluating mechanical properties and degradation

of YTZP dental implants”, *Materials Science and Engineering* Nr.30, pp.14–19, 2010, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.02.2010);

- [Sridhar, 2010] Sridhar M.S. - „Research Methodology”, Bangalore, India, 2010 <http://www.slideshare.net/mssridhar/introduction-to-research-methodology-presentation>

(16.02.2011);

- [Streuers, 2009] - Streuers Inc. Application Note - „Metallographic preparation of titanium”, 2009;

- [Truhlar et al., 1997] Truhlar R.S., Farish S.E., Scheitler L.E. - „Bone quality and implant design-related outcomes through stage II surgical uncovering of Spectra-System root form implants”, *Journal of Maxillofacial Surgery*, Nr.55, pp.46-54, 1997;

- [Uggeri et al., 2010] - Uggeri Jacopo, Guizzardi Stefano, Scandroglio Renato, Gatti Rita - „Adhesion of human osteoblasts to titanium: A morpho-functional analysis with confocal microscopy”, *Micron*, Nr. 41, pp. 210–219, 2010;

- [Vanzillotta et al., 2006] - Vanzillotta Paulo S., Sader Marcia S., Bastos Ivan N., De Almeida Soares Gloria - „Improvement of in vitro titanium bioactivity by three different surface treatments”, *Dental Materials*, Nr.22, pp.275–282, 2006, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.01.2010);

- [Vehemente et al., 2002] - Vehemente VA, Chuang SK, Daher S, Muftu A, Dodson TB , 2002 - „Risk factors affecting dental implant survival”, *Journal of Oral Implantology*, Nr.28, pp.74-81, Harvard School of Dental Medicine, Boston, MA, USA, 2002, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.01.2010);

- [Wendlova, 2008] - Wendlova J. - „Bone quality. Elasticity and strenght”, *Bratislavske Lekarske Listy*, Nr.109, pp.383-386, 2008, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (17.01.2010);

- [Williams et al., 1992] - Williams D.F., Black J., Doherty P.J. - “Advances in biomaterials”, Vol.10, *Biomaterials-Tissue Interaction*, pp.525-533, Second consensus conference on definitions in biomaterials, New York, Elsevier, 1992;

- [Wiria et al., 2010] - Wiria Florencia Edith, Shyan John Yong Ming, Lim Poon Nian, Wen Francis Goh Chung, Yeo Jin Fei, Cao Tong - „Printing of Titanium implant prototype”, *Materials and Design*, 2010, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (22.02.2010);



- [1] \*\*\* - [www.iso.org](http://www.iso.org);
- [2] \*\*\* - [dentistomaha.com](http://dentistomaha.com);
- [3] \*\*\* - [www.hungarian-dentists.co.uk](http://www.hungarian-dentists.co.uk);
- [4] \*\*\* - [refertoandrewshelley.com](http://refertoandrewshelley.com);
- [5] \*\*\* - [henryschwartz.tripod.com](http://henryschwartz.tripod.com);
- [6] \*\*\* - [www.astratechdental.com](http://www.astratechdental.com);
- [7] \*\*\* - [www.materialise.com](http://www.materialise.com);
- [8] \*\*\* - [www.nobelbiocare.com](http://www.nobelbiocare.com);
- [9] \*\*\* - [www.medical.news20.ro](http://www.medical.news20.ro);
- [10] \*\*\* - [www.sinusgraft.com](http://www.sinusgraft.com);
- [11] \*\*\* - [us.synthes.com](http://us.synthes.com);
- [12] \*\*\* - [www.mondofacto.com](http://www.mondofacto.com);
- [13] \*\*\* - [flickr.com](http://flickr.com);
- [14] \*\*\* - TMC News – BusinessWire, 26 Februarie, 2010 – „Research and Markets: Asia-Pacific Market for Dental Implants & Final Abutments 2008 (3 countries)” , Dublin, [www.tmcnews.com](http://www.tmcnews.com) (08.02.2010);
- [15] \*\*\* - European Market for Dental Implants and Final Abutments (17 Countries) – August, 2009 – [www.reportbuyer.com](http://www.reportbuyer.com) (8.02.2010);
- [16] \*\*\* - South Korean Market for Dental Implants and Final Abutments 2009 – [www.reportlinker.com](http://www.reportlinker.com) – Octombrie 2009 (08.02.2010);
- [17] \*\*\* - European Dental Implants Markets – [www.researchandmarkets.com](http://www.researchandmarkets.com) – 2007 (14.02.2010);
- [18] \*\*\* - [www.bego-implantology.com](http://www.bego-implantology.com);
- [19] \*\*\* - [www.straumann.com](http://www.straumann.com);
- [20] \*\*\* - [www.dental-resources.com](http://www.dental-resources.com);
- [21] \*\*\* - [www.alphadentist.co.uk](http://www.alphadentist.co.uk);
- [22] \*\*\* - [www.implantodent.ro](http://www.implantodent.ro);
- [23] \*\*\* - [www.pn-aktuell.de](http://www.pn-aktuell.de) - “Marktübersicht Systeme und Oberflächen” - Wissenschaft & Praxis - Nr. 1 | Februarie 2009 (12.12.2009);
- [24] \*\*\* - [www.allmedicaltourism.com](http://www.allmedicaltourism.com);

- [25] \*\*\* - <http://osseosource.com>;
- [26] \*\*\* - [www.mercateo.com](http://www.mercateo.com);
- [27] \*\*\* - [www.astratechdental.com](http://www.astratechdental.com);