

# Översättning av en medicinteknisk text

Från engelska till svenska

Shangin Leung

Syftet med denna uppsats är att göra en översättning av en medicinteknisk text och därigenom tillämpa de kunskaper som förvärvats under utbildningen. Källtexten handlar om biomaterial och är tagen ur en lärobok för studenter. Uppsatsen inleds med en presentation och analys av källtexten, beskrivning av den tänkta målgruppen samt bestämning av översättningsprincip. Därefter följer en översättningskommentar och sist jämförs översättningens lexikogrammatik med källtextens. Resultatet av den analysen visar att översättningen inte skiljer sig särskilt mycket från källtexten.

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrund och syfte.....	1
<b>2 Presentation och analys av källtexten</b> .....	<b>1</b>
2.1 Presentation av innehåll .....	1
2.2 Källtextens målgrupp .....	2
2.3 Analys av källtext.....	3
2.3.1 Situationskontext.....	3
2.3.2 Lexikogrammatik .....	4
2.3.3 Textbindning .....	7
<b>3 Förutsättningar för översättningen</b> .....	<b>9</b>
3.1 Tänkt målgrupp för översättningen .....	10
3.2 Val av översättningsprincip.....	10
<b>4 Översättningskommentar</b> .....	<b>11</b>
4.1 Typiska översättningsproblem för språkparet.....	12
4.1.1 Singular/plural.....	12
4.1.2 Bestämd/obestämd form.....	13
4.1.3 Meningsstruktur .....	14
4.1.4 Kataforisk syftning.....	16
4.1.5 <i>Ing</i> -formen (presens particip).....	17
4.1.6 <i>Ed</i> -formen (perfekt particip) .....	20
4.1.7 Nominalfraser.....	21
4.2 Särskilda problem vid översättningen av denna text.....	22
4.2.1 Termer .....	22
4.2.2 Komplexa formuleringar .....	25
<b>5 Lexikogrammatisk jämförelse mellan källtext och översättning</b> .....	<b>26</b>
<b>6 Sammanfattning</b> .....	<b>31</b>
<b>7 Summary in English</b> .....	<b>34</b>
<b>Källförteckning</b> .....	<b>36</b>
<b>Bilaga I: Källtext och översättning</b> .....	<b>39</b>
<b>Bilaga II: Termlista</b> .....	<b>71</b>

# **1 Inledning**

Denna magisteruppsats på 20 poäng är ett examensarbete inom översättarprogrammet (80 poäng) vid Tolk- och översättarinstitutet (TÖI) vid Stockholms universitet. Uppsatsen inleds med en kort presentation och en analys av källtexten, beskrivning av den tänkta målgruppen samt bestämning av översättningsprincip. Därefter följer en översättningskommentar, där översättningsproblem som uppkommit under översättningens gång tas upp. Typiska problem för språkparet och särskilda problem för denna översättning analyseras och lösningar diskuteras. Efter översättningskommentaren följer en analys av översättningen som även jämförs med motsvarande analys av källtexten. Källtext och översättning samt termlista finns som bilagor till uppsatsen.

## **1.1 Bakgrund och syfte**

Det främsta syftet med uppsatsen är att göra en egen längre översättning och skriva en översättningskommentar för att därigenom tillämpa de kunskaper inom textanalys, översättningsteori och terminologiarbete som förvärvats under utbildningen.

Den text som valdes är inom området medicinteknik eftersom vi inom utbildningen inte fick möjlighet att fördjupa oss i detta område. Medicintekniken tycks vara ett område som det behövs översättare inom, så det kan vara fördelaktigt att ha fått en liten inblick i översättning av sådana texter. Medicinteknik är ett tvärvetenskapligt område som berör flera olika områden inom ”materialteknik, bioteknik, medicin, elektronik och datateknik” (Hedblom 1993:1). Dessutom är det en utmaning att översätta en text inom ett obekant område och som sannolikt medför många svårigheter.

## **2 Presentation och analys av källtexten**

Härunder följer en kort sammanfattning av boken ur vilken källtexten är tagen och en beskrivning av bokens disposition. Kapitel 1 som utgör källtexten kommer att presenteras mer ingående. Sedan följer en beskrivning av bokens målgrupp och en analys av källtexten.

### **2.1 Presentation av innehåll**

Kapitel 1 i *An Introduction to Tissue-Biomaterial Interactions* utgiven 2002 utgör källtexten. Boken är skriven av Kay C. Dee, David A. Puleo och Rena Bizios. Kay C. Dee är docent i biomedicinsk teknik och Rena Bizios professor i samma ämne medan David A. Puleo är

professor i biomaterial<sup>1</sup>. Boken handlar om hur implantat reagerar i kroppen. Vidare behandlas proteiner och hur de tas upp av kroppen, koagulering och hur blod samverkar med implantat, biomaterials ytor och hur de påverkar kroppen samt biokompatibilitet. Boken tar även upp inflammationer och infektioner, immunsystemet samt sårhäkning. Varje kapitel avslutas med en sammanfattning (ej kapitel 8) samt instuderings- och fördjupningsfrågor. Till varje kapitel finns dessutom en litteraturförteckning/lista med rekommenderad litteratur. I det sista kapitlet i boken ges två exempel på olika implantationer. Boken avslutas med facit till instuderingsfrågorna samt en ordlista.

Kapitel 1, som är källtexten, handlar om biomaterial. Författarna ägnar kapitlet främst åt tre syntetiska material som används i biomedicinska tillämpningar: metaller, keramer och polymerer. Varje materials uppbyggnad, egenskaper och nedbrytning beskrivs. Även för- och nackdelar med att använda respektive biomaterial i medicintekniska produkter tas upp. I slutet av kapitlet diskuteras vad som måste beaktas vid val av biomaterial samt utvecklingen inom området. Liksom övriga kapitel avslutas kapitlet med en sammanfattning, litteraturförteckning/lista på rekommenderad litteratur samt instuderings- och fördjupningsfrågor.

## 2.2 Källtextens målgrupp

I förordet till boken motiverar författarna att de skrev boken med att de tyckte att det saknades kurslitteratur för universitets- och högskolestuderande inom området. Boken skrevs särskilt med denna grupp i åtanke. Boken är ”short, accessible and [they] hope affordable” (Dee, Puleo & Bizios 2002:*xiii*) eftersom den är tänkt att användas på en enterminkurs. Studenterna förväntas ha gått kurser inom materiallära, jämviktslära och möjligen även materialmekanik eller grundläggande hydromekanik. Enligt författarna ska det räcka med (ytterst) små kunskaper inom kemi och biologi (allmän kemi och en termin i cellbiologi räcker) eftersom de vill att boken även ska vara tillgänglig för studenter inom andra program såsom medicine studerande med liten eller ingen ingenjörsbakgrund eller forskarstuderande inom teknik med liten eller ingen biomedicinsk bakgrund. Boken kräver således inte avancerade kunskaper inom matematik eller datormodellering.

---

<sup>1</sup> 'Biomaterial' är ”ersättningsmaterial som används i kroppen” enligt *Nationalencyklopedin*.

## 2.3 Analys av källtext

Analysen av källtexten utgår från Hellspong & Ledins modell i *Vägar genom texten* (1997). Deras textmodell är inspirerad av Michael Hallidays sociosemiotiska modell (Hellspong & Ledin 1997:284). De delar som behandlar kontexten och lexikogrammatiken är särskilt intressanta för en analys inför en översättning. Att analysera kontexten är användbart och ibland även nödvändigt för att få en tydligare bild av textens sammanhang. Översättaren förstår då författarens och textens syften. Lexikogrammatiken kan vara intressant att analysera för att se hur texten är uppbyggd och strukturerad. En sådan analys kan även vara bra om vissa grammatiska fenomen eller enheter ska diskuteras i en översättningskommentar och särskilt vid en jämförelse mellan källtexten och översättningen (se 5 Lexikogrammatisk jämförelse mellan källtext och översättning). Även textbindningen kommer att analyseras.

För de kvantitativa delarna av analysen av lexikogrammatiken har tre excerpter från början, mitten och slutet av källtexten använts. Varje excerpt består av omkring 280 ord och sammanlagt är de tre excerpterna 840 ord, vilket utgör drygt en femtedel av källtextens brödtext.

### 2.3.1 Situationskontext

Vid en undersökning av en texts kontext är det textens sammanhang, dvs. ”hela den språkliga och sociala miljö som texten kommer ur och verkar i” (Hellspong & Ledin 1997:49), som står i fokus. Kontexten förklarar textens ursprung och struktur (Hellspong & Ledin 1997:49). Situationskontext är den kontext som ”texten omedelbart utgår från” (Hellspong & Ledin 1997:49), t.ex. i vilket sammanhang mottagaren kommer i kontakt med texten, för vem/vilka den är skriven och varför den har kommit till.

Boken hör hemma i en undervisningsdiskurs där det viktigaste syftet är att studenter förvärvar nya kunskaper. Den är en kursbok, vars målgrupp är studenter (undergraduate students). Texten förekommer i verksamheten på universitet eller högskola och ett av högskolans viktigaste syften är att utbilda studenter. Tidpunkten då texten är skriven har stor betydelse eftersom området som behandlas är relativt nytt och det fortfarande forskas mycket inom det. Det betyder att information hela tiden tillkommer och förändras. Informationen i boken kan bli inaktuell och bristfällig eller till och med felaktig. Däremot nämner texten själv inte detta utan de hänvisningar till tid som görs är jämförelser mellan förr och nu samt prognoser om utvecklingen inom området.

Den största gruppen av mottagare är studenter. Läraren förväntar sig med största sannolikhet att studenterna för det första läser texten och för det andra förstår innehållet,

eftersom detta krävs för att klara kursen. Även läraren ingår i mottagargruppen, då det oftast är lärarens uppgift att välja kursböcker och därmed förväntas även läraren ha läst kursböckerna. Läraren ska även ha förstått innehållet och kunna förklara för studenter som eventuellt inte förstår. Sändarna är främst bokens författare eftersom det är de som står för faktakunskaperna. Även förlaget som ger ut boken är till viss del sändare då även det har ansvar för innehållet i boken. Däremot kan man förvänta sig att främst författarna är mycket väl insatta i ämnet. Relationen mellan mottagarna och sändarna är asymmetrisk. Det beror på att studenterna troligen litar på att det som står i boken är sant och det kan innebära att sändarna har ett slags makt över mottagarna. Däremot har nog läraren som mottagare makt över sändarna eftersom det vanligen är läraren som väljer om boken ska användas som kurslitteratur eller ej. Om boken inte används som kurslitteratur har ett av sändarnas främsta syften, att få många läsare/användare och att sälja många böcker, misslyckats.

Textens syfte är att informera, dvs. förmedla kunskap till läsaren. Texten tillhör läroboksgenren, men denna kan delas in i flera nivåer beroende på läsarnas förkunskaper. Det finns därmed läroböcker för olika mottagargrupper. Här handlar det, som tidigare nämnts, om akademisk nivå. Det leder till att koden som används är ganska smal eftersom studenterna förväntas ha förkunskaper inom ämnet, men troligtvis inte så smal som koden är den litteratur de läser när de har klarat av kursen. Mediet är öppet eftersom boken finns att tillgå i handeln och på bibliotek.

### **2.3.2 Lexikogrammatik**

Att analysera en texts textuella struktur innebär att man gör en analys av dess ord, fraser, satser, meningar och stycken. En texts textuella struktur rör textens form (Hellspång & Ledin 1997:65). En nivå inom den textuella strukturen är lexikogrammatiken, som fokuserar på en texts ord och meningar (Hellspång & Ledin 1997:65), dvs. en texts lexikon och syntax (Hellspång & Ledin 1997:67).

Källtexten är en text för akademiker, dvs. blivande experter. Språket i den kan antas ligga på en ganska hög nivå, vilket innebär att texten förmodligen tillhör de svårare lexikogrammatiska dimensionerna. Dessa dimensioner är även typiska för specialiserade texter. Källtexten förväntas vara nominal (motsats till verbal), specifik (motsats till allmän) och abstrakt (motsats till konkret). En nominal text är informationstät och konstaterande och innehåller många substantiv, många långa nominalfraser och få bisatser. De långa meningarna i nominala texter brukar bero på långa nominalfraser, många samordningar och uppräkningsor. En specifik text har bl.a. många fackord, många statiska verb och många räkneord. Att en text

är abstrakt beror bl.a. på många verbalsubstantiv, få tidsadverbial, få dynamiska verb, många passiva verb och avsaknad av första och andra persons pronomina (Hellspång & Ledin 1997:78-79). Andelen adjektiv förväntas vara låg eftersom värderingar och beskrivningar uttryckta med adjektiv är ovanlig i texter av detta slag. Adjektiven i texten förväntas vara få eftersom adjektiv ofta förmedlar attityder och värderingar (Hellspång & Ledin 1997:68), vilket en text av denna typ inte ska göra. Kursböcker ska förhålla sig neutrala till det ämne de behandlar.

För att undersöka om källtexten är nominal räknades substantiven till att börja med. Hög förekomst av substantiv gör en text nominal (Hellspång & Ledin 1997:78). Över 30 procent av orden i texten är substantiv. Det var en förväntad siffra eftersom en undersökning visar att akademisk prosa på engelska innehåller ca 30 procent substantiv (Biber 2006:14) och i kategorin läroböcker är den över 30 procent (Biber 2006:48).

Många långa nominalfraser och många attributiva prepositioner gör texten nominal (Hellspång & Ledin 1997:78). Källtexten innehåller även många nominalfraser, exempelvis p.g.a. uppräkningsfraser. Nominalfraserna i texten är ofta långa, vilket beror på långa attribut före och efter huvudordet. Många av bestämningarna är prepositionsfraser och inleds med andra ord med attributiva prepositioner (t.ex. *Estimated annual sales of such products in the United States...*). I källtexten är andelen prepositioner 14,4 procent, vilket ungefärligen motsvarar genomsnittet för akademisk prosa som ligger på över 15 procent (Biber, Conrad & Leech 2002:32). En mer omfattande diskussion av nominalfraserna finns i 4.1.7 Nominalfraser.

Den genomsnittliga meningslängden i det undersökta materialet är 22,7 ord/mening, men meningslängden varierar stort. Den längsta meningen består av 39 ord medan den kortaste bara av 9 ord. De långa meningarna beror till största delen på uppräkningsfraser och även detta stärker textens nominala drag. En närmare undersökning av meningslängdernas spridning visar att det är missvisande att endast titta på den genomsnittliga meningslängden. En tredjedel av meningarna är mellan 16-25 ord och en tredjedel mellan 26-35 ord. Störst variation på meningslängden förekommer i första delen, som är tagen ur inledningen. Enligt Hellspång & Ledin (1997:77) skapar omväxling av meningslängd effektfullhet. Författarna till källtexten använder förmodligen detta grepp för att fånga läsarnas intresse och få dem att läsa vidare. Meningslängden undersöktes för att senare kunna jämföras med meningslängden i översättningen (se 5 Lexikogrammatisk jämförelse mellan källtext och översättning).

I det undersökta materialet förekommer samordnade huvudsatser endast ett fåtal gånger, men det finns ändå ganska många konjunktioner. Det finns några bisatser och även bisatser

till dessa, men de underordnade satserna är ändå relativt få och det tyder på att texten är nominal (Hellspång & Ledin 1997:78).

Hypotesen att källtexten är specifik är svårare att bevisa, men det finns t.ex. många termer i texten och det gör texten specifik (Hellspång & Ledin 1997:79). En 'term' är ett "språkligt uttryck för ett fackspecifikt begrepp" (Laurén & Nordman 1998). I källtexten återfinns en stor mängd facktermer inom olika ämnesområden.

Övervägande delen av verben i källtexten är statiska (t.ex. *continue*, *include*, *constitute*, *require* och *contain*), följaktligen är de dynamiska verben (t.ex. *test*, *utilize* och *degrade*) få. Enligt Hellspång & Ledin är en text specifik om det förekommer många statiska verb och abstrakt om det förekommer få dynamiska verb (1997:79).

Även räkneorden som förekommer i texten och i tabellerna bidrar med exakthet (Hellspång & Ledin 1997:68) och gör texten mer specifik (Hellspång & Ledin 1997:79).

Ganska många av substantiven i källtexten är verbalsubstantiv, dvs. substantiv som avletts av verb (t.ex. *development* och *modification*). 6,1 procent av alla ord och 19,3 procent av substantiven är verbalsubstantiv. Användning av många verbalsubstantiv gör att texten blir mer abstrakt (Hellspång & Ledin 1997:79).

Det förekommer ganska många tidsadverbial i texten, vilket talar för att källtexten är konkret (Hellspång & Ledin 1997:79). Tidsadverbialen används för att jämföra med tidigare skeenden och förutse utvecklingen inom området (t.ex. *to date*, *presently* och *currently*). Något som däremot talar för att texten är abstrakt är avsaknaden av personliga pronomina i första och andra person. Som nämnts ovan finns det få dynamiska verb vilket också gör texten abstrakt.

Att använda passiver döljer författaren och utesluter även tilltal till läsaren. Många passiver i en text tyder på att texten är opersonlig (Hellspång & Ledin 1997:70) och bidrar till textens abstrakta karaktär (Hellspång & Ledin 1997:79). Hypotesen att det skulle finnas många passiva verb verifierades. I källtexten är en fjärdedel av verben passiva, vilket överensstämmer med skriftlig akademisk prosa på engelska där 20 procent av verben är passiva (Biber 2006:64). Läroböcker för ingenjörer och läroböcker i naturvetenskap har fler passiva verb, nästan 30 procent (Biber 2006:65). Källtexten placerar sig med andra ord mellan akademisk prosa och läroböcker.

Det förekommer ganska många adjektiv i texten, 12,9 procent. Det ligger över genomsnittet för akademisk prosa på engelska som ligger på 8 procent (Biber 2006:14). Enligt Hellspång & Ledin (1997:68) bidrar adjektiv genom målände och värderande uttryck till subjektivitet, men i källtexten tycks många adjektiv vara klassificerande snarare än



beskrivande. Med klassificerande menas adjektiv som anger tillhörighet (t.ex. *industrial*, *modern* och *chemical*) medan beskrivande adjektiv beskriver egenskaper (t.ex. *modest*, *smaller* och *important*). Många av adjektiven härrör från substantiv (t.ex. *diagnostic*, *medical* och *macromolecular*) och på så sätt fungerar de snarare som svenska språkets sammansättning av substantiv.

Som en sammanfattning av den lexikogrammatiska analysen av källtexten kan sägas att källtexten konstateras vara nominal, specifik och abstrakt. Texten är nominal eftersom det förekommer många nominalfraser, få bisatser och hög substantivandel samtidigt som de långa meningarna främst beror på långa nominalfraser och uppräkningsord. Det är däremot svårare att placera texten på skalan specifik-allmän, men de många termerna och räkneorden samt dominansen av statiska verb gör att texten blir specifik. Det som talar för att texten är abstrakt är de relativt många verbalsubstantiven, de få dynamiska verben samt avsaknaden av första och andra persons pronomina. Det som däremot talar för att texten är konkret är de relativt många tidsadverbialen. Summeras dessa resultat kan det ändå påstås att källtexten är mer abstrakt än konkret.

### 2.3.3 Textbindning

Textbindning är en annan nivå inom den textuella strukturen. Den berör länkarna mellan satser och meningar (Hellspång & Ledin 1997:65). Tydlig textbindning gör en text koherent, dvs. sammanhängande. Här undersöks referens- och konnektivbindningen.

Referensbindning handlar om ordens syftning (Hellspång & Ledin 1997:81). Referenten är företeelsen som ordet åsyftar och kan betecknas med olika sambandsled, dvs. olika språkliga benämningar. Sambandsled som refererar till samma referent bildar tillsammans en ledfamilj (Hellspång & Ledin 1997:82). Inom referensbindningen finns det tre former av bindning: identitet, delidentitet och association. Identitet innebär att samma referent kommer igen medan delidentitet innebär att endast en del av referenten återkommer (Hellspång & Ledin 1997:82-83). Association är när referenterna binds samman med ett allmänt samband (Hellspång & Ledin 1997:84).

Det finns flera olika typer av identitetsbindning i källtexten. Identisk upprepning, dvs. användning av samma beteckning för samma referent (Hellspång & Ledin 1997:82-83), är vanligast i texten eftersom den ger tydlighet. Även pronominaliseringar förekommer, då pronomina används i stället för att referenten upprepas (t.ex. *...as the metal becomes harder and stronger it also becomes less ductile...*). Det är oftast lätt att koppla ihop pronomina med referenten. Det förekommer även att pronomina föregår referenten (*...although their*

*mechanical properties make metals the appropriate choice for many biomedical applications...*), men det är fortfarande lätt att förstå vad pronomenet syftar på (se även 4.1.4 Kataforisk syftning). Däremot förekommer inte modifierad upprepning eller varierad upprepning i källtexten, dvs. att referenten benämns med helt andra uttryck. Det beror förmodligen på att detta kan förvirra läsaren, särskilt om han/hon inte är bekant med ämnesområdet och termerna.

Enligt Hellspong & Ledin (1997:83) handlar delidentitet oftast om en del av ett objekt. Ett exempel från källtexten är *metall, atom* och *elektron*. I källtexten handlar det dock mest om det som kallas ”underordnad kategori i förhållande till en överordnad” (Hellspong & Ledin 1997:83), t.ex. *material, metall* och *titan* som förekommer i källtexten. När delidentitet, av både den första och andra typen, används i källtexten förklaras sambandledens relation till varandra eftersom tydlighet är viktigt.

Association är den svagaste typen av bindning och bygger på människans egen förmåga att knyta ihop referenter (Hellspong & Ledin 1997:84). Ett exempel på associativ bindning är *metall, syre* och *korrosion* (när metall kommer i kontakt med syre bildas korrosion). I källtexten förekommer association aldrig utan förklaring av sambandet, eftersom det ofta är sambandet som är det viktigaste och författarna riskerar att tappa läsaren om sambandet inte förklaras. De starkaste bindningarna, dvs. identitetsbindningarna, dominerar i källtexten eftersom risken för otydligheter och förvirring då minskar.

Konnektivbindning markerar sambandet mellan det föregående och det efterföljande. Det görs genom en språklig markör som kallas konnektiv. Det finns fyra typer av konnektivbindningar: additiva, temporala, adversativa och kausala. Additiva konnektiver lägger till information, temporala anger tidssambandet, adversativa visar på motsättningar och kausala markerar orsak (Hellspong & Ledin 1997:88).

De additiva konnektiverna dominerar i materialet. Enligt Hellspong & Ledin används additiva konnektiver för att hålla ihop påståenden (1997:88), men i källtexten används de främst för att lägga till information och exemplifiera (se exempel 1 och 2, konnektiverna i fetstil).

- (1) **In addition** to unintentional degradation, certain polymers have been designed to undergo controlled degradation. (kt<sup>2</sup> 59:9)
- (2) This release is a concern for materials, **such as** bone cement... (kt 59:5)

---

<sup>2</sup> Förkortningen kt betecknar källtexten och de efterföljande siffrorna hänvisar till sida respektive rad i källtexten (Bilaga I).

Det förekommer även många temporala konnektiver för att påvisa om det är nutid eller dåtid som beskrivs (se exempel 3 och 4, konnektiverna i fetstil).

(3) **In the past**, there was no targeted development of biomaterials... (kt 39:5)

(4) ...there are **currently** thousands of medical devices... (kt 39:12)

Det finns endast några enstaka adversativa (*Instead*) och kausala konnektiver (*Because*) i den undersökta texten.

Ett fåtal implicita konnektiver förekommer i källtexten. Med implicita konnektiver menas konnektiver som inte skrivs ut och därmed är underförstådda (se exempel 5). Motsatsen till implicita konnektiver är explicita. Alla temporala konnektiver skrivs ut och är därmed explicita. Några kausala konnektiver är implicita och det finns även en adversativ konnektiv. Implicita konnektiver används förmodligen i så liten utsträckning eftersom det kräver mer av läsaren, då läsaren själv måste tolka vad författaren menar (se exempel 5, mitt tillägg inom hakparentes).

(5) Moist heat and high pressure (typical conditions in steam autoclaves), ethylene oxide gas, and gamma radiation are procedures commonly used in sterilizing biomedical materials and devices. [Consequently] Special care should be taken with polymers that do not tolerate heat... (kt 63:14)

I exemplet ovan hade författarna kunnat sätta in adverbet *consequently* för att tydliggöra sambandet mellan satserna. Genom att utesluta det framgår inte sambandet alls lika tydligt.

Källtexten är ett kapitel ur en kursbok med naturvetenskaplig inriktning och handlar om biomaterial. Den lexikogrammatiska analysen visar att texten är nominal, specifik och abstrakt. Analysen av textbindningen visar att källtexten mestadels är tydlig och att additiva och temporala samband dominerar.

### 3 Förutsättningar för översättningen

Innan en översättning påbörjas är det lämpligt att översättaren gör klart för sig vad texten handlar om och vilken översättningsmetod som ska följas. Därefter bör översättaren klarlägga vem eller vilka som ska läsa översättningen. Att bestämma detta innan texten översätts underlättar översättningsarbetet.

### **3.1 Tänkt målgrupp för översättningen**

Boken, ur vilken källtexten är tagen, har tidigare använts som kursbok på kursen Implantat och biomaterial 4p som Kungliga tekniska högskolan (KTH) ger i samarbete med Karolinska institutet (KI). Det är studenter som deltar i denna kurs som antas vara måltextens läsare. Studenterna går fjärde året på KTH och studenter som läser elektroteknisk inriktning har förtur till kursplatserna.

Studenterna som antas till kursen Implantat och biomaterial har goda kunskaper inom det tekniska området och är väl bekanta med dess terminologi eftersom studenter som antas till KTH har naturvetenskaplig bakgrund från gymnasiet. Under de tre första åren på KTH får de även fördjupade kunskaper i matematik och teknik. Studenterna har även grundläggande kunskaper inom medicin och är bekanta med dess terminologi eftersom kursen Medicinsk teknik 4p är ett förkunskapskrav. Även denna kurs ges i samarbete med KI. Under denna kurs får studenterna en introduktion till medicinsk terminologi samt fysiologiska och medicinska grundbegrepp. Detta gör att studenterna har mer kunskaper än vad som krävs av källtextens målgrupp.

Målet för kursen Implantat och biomaterial är att ”ge studenterna en överblick över implantat, grundläggande kunskaper om biomaterial och de speciella tekniska och kliniska förutsättningar som gäller för implantat” (*Studiehandboken 06/07*). Under kursen får studenterna särskilt fördjupa sig i hjärtimplantat, som konstgjorda hjärtan och pacemaker.

### **3.2 Val av översättningsprincip**

Översättarens syften sammanfaller med eller liknar ofta författarens (Nida 1964:154). Det gäller även denna översättning, där både målgrupper och syften hos källtexten och översättningen sammanfaller. Målgrupperna är i båda fallen studenter som läser källtexten eller översättningen för att inhämta kunskap. Därmed ska översättningen skapa om inte samma effekt, så en effekt som är så nära originalet som möjligt, dvs. är en kommunikativ översättning lämplig i detta fall (Newmark 1981:39). Motsatsen till kommunikativ översättning är semantisk översättning, där översättaren semantiskt och syntaktiskt ska hålla sig så nära originalet som målspråket tillåter (Newmark 1981:39).

En kommunikativ översättning är oftast ”smoother, simpler, clearer, more direct” (Newmark 1981:39), vilket passar en lärobokstext, där det är innehållet som är viktigast. En kommunikativ översättning lägger störst vikt vid innehållet och alla betydelser måste vara med (Newmark 1981:48). Språket ska vara ett medel för studenterna som lätt ska kunna ta till

sig innehållet och då måste det flyta bra utan språkliga störningar – studenterna ska inte ens lägga märke till språket. Att göra en kommunikativ översättning av denna källtext kan även vara bra eftersom översättaren då får rätta och förbättra texten på olika sätt (Newmark 1981:42).

Det finns inte en enda översättning som är enbart kommunikativ och inte heller enbart semantisk, utan en kommunikativ översättning är mer eller mindre semantisk och tvärtom (Newmark 1981:40). En semantisk översättning behåller källtextens syntax eftersom det är den som framhäver textens olika delar (Newmark 1981:47).

Newmarks kommunikativa översättning motsvaras i viss mån av Nidas dynamiska ekvivalens, där det också fokuseras på läsarens respons (Nida 1964:159). Nida skiljer mellan formell och dynamisk ekvivalens. Formell ekvivalens innebär fokus på form och innehåll, medan dynamisk ekvivalens ska återge samma effekt som originalet med ett språk som är så naturligt som möjligt på målspråket (Nida 1964:159).

En översättning som översatts enligt principen om dynamisk ekvivalens ska verka naturlig och anpassas till målspråk och målkultur, textens kontext samt målgruppen (Nida 1964:166-167). När översättaren anpassar texten till målgruppen måste han/hon tänka på målgruppens erfarenhet av och förmåga att avkoda. Men man kan aldrig vara säker på hur källtextens läsare reagerade eller skulle reagera på originalet (Nida 1964:170).

Översättningens målgrupp sammanfaller i stort sett med källtextens målgrupp. Översättningen riktar sig till studenter på teknisk utbildning. Därför väljs den kommunikativa översättningsstrategin som ämnar överföra innehållet i källtexten.

## **4 Översättningskommentar**

Det är inte ofta översättaren får kommentera sin egen översättning, men det händer ibland att han/hon uttalar sig om översättningen i ett förord. Dessa förord är dock inte alls så ingående som denna översättningskommentar, där även enskilda problem diskuteras.

Det är omöjligt att översätta en text ordagrant. Det uppstår nästan alltid fall där måltexten inte kan använda samma lösningar som originalet. I denna översättningskommentar analyseras översättningsproblem som uppstod under översättningens gång. Det som kommer att tas upp är vad problemet var, de olika lösningar som fanns och valet av den slutgiltiga lösningen. Lösningarna måste överensstämma med vad som är möjligt för den kommunikativa översättningen, som är den valda översättningsmetoden.

## 4.1 Typiska översättningsproblem för språkparet

Typiska översättningsproblem för språkparet syftar på de problem som nästan alltid uppstår vid översättning mellan ett språkpar, i detta fall från engelska till svenska. Det finns skillnader mellan språken och vissa av dessa skillnader medför problem vid översättning t.ex. uppstår det ofta svårigheter med singular/plural, bestämd/obestämd form och adverbialens placering (se 4.1.3 Meningsstruktur). Även pronomina som föregår referenten (4.1.4 Kataforisk syftning) kommer att tas upp, trots att det inte alltid orsakade svårigheter vid översättningen. Andra svårigheter kan förekomma vid användning av presens och perfekt particip samt nominalfraser.

### 4.1.1 Singular/plural

Vid översättningen har vissa plurala uttryck i källtexten fått singulara uttryck i översättningen. Det har inte berott på regler, även om sådana finns gällande vissa substantiv, utan på att vissa substantiv vanligen förekommer i singular på svenska. Översättningen av *developments* är ”utvecklingen” därför att utvecklingen endast sker inom ett område. Två egenskaper som blivit singulara är *strengths and moduli* ”hållfasthet och elasticitetsmodul”, eftersom egenskaper brukar uttryckas i singular trots att de förekommer i två material. *Extracorporeal devices* har på svenska ersatts med ”extrakorporeal utrustning”, där det svenska substantivet är ett kollektivt substantiv och därför refererar till en grupp av saker.

Att vissa plurala substantiv översatts med singular beror också på att man på svenska oftare ger exempel och förklaringar i singular. I exempel 6 finns en typisk förklaring som på svenska har fått ett singulart uttryck för att klargöra att det endast rör sig om en atomkärna i varje atom (de plurala uttrycken i fetstil).

(6) At the atomic level, **metals** consist of positively charged **ion cores** immersed in a ”cloud” of loosely bound electrons. (kt 43:10)

**Metallatomerna** består av en positivt laddad **atomkärna** omgiven av en ”svärm” av löst bundna elektroner. (öt<sup>3</sup> 44:10)

Det förekommer inga fall då engelska substantiv i singular har översatts med ett svenskt substantiv i plural.

---

<sup>3</sup> Förkortningen ö<sup>t</sup> betecknar den översatta texten och de efterföljande siffrorna hänvisar till sida respektive rad i översättningen (Bilaga I).

#### 4.1.2 Bestämd/obestämd form

Det finns även skillnader mellan engelska och svenska när substantiven står i bestämd respektive obestämd form. Engelska språket kräver t.ex. bestämd form i första ledet av en *of*-konstruktion, *the biocompatibility and biofunctionality of implants* ”implantatens biokompatibilitet and biofunktionalitet”.

Det finns olika alternativ för att översätta till/från obestämd respektive bestämd form. Ett substantiv i obestämd form kan översättas med ett substantiv i bestämd form. När ”nackdel” är subjekt och antalet inte är specificerat anges det i bestämd form (se exempel 7, substantivet i fetstil).

(7) **Disadvantages** of titanium for medical use include a relatively low shear strength, poor wear resistance, and difficulties in fabrication. (kt 49:20)

**Nackdelarna** med titan för medicinsk användning är relativt låg skjuvhållfasthet, dålig slitstyrka och svårigheter vid framställning. (öt 50:21)

Ett substantiv i bestämd form kan översättas med ett substantiv i obestämd form (se exempel 8). I nedanstående exempel har obestämd form valts i översättningen eftersom det är första gången som ”ytatomer” nämns, men det hade gått bra att behålla den bestämda formen, vilket tycks vara fallet för de flesta bestämda substantiv som ersatts av obestämda substantiv.

(8) Chemical bonds will “dangle” into the space outside the solid material and will result in **the surface atoms** having higher energy than do atoms in the bulk. (kt 45:17)

Kemiska bindningar kommer att ”hänga” i luften utanför det fasta materialet vilket leder till att **ytatomer** har högre energi än atomerna i övriga delen av implantatet. (öt 46:17)

Många substantiv har determinanter som är possessiva eller demonstrativa pronomina (se exempel 9-10). Båda typerna av pronomina används för att syfta tillbaka till det tidigare nämnda och kan därmed ersättas med substantiv i bestämd form eftersom även dessa fungerar som anaforisk syftning (bakåtsyftande). I exempel 9 har det possessiva pronomenet och substantivet i obestämd form ersatts med ett substantiv i bestämd form och i exempel 10 har det demonstrativa pronomenet och substantivet i obestämd form ersatts med ett substantiv i bestämd form.

- (9) *Bioinert* refers to a material that retains **its structure** in the body after implantation and does not induce any immunologic host reactions. (kt 51:3)  
*Bioinert* avser material som bibehåller **strukturen** i kroppen efter implantation och som inte framkallar några immunologiska värdreaktioner. (öt 52:3)
- (10) **This release** is a concern for materials, such as bone cement... (kt 59:5)  
**Utfällningen** är ett problem för material som bencement... (öt 60:6)

#### 4.1.3 Meningsstruktur

Engelska språket skiljer sig från svenskan i strukturen, främst vad gäller reglerna för ordföljd. Engelska är ett s.k. SVO-språk, dvs. subjektet föregår det finita verbet, men före subjektet kan ett eller flera adverbial förekomma. Svenska är däremot ett V2-språk. Med V2 menas att det finita verbet har andra position i en mening. Det leder till att endast en satsdel, t.ex. ett adverbial eller ett subjekt, kan föregå det finita verbet, men inte både ett adverbial och ett subjekt. Eftersom meningarna i källtexten ofta inleds med ett adverbial följt av subjekt före det finita verbet måste någon manöver göras. Möjliga åtgärder är t.ex. transposition (ordklasskifte), parafras (omformulering), införande av formellt subjekt (*det*), men i översättningen har alltid antingen adverbialet eller subjektet flyttats (se exempel 11-13, finita verb i fetstil).

- (11) Admittedly, any current definition of biomaterials **is** neither perfect nor complete but has provided an excellent reference or starting point for discussion. (kt 41:9)  
 Visserligen **är** de definitioner av biomaterial som är i omlopp varken perfekta eller uttömmande, men de utgör en utmärkt referens och utgångspunkt för diskussion. (öt 42:8)
- (12) For example, there **is** an increased emphasis on developing nontraditional clinical methodologies, such as preventing and curing major genetic diseases. (kt 41:12)  
 Det **finns** till exempel en ökad tonvikt på att utveckla icke-traditionella kliniska metoder, såsom att förebygga och bota allvarliga genetiska sjukdomar. (öt 42:11)
- (13) In other words, the oxidized metallic surfaces **are** “passivated”. (kt 47:4)  
 Den oxiderade metallytan **är** med andra ord “passiviserad”. (öt 48:4)



I exempel 11 har adverbialen behållits på den initiala positionen medan subjektet nu kommer efter det finita verbet. I exempel 12 är det i stället subjektet (som är en plats hållare) som föregår det finita verbet och adverbialen har flyttats till positionen efter det finita verbet. Adverbialen kan även flyttas till positionen mellan det finita verbet och dess komplement, vilket har skett i det sista exemplet.

På engelska kan det även förekomma fler än två satsdelar före det finita verbet. Då kan endast en satsdel behållas på den första positionen och övriga satsdelar måste flyttas till andra positioner i meningen för att meningen på svenska ska bli grammatiskt korrekt (se exempel 14, finit verb i fetstil).

(14) Over time in the physiological environment, these compounds **can** leach from the polymer surface. (kt 59:2)

I den fysiologiska miljön **kan** föreningarna med tiden läcka ut från polymerytan. (öt 60:2)

I exempel 14 föregås det finita verbet av ett tidsadverbial (*over time*), ett platsadverbial (*in the physiological environment*) och subjektet (*these compounds*). Här måste översättaren välja vad som ska komma först på svenska eftersom endast en av dessa satsdelar kan föregå det finita verbet.

I källtexten föregås det finita verbet även ofta av en bisats, som fungerar som ett adverbial, och därefter följer subjektet och det finita verbet (se exempel 15, finit verb i fetstil).

(15) Because the interatomic bonds are not spatially directed in metals, planes of atoms **can** "slip" over one another to allow plastic (permanent) deformation. (kt 45:5)

Eftersom atombindningarna inte är spatialt bestämda i metaller **kan** atomplan "halka" över varandra och tillåta plastisk (permanent) deformation. (öt 46:4)

Översättningen i exempel 15 inleds med den adverbiala bisatsen. Därefter kommer det finita verbet på dess obligatoriska plats, position två. Det finita verbet följs av subjektet som i denna mening inte kan föregå verbet bortsett från om den adverbiala bisatsen flyttas till annan plats i meningen, t.ex. till final position.

Det tycks vanligen endast förekomma två inledande adverbial i meningarna, men i exempel 16 förekommer fyra element före det finita verbet (finit verb i fetstil). Den initiala

positionen innehas av ett adverbial (*for example*), sedan följer en bisats på tolv ord och en apposition till denna och på positionen före det finita verbet finns subjektet.

(16) For example, even though 316L stainless steel implants perform satisfactorily in short-term applications, such as fracture fixation, they **are** susceptible to crevice corrosion and pitting when implanted for longer periods. (kt 47:6)

Trots att implantat av 316L rostfritt stål fungerar tillfredsställande till exempel vid tillämpning under kort tid såsom vid frakturfixering **är** de mottagliga för spaltkorrosion och gropfrätning när de är implanterade under längre perioder. (öt 48:6)

Tre av elementen som föregår det finita verbet i källtexten föregår även det finita verbet i översättningen, men i översättningen som två element. Adverbialet har vävts in i bisatsen som har den initiala positionen tillsammans med appositionen. Därefter följer det finita verbet på andra position och sedan subjektet.

#### 4.1.4 Kataforisk syftning

Det förekommer några kataforiska syftningar (motsatsen är anaforisk syftning) i källtexten, dvs. syftningar framåt i texten. I källtexten framträder de som pronomina som föregår referenten (det som åsyftas) i källtexten. Referensbindningen blir då mindre tydlig eftersom läsaren först senare får veta vad det handlar om. Det går att nämna pronomenet före referenten och det skulle oftast inte uppstå missförstånd eftersom det är tydligt vad pronomenet åsyftar om det inte står alltför långt ifrån referenten. Men jag har genomgående flyttat fram referenten så att det föregår pronomenet (se exempel 42, pronomenet i fetstil och referenten understruken).

(42) Unless **they** are cross-linked, the macromolecules interact with one another by weak secondary bonds (hydrogen and van der Waals bonds) and by entanglement. (kt 57:8)

Såvida makromolekylerna inte är tvärbundna växelverkar **de** med varandra genom svaga sekundära bindningar (vätebindningar och van der Waals bindningar) och genom intrassling. (öt 58:8)

I exemplet ovan är betydelsen i översättningen densamma som i källtexten, men formen har förändrats. Dessutom blir det tidigare känt vad *they* syftar på.

Att pronomenet föregår referenten kan göra texten mer svårbegriplig, vilket det gjorde i ett av fallen. Det berodde på att referenten kom långt bort från pronomenet (se exempel 43, pronomenet i fetstil och referenten understruken).

(43) Not only can **they** undergo slow or rapid dissolution (depending on the composition and processing history of the material), but because of the similarity of calcium phosphates to the mineral component of bone, they may also be resorbed by osteoclasts (the cells that break down bone). (kt 53:20)

Kalciumfosfater kan inte bara upplösas snabbt eller långsamt (beroende på hur materialet är sammansatt och bearbetat) utan på grund av likheterna med benets mineraler kan **de** även sugas upp av osteoklaster (cellerna som bryter ned ben). (öt 54:20)

Att meningen i exempel 43 blev svår att förstå berodde även på att referenten (*calcium phosphates*) står i det senare ledet av en *of*-konstruktion. Däremot föregår huvudordet ("kalciumfosfater") det ägda ("likheter") i den svenska översättningen.

#### 4.1.5 *Ing*-formen (presens particip)

*Ing*-formen (presens particip) bildas genom att *-ing* läggs till i slutet på ett verb i grundform. En ordagrann översättning av denna verbform skulle motsvara svenskans presens particip, dvs. verb med "-ande" eller "-ende" som ändelse. *Ing*-formen bildar tillsammans med *be* progressiv form, det kan fungera som en presens particip och verbalsubstantiv (Svartvik & Sager 1996:16-17, 121). *Ing*-formen förekommer ofta i engelska texter (81 gånger i denna källtext), men den är inte alltid svår att översätta. Det finns *ing*-former som inte orsakar problem vid översättning. Det är när verb i presens particip har övergått till adjektiv (se exempel 17 och 18) eller substantiv (se nedan) och har förlorat sin verbala karaktär. Därmed fungerar de som andra adjektiv respektive substantiv.

(17) Most frequently, the results were unpredictable, mixed, and **confounding** both in success and in failure. (kt 39:9)

För det mesta var resultaten oförutsägbara, varierande och **förvirrande** vare sig försöken lyckades eller misslyckades. (öt 40:9)

(18) *Bioactive* refers to materials that form bonds with **living** tissue. (kt 51:5)

*Bioaktiv* avser material som skapar bindningar med **levande** vävnad. (öt 52:5)

*Ing*-former som har övergått till adjektiv i källtexten översätts i denna översättning alltid med svenskans presens particip-form, men de fungerar fortfarande som adjektiv.

Engelska *ing*-former som har övergått till substantiv är t.ex. *thinking* ”tänkande”, *bonding* ”bindning” och *loading* ”belastning”. Dessa substantiv är verbalsubstantiv som är en typ av *nominalisering* (Svartvik & Sager 1996:121). Eftersom det finns motsvarigheter på svenska som är substantiv orsakar dessa fall inte heller svårigheter vid översättning. Däremot är exempel 19 omformulerat (substantivet i fetstil).

(19) ...which can be visualized as the **packing** of hard spheres into cubic or hexagonal arrangements. (kt 45:2)

...som kan beskrivas som **att packa** hårda sfärer i kubiska eller hexagonala strukturer. (öt 46:2)

I ovanstående exempel har *ing*-formen fortfarande en verbal karaktär. Den har översatts med en infinitivfras. Det hade varit möjligt att översätta *packing* med ”packning”, men jag valde att inte göra det dels för att ”packning” kan misstolkas, dels för att en infinitivfras är mer naturlig på svenska. Innebörden har inte heller förändrats.

Presens particip är en infinit verbform, vilket innebär att en sats med enbart presens particip inte kan bilda en fullständig mening. Det är vid översättning av dessa *ing*-former som problem kan uppstå. Om *ing*-formen kommer efter ett finit *be* bildas progressiv form, som är ovanlig för akademisk prosa (Biber *et al.* 2002:158). I källtexten finns en sådan förekomst och den har översatts med en enkel passiv i presens (se exempel 20, progressivt uttryck i fetstil).

(20) *Biodegradable* refers to materials that degrade (by hydrolytic breakdown) in the body while they **are being replaced** by regenerating natural tissue... (kt 51:6)

*Biodegraderbar* avser material som bryts ned (genom hydrolytisk nedbrytning) i kroppen medan de **ersätts** av regenererande naturlig vävnad. (öt 52:6)

*Ing*-formen används även i satsförkortningar (se exempel 21-23, *ing*-formen i fetstil). Som framgår av exemplen finns det flera olika sätt att översätta *ing*-formen i satsförkortningar. I exempel 21 används en passiv infinitiv och i exempel 22 en temporal bisats (tidsbisats).

(21) It was inevitable that such a definition would need **updating**... (kt 41:10)

Det var oundvikligt att en sådan definition skulle behöva **uppdateras**... (öt 42:9)

- (22) The mechanical properties of materials are of great importance when **designing**... (kt 47:18)

Materialens mekaniska egenskaper har stor betydelse **när man konstruerar**... (öt 48:18)

Det vanligaste sättet att översätta engelskans *ing*-form i satsförkortning i denna källtext har varit med infinitivfraser; därefter har det varit med temporala bisatser. Satsförkortningar kan även fungera som efterbestämningar till ett substantiv (se exempel 24).

- (24) Polymers are organic materials **consisting** of large macromolecules composed of many repeating units (called "mers"). (kt 57:6)

Polymerer är organiska material **som består** av stora makromolekyler som bildas av många repeterande enheter ("merer"). (öt 58:6)

Det är vanligast att översätta *ing*-form som fungerar som efterbestämning till substantiv med en relativbisats som inleds med "som". Källtextens alla *ing*-former som fungerar som efterbestämningar till substantiv har översatts på detta sätt.

*Ing*-formen kan även följa en preposition och även dessa uttryck kan översättas på olika sätt. I exempel 25 översätts *ing*-formen med en kausal bisats (orsaksbisats), i exempel 26 översätts både *ing*-formen efter en preposition och *ing*-formerna i satsförkortning med infinitivfraser och i exempel 27 med en temporal bisats.

- (25) Undoubtedly, biomaterials have had a major impact on the practice of contemporary medicine and patient care in both **saving**, and **improving** the quality of lives of humans and animals. (kt 39:19)

Biomaterial har utan tvekan haft betydande inverkan på modern hälso- och sjukvård **eftersom** de både **bevarar** och **höjer** människors och djurs livskvalitet. (öt 40:20)

- (26) For example, there is an increased emphasis on **developing** nontraditional clinical methodologies, such as **preventing** and **curing** major genetic diseases. (kt 41:12)

Det finns till exempel en ökad tonvikt på **att utveckla** icke-traditionella kliniska metoder, såsom **att förebygga** och **bota** allvarliga genetiska sjukdomar. (öt 42:11)

(27) The main considerations in **selecting** metals and alloys for biomedical applications are... (kt 43:2)

De viktigaste kriterierna **när** metaller och legeringar **väljs** för biomedicinska tillämpningar är ... (öt 44:2)

#### 4.1.6 *Ed*-formen (perfekt particip)

*Ed*-formen (perfekt particip) bildas genom att ändelsen *-ed* läggs till i slutet på ett verb i grundform. Liksom presens particip är perfekt particip en infinit verbform, men tillsammans med hjälpverbet *have* i finit verbform kan två andra tempus bildas, perfekt och pluskvamperfekt, och om perfekt participet föregås av hjälpverbet *be* kan passiv diates bildas (Svartvik & Sager 1996:16, 18). Dessa tempus och passiver brukar inte vålla problem vid översättning och tas därmed inte upp här.

*Ed*-formen kan, i likhet med *ing*-formen, användas som adjektiv (Svartvik & Sager 1996:291) t.ex. *targeted* ”målinriktad”, *unplanned* ”dåligt planerad”, *mixed* ”varierande”, *increased* ”ökad” och *charged* ”laddad”. Dessa *ed*-former vållar inte problem vid översättning, trots att det finns exempel då de inte översatts med ett adjektiv (se exempel 28, *ed*-formen i fetstil).

(28) **Estimated** annual sales of such products in the United States alone are in the order of one hundred billion dollars. (kt 39:13)

Den årliga försäljningen av sådana produkter **uppskattas** till omkring hundra miljarder dollar bara i USA. (öt 40:13)

I exemplet ovan har *ed*-formen ersatts med ett finit verb på svenska. Däremot har inte betydelsen förändrats trots att formen är annorlunda.

Svårigheter med *ed*-formen uppstår, liksom med *ing*-formen, när den i sin infinita form fungerar som satsförkortning (se exempel 29-32, *ed*-formen i fetstil).

(29) ...when **implanted** for longer periods. (kt 47:8)

...när de är **implanterade** under längre perioder... (öt 48:8)

(30) ...the high tensile and fatigue strength of metals, **compared** with ceramics and polymers... (kt 47:20)

...hög drag- och utmattningshållfasthet i metaller, **i jämförelse** med keramer och polymerer... (öt 48:20)

(31) ...a condition **characterized** by bone resorption... (kt 49:4)

- ...ett tillstånd som **kännetecknas** av benresorption... (öt 50:4)
- (32) ...are procedures commonly **used** in sterilizing biomedical materials... (kt 63:15)
- ... är vanliga sätt för att sterilisera biomedicinska material och produkter.... (öt 64:14)

I likhet med hur man översätter *ing*-formen finns det flera olika sätt att översätta satsförkortningar med *ed*-formen. I exempel 29 har den ersatts med en temporal bisats, i exempel 30 med ett prepositionsuttryck (jämförande bisats), i exempel 31 med en relativsats och i exempel 32 har *ed*-formen strukits. Det dominerande sättet att översätta satsförkortningar med *ed*-form i denna översättning är med relativsater.

#### 4.1.7 Nominalfraser

I analysen av källtexten konstaterades att källtexten innehåller många nominalfraser. En text med många och långa nominalfraser blir kompakt eftersom detta enligt Hellspong & Ledin (1997:73) är ett sätt att komprimera information, dvs. ge mer information på färre ord. För att göra en text mindre kompakt och mer lättläst kan nominalfraser omformuleras. I översättningen har vissa nominalfraser omformulerats och huvudordet har t.ex. ersatts med ett verb eftersom det är mer naturligt på svenska. Enligt Newmark (1981:42) får dessa ändringar göras om innehållet är detsamma (se exempel 33-35, huvudorden i fetstil).

- (33) A surface is **the termination** of the normal three-dimensional structure of a material. (kt 44:15)
- En utsida **avslutar** ett materials normala tredimensionella struktur. (öt 46:14)
- (34) **Immersion** of metals in this environment can lead to corrosion, which is **deterioration** and **removal** of the metal by chemical reactions. (kt 45:24)
- Att placera** metaller i denna miljö kan leda till korrosion, vilket innebär att metallen genom kemiska reaktioner **bryts ned** och **avlägsnas**. (öt 46:24)
- (35) Consequently, ceramics are typically **electrical and thermal insulators**. (kt 51:21)
- Därför är keramer vanligen **elektriskt och termiskt isolerande**. (öt 52:21)

I exempel 33 har huvudordet (*the termination*) i nominalfrasen ersatts med ett verb ("avslutar"). Resten av nominalfrasen föregås av verbet, men den har nu ett nytt huvudord

(”struktur”). I exempel 34 har den första nominalfrasen ersatts av en infinitiv och är med andra ord blivit en infinit bisats i stället för en nominalfras. I de två andra nominalfraserna i exempel 34 har huvudorden ersatts med två finita verbfraser, liksom i exempel 33. I exempel 35 har nominalfrasen ersatts med en adjektivfras. De två adjektivattributen (*electrical and thermal*) har blivit två adverbiala bestämningar (”elektriskt och termiskt”). Vanligast är att nominalfraserna behålls. Det förekommer endast 35 fall då nominalfrasen förändras i sin form. Det är då vanligast att endast huvudordet i nominalfrasen ersätts med ett verb, så som i exempel 33. Lösningen i exempel 35 är mest ovanlig och används bara en gång i denna översättning.

## 4.2 Särskilda problem vid översättningen av denna text

Särskilda översättningsproblem för denna text innebär problem som uppstod under översättningsarbetet av denna text och som inte nödvändigtvis uppstår vid alla översättningar från engelska till svenska. Ett specifikt problem som uppstod under översättning av denna källtext var att hitta termer. Även komplexa formuleringar kommer att tas upp, trots att dessa inte skapade några problem vid översättningen.

### 4.2.1 Termer

Det som har varit svårast med denna översättning har varit att hitta rätt termer. Den största anledningen till att det har varit svårt är att många av termerna i källtexten endast förekommer en gång i en uppräkningslista utan närmare förklaring. Att hitta de svenska termerna har varit det mest tidskrävande arbetet. Trots att det funnits tillgång till specialiserade ordlistor, både tekniska, medicinska och inom andra områden, har många termer inte stått att finna i dessa. I stället har användningen av referenstexter och främst internet varit lösningen på problemen med dessa termer. Här följer några exempel på termer som hittats i referenstexter (se termlista för källor): *pacemaker leads* ”pacemakerkablar”, *near neighbor atoms* ”näraliggande grannatomer” och *backbone* ”huvudkedja”.

För att hitta termer på internet har en översättningsstrategi som Vinay & Darbelnet kallar ’calque’ (översättningslån) använts. Den innebär att varje ord i ett uttryck översätts litteralt, dvs. ordagrant. (Vinay & Darbelnet 1968:47). Jag har utgått från de engelska termerna översatta till svenska med denna strategi och sedan omformulerat uttrycken för att hitta de motsvarande termerna. Några exempel på termer som hittats på internet är *cortical bone* ”kortikalt ben”, *pyrolytic carbon* ”pyrolytiskt kol” och *surface atom* ”ytatom”.



En del termer har i ordböckerna haft flera översättningar och då måste översättaren reda ut vilken som ska användas. Ofta är det bara en av dem som är vanligast i ett visst sammanhang. Vilken av dem det är kan utrönas genom att läsa referenstagter och söka på internet. Några exempel ur källtexten är *corrosion resistance*, *interaction* och *polyvinyl chloride*. *Corrosion resistance* betyder enligt en teknisk ordbok ”korrosionshärdighet” och ”korrosionsbeständighet” (Engström 1997:208). Vid en första anblick är det lätt att tro att de är synonyma, men efter att ha läst i referenstagter upptäcktes att det faktiskt finns en betydelseskilnad eftersom ’korrosionshärdighet’ innebär ”motståndsförmåga mot korrosion” och ’korrosionsbeständighet’ ”mycket stor korrosionshärdighet” (Ullman 2003:358). Jag bestämde mig för att endast använda ett av dem för att inte förvirra läsaren. Det blev korrosionshärdighet eftersom korrosionsbeständighet i stället kan uttryckas med ”stor korrosionshärdighet”. *Interaction* kan enligt ordböcker betyda ”växelverkan” eller ”interaktion”. Här kan en skillnad i betydelsen anas och översättaren måste veta vilken av termerna som används i vilket sammanhang. Enligt Andreas Hultgren, som är medicinsk civilingenjör, används ”växelverkan” när det handlar om atomer och ”interaktion” när det handlar om biologiska material. Därför används båda termerna i den svenska översättningen. I *Engelsk-svensk teknisk ordbok* gavs två alternativ för *polyvinyl chloride* ”polyvinylklorid” och ”vinylkloridplast” (Engström 1997:656). Genom att läsa läroböcker om material och plast upptäcktes att det är ”polyvinylklorid” som används i dessa sammanhang.

Ett annat problem med facktermer är att om de trots allt finns i specialiserade ordböcker är det svårt att veta vilka andra ord de kollokerar med, dvs. vilka ord de står tillsammans med för att bilda ”uttryck”. Oftast ger ordböcker endast information om ordets motsvarighet på ett annat språk och det är inte alltid ordet förklaras. Det kan handla om vad för adjektiv som ska användas tillsammans med ett visst substantiv eller vilket verb en term används tillsammans med. Då måste detta undersökas och även här har referenstagter och internet varit användbara. I vissa fall använder språken motsvarande adjektiv eller verb. *High tensile and fatigue strength* översätts t.ex. med ”hög drag- och utmattningshållfasthet”. Men det finns även fall då adjektivet är mindre självklart. *The elastic moduli [---] are at least seven times greater* blev t.ex. på svenska ”Elasticitetsmodulen [---] är minst sju gånger högre”, *little [...] plastic deformation* motsvaras i den svenska översättningen av ”liten [...] plastisk deformation” och *the highest mechanical properties* har översatts med ”de bästa mekaniska egenskaperna”. Här följer några fall då det har varit svårt att välja vilket verb som bör användas i sammanhanget (exempel 36-38, verbet i fetstil):

- (36) Metallic bonding allows the atoms to **organize themselves** into an ordered, repeating, three-dimensional crystalline pattern... (kt 45:1)  
 Metallernas bindning låter atomerna **ordna sig** i ett regelbundet, repeterande och tredimensionellt kristallint mönster... (öt 46:1)
- (37) The more resistant the constituent atoms/ions are to **being separated**, the more inert the material will be. (kt 45:8)  
 Ju svårare det är att **separera** de stabila atomerna/jonerna desto mer inert är materialet. (öt 46:7)
- (38) ...metallic biomaterials can **release** ions... (kt 45:26)  
 ...kan biomaterial av metall **frigöra** joner... (öt 46:26)

I exempel 36 fanns flera synonymer som alternativ ("organisera", "ställa"), men denna formulering hittades i en referenstext (Ullman 2003:15). I exempel 37 hade "separera" även kunnat bytas ut mot synonymen "skilja" eftersom båda förekommer i detta sammanhang. I exempel 38 valde jag mellan "frigöra", "utlösa" och "lösgöra". En sökning på [www.google.com](http://www.google.com) visade att "frigöra" är ordet som förekommer tillsammans med "joner".

Ett uttryck som vållade problem var *ceramics and glasses* som egentligen kan översättas med "keramer och glas", men under 'keram' i t.ex. *Nationalencyklopedins ordbok* (2007-04-20) står det att "glas, porslin och tegel är keramer". Med andra ord innebär det att glas är en hyponym (ett underordnat begrepp) till keram. Att skriva "keramer och glas" skulle därmed innebära en upprepning eftersom det i källtexten inte handlar om specificering, vilket hade kunnat vara fallet. Sven Karlsson på Keraminstitutet anser att författarna förmodligen skrivit så "för att påpeka att man kan använda både glas och andra keramiska material till applikationen". Det hade kunnat vara en förklaring, men uttrycket förekommer sex gånger i källtexten, med andra ord ganska många gånger. Det tyder på att författarna förmodligen inte har använt uttrycket för att belysa att det gäller både keramer och glas. En sökning på internet visade att *ceramics* förekommer 5 460 000 gånger och 55 800 av dessa gånger tillsammans med *glasses*. En motsvarande sökning på svenska visade att uttrycket "keramer och glas" är mycket ovanligare på svenska då det endast förekommer 5 gånger på internet samtidigt som "keramer" ensamt förekommer 47 500 gånger. Således är det engelska uttrycket, i relation till det svenska uttrycket, hundra gånger vanligare. Därför översattes *ceramics and glasses* endast med "keramer".

Det finns endast två uttryck i källtexten som inte har översatts. Det första är *The National Institutes of Health Consensus Development Conference*, som är ett namn på en konferens

som anordnas varje år av The National Institutes of Health Consensus Development Programme. The National Institutes of Health Consensus Development Programme är en enhet inom The National Institutes of Health. Detta är en "national institutional term" (Newmark 1981:75) och det finns flera olika metoder för att överföra en sådan till ett annat språk. Jag har valt det sista av de alternativ som Newmark räknar upp, dvs. att ge en förklaring och kompletterande information i en fotnot (1981:77). Det bästa hade varit att översätta det med en vedertagen översättning (recognized translation), dvs. en officiell och accepterad översättning (Newmark 1981:76), om en sådan funnits. Det hade även varit möjligt att översätta det med en kulturell ekvivalent (cultural equivalent), t.ex. "Statens folkhälsoinstitut", som enligt Djurskyddsmyndigheten är den svenska motsvarigheten (2005), men Newmark påpekar att kulturella ekvivalenter kan vara vilseledande (1981:76) och det gäller även här. The National Institutes of Health tycks satsa mer på forskning medan Statens folkhälsoinstituts huvuduppgift är att förbättra folkhälsan. Eftersom denna källtext är mer forskningsinriktad valde jag att inte nämna namnet på denna svenska myndighet.

Det andra uttrycket som inte har översatts är "stress shielding", som även i källtexten står mellan citationstecken. Det tycks inte finnas någon svensk motsvarighet till *stress shielding* eftersom det förekommer i flera svenska texter och alltid utan svensk översättning. I stället står det mellan citationstecken.

#### 4.2.2 Komplexa formuleringar

Ibland förekommer det långa formuleringar i källtexten som kan förenklas. Det är lätt att ordagrant översätta den engelska konstruktionen till svenska, men det har jag försökt att undvika. Att använda komplexa formuleringar i stället för enkla verb eller substantiv är ett typiskt grepp för att höja en texts svårighetsgrad och kanske även göra den mer akademisk. Eftersom innebörden återges trots ändringar så överensstämmer det med den kommunikativa översättningsstrategin att välja enkla formuleringar på svenska (se exempel 39-40, den komplexa formuleringen i fetstil).

(39) *Biomaterials* is a term used to indicate materials that **constitute parts of** medical implants... (kt 39:25)

'Biomaterial' är en term som används för material som **ingår i** medicinska implantat... (öt 40:26)

(40) Ceramics and glasses typically fail with little, if any, plastic deformation, and they are sensitive to **the presence of** cracks or other defects. (kt 53:2)

Keramer ger vanligen efter för liten, om någon, plastisk deformation och de är känsliga för sprickor och andra skador. (öt 54:2)

I exempel 39 har den komplexa verbfrasen (*constitute parts of*) översatts med ett enkelt verb (”ingår i”), vilket har varit den vanligaste lösningen. I exempel 40 har en del av nominalfrasen strukits eftersom det hade varit onaturligt att behålla den på svenska. Översättningarna i ovanstående exemplen återger inte exakt samma betydelse som i källtexten, men innebörden framgår däremot.

I ett fall har jag behållit den engelska konstruktionen med en komplex verbfras (se exempel 41, den komplexa formuleringen i fetstil).

(41) In addition to unintentional degradation, certain polymers have been designed to **undergo** controlled **degradation**. (kt 59:9)

Vissa polymerer har utöver spontan nedbrytning konstruerats för att **genomgå** kontrollerad **nedbrytning**. (öt 60:9)

Här behölls den komplexa verbfrasen eftersom uttrycket ”kontrollerad nedbrytning” annars hade behövt klyvas. Då hade ”kontrollerad” i stället för att vara ett adjektiv blivit ett adverb som bestämmer den enklare verbfrasen ”brytas ned”.

I detta kapitel har de problem som uppstod under översättningens gång tagits upp. Sammanfattningsvis kan man säga att många av problemen som uppstod beror på skillnader i språket och är därmed inte specifika för denna källtext. De problem som tog mest tid att lösa var termerna eftersom jag varken var insatt i ämnesområdet eller terminologin.

## 5 Lexikogrammatisk jämförelse mellan källtext och översättning

Här följer en lexikogrammatisk analys av översättningen som i huvuddrag liknar den analys som gjorts av källtexten. Fokus ligger på de delar som behandlats i analysen av källtexten, eftersom det är intressant att kontrastera resultatet mot källtextens resultat. Den kvantitativa undersökningen utfördes på motsvarande excerpter av översättningen som i källtexten.

Resultatet av den lexikogrammatiska undersökningen av översättningen jämförs med Melanders (1987) resultat från en jämförelse mellan populärvetenskapliga texter och vetenskapliga texter. Hans material av vetenskapliga texter består av ”akademiska avhandlingar, forskningsrapporter o.dyl.” (Melander 1987:112). Resultatet av analysen av översättningen jämförs även med Nordmans (1992) undersökning av facktext där jämförbara

siffror finns. I första hand jämförs översättningen med eltekniska läroböcker på högskolenivå, eftersom det är fackområdet som ligger närmast översättningen vad gäller ämnet. De övriga fackområdena som Nordman tar upp är datateknik, redovisning inom företagsekonomi, juridik, kommunikationsteori och lingvistik (1992:14). Dessutom ingår tre genrer för varje fackområde. De är handböcker, läroböcker på högskolenivå och vetenskapliga artiklar (Nordman 1992:14). Där underlag saknas för eltekniska läroböcker på högskolenivå jämförs resultatet av analysen av översättningen med resultatet från antingen det eltekniska området, där alla tre genrererna ingår, eller vetenskapliga texter, dvs. alla fackområden.

Liksom källtexten förväntas översättningen vara nominal, specifik och abstrakt. Det kan även vara intressant att mer ingående jämföra resultatet av analysen i dessa avseenden med resultatet av analysen av källtexten.

Lite drygt 30 procent av orden i översättningen är substantiv. Det är tre procentenheter högre än resultatet som Melander kom fram till i sin undersökning (1987:117). Det var oväntat att andelen substantiv var densamma i översättningen (31,3 procent) som i källtexten (31,4 procent) eftersom en del substantiv i källtexten har gjorts om till verb i översättningen.

Översättningens andel av prepositioner är 14 procent, vilket motsvarar andelen i andra vetenskapliga texter där den var 13,4 procent (Melander 1987:117). Andelen prepositioner i översättningen har endast förändrats marginellt jämfört med källtexten (14,4 procent). Det beror nog bl.a. på att många *of*-konstruktioner har översatts med *av*-konstruktioner (se exempel 44).

(44) Estimated annual sales **of** such products... (kt 39:13)

Den årliga försäljningen **av** sådana produkter... (öt 40:13)

I exemplet ovan hade den engelska *of*-konstruktionen kunnat ersättas med en svensk genitiv ("Sådana produkters årliga försäljning..."). Att andelen prepositioner överensstämmer beror även på att en del prepositioner har lagts till, t.ex. *health care disposables* "förbrukningsartiklar för sjukvård".

Den genomsnittliga meningslängden i översättningen är 19,8 ord. Det är något kortare än i andra vetenskapliga texter, där den genomsnittliga meningen är 20,5 ord (Melander 1987:114), men märkbart längre än genomsnittet för eltekniska läroböcker för högskolestuderande, där genomsnittslängden för en mening är 14,7 ord (Nordman 1992:32). Det är även längre än den genomsnittliga meningen för det eltekniska fackområdet som är 15,5 ord (Nordman 1992:32). Det genomsnittliga fundamentet är 3,8 ord. Det är inte särskilt långt om det jämförs med genomsnittet för tidningstext som är 3,2 ord (Melin & Lange

2000:169) och motsvarar t.o.m. den genomsnittliga fundamentlängden i ledare på 3,9 ord (Melin & Lange 2000:169). Fundamentlängdens spridning i översättningen är mellan ett och tretton ord, men de flesta är endast på ett eller två ord, vilket är vanligt för svenskan. Den genomsnittliga meningslängden är ca 3 ord kortare i översättningen än i källtexten (22,7 ord). Det beror förmodligen på samma sak som att översättningen i helhet är kortare än källtexten (se nedan).

I översättningen är 38,6 procent av satserna bisatser, vilket är högre än i Nordmans undersökning, där 34 procent i eltekniska facktexter var bisatser (Nordman 1992:35). Att bisatserna är så många i översättningen beror förmodligen på att många ord förklaras och många exempel ges. Det förekommer ungefär lika många bisatser och samordningar i översättningen som i källtexten. Det finns endast ett fall då översättningen inte följer källtextens meningsindelning, då en samordning infogats (se exempel 45). Den inskjutna bisatsen i den första meningen har blivit en huvudsats som samordnats med efterföljande mening och sats (konjunktion i fetstil).

(45) Instead, devices consisting of materials that had been designed, synthesized, and fabricated for various industrial needs (for example, the textile, aerospace, and defense industries) were tested in a trial-and-error fashion in the bodies of animals and humans. These unplanned and sporadic attempts had (at best) modest success. (kt 39:6)

I stället testades implantat i djurs och människors kroppar enligt trial-and-error-metoden. Implantaten bestod av material som konstruerats och tillverkats för olika industriella ändamål (till exempel textil-, rymd- och försvarsindustrin) **och** försöken som var dåligt planerade och sporadiska hade (som bäst) ringa framgång. (öt 40:6)

Många av substantiven i översättningen är verbalsubstantiv. 18,3 procent av substantiven och 5,7 procent av alla ord är verbalsubstantiv. Båda värdena är ändå lägre än resultatet från Nordmans undersökning av vetenskapliga artiklar. Där var 26,0 procent av substantiven och 8,2 procent av alla ord verbalsubstantiv (1992:90). Däremot stämmer andelen verbalsubstantiv väl överens med andelen i källtexten, där 19,3 procent av alla substantiv och 6,1 procent av alla ord är verbalsubstantiv.

Varken det undersökta materialet ur källtexten eller ur översättningen innehåller personliga pronomina i första eller andra person förutom i frågorna i slutet av kapitlet. Läsarna tilltalas då eftersom de anbefalls att utföra något. I översättningen förekommer däremot ett fåtal

”man” (se exempel 46-49). I exempel 46 handlar det om en imperativform som förekommer utanför frågedelarna. Det hade varit möjligt att översätta det med en imperativ även på svenska, men då hade ett personligt pronomen i andra person ”dig” varit nödvändigt, vilket hade orsakat ett stilbrott. I stället infogas pronomenet ”man”, men på engelska krävs inget pronomen.

(46) Consider a hip, knee, or ligament replacement... (kt 63:5)

Man kan tänka sig ett höftleds- eller knäledsimplantat eller en ligamentrekonstruktion ... (öt 64:5)

I exempel 47 är subjektet inanimat<sup>4</sup> (*Modern biomaterial practice*), men verbhandlingarna kräver animat<sup>5</sup> subjekt (*aware of* och *concerned about*). På engelska syftar subjektet på den mänskliga handlingen, därför kan animat subjekt uteslutas. På svenska kan det upplevas som konstigt att ett inanimat subjekt utför dessa handlingar. I exempel 48 infogas ”man” vid satsförkortning med *-ing* eftersom subjekt saknas. I sista exemplet förekommer en extraposition som har det passiva verbet (*be noted*). I översättningen har verbet blivit aktivt.

(47) Modern biomaterial practice still takes advantage of developments in the traditional, nonmedical materials field but is also (actually, more so than ever) aware of, and concerned about, the biocompatibility and biofunctionality of implants. (kt 39:21)

Modern biomaterialteknik gynnas fortfarande av utvecklingen på det traditionella, icke-medicinska materialområdet, men man är också (faktiskt mer nu än någonsin tidigare) medveten och mån om implantatens biokompatibilitet and biofunktionalitet. (öt 40:21)

(48) The mechanical properties of materials are of great importance when designing load-bearing orthopedic and dental implants. (kt 47:18)

Materialens mekaniska egenskaper har stor betydelse när man konstruerar kraftupptagande ortopediska implantat och tandimplantat. (öt 48:18)

(49) It should be noted that... (kt 49:1)

Man bör lägga märke till att... (öt 50:1)

Passiveringsgraden (antalet passiva verb/antalet ord) i översättningen är 3,1 och 35,9 procent av alla verb är passiver. Passiveringsgraden i eltekniska vetenskapliga artiklar är 2,6

---

<sup>4</sup> ”...ord och uttryck som betecknar icke-levande föremål och företeelser...” (*Nationalencyklopedin*)

<sup>5</sup> ”...ord och uttryck som betecknar levande varelser...” (*Nationalencyklopedin*)

(Nordman 1992:76), vilket ger att passiveringsgraden endast är lite högre i översättningen. Andelen passiva verb har ökat markant i översättningen. I källtexten är passiveringsgraden endast 1,7 och endast 24,6 procent av verben passiva. Ökningen av de passiva verben beror på att många av presens och perfekt participerna som fungerade som satsförkortningar i källtexten översattes med bisatser med passivt verb.

Det finns ganska många adjektiv i översättningen, 13,5 procent av alla ord. Det är högre än värdena både i Melanders undersökning, där andelen var 9,6 procent (1987:117), och i Nordmans undersökning, där andelen adjektiv i elteknisk facktext var 6,0 procent (1992:118). Totalt är andelen adjektiv i facktexter inom alla genrer 6,7 procent enligt Nordmans undersökning (1992:118). Att andelen adjektiv är högre i översättningen orsakas förmodligen av påverkan från den engelska källtexten, där adjektivandelen är 12,9 procent. Liksom i källtexten är det främst klassificerande adjektiv som förekommer (se 2.2.2 Lexikogrammatik).

Det som var mest iögonfallande när de tre excerpterna från översättningen samlats ihop var att de var mycket kortare än de tre excerpterna från originalet. Excerpterna som utgjorde materialet vid undersökningen av källtexten omfattade 840 ord, men excerpterna från översättningen uppgick endast till 733 ord. Översättningen är med andra ord nästan 13 procent kortare än källtexten. I Platzacks undersökning (1983) av svenska översättningar av *Alice i Underlandet* är översättningarna genomgående kortare än originalet. Platzacks undersökning är inte helt jämförbar med analysen i denna uppsats eftersom han undersöker en skönlitterär text medan det här snarare handlar om facktext. I genomsnitt är översättningarna 6,6 procent kortare än originalet, men den kortaste är 9,9 procent kortare än originalet (Platzack 1983:248). Eftersom meningsindelningen i stort sett har behållits i översättningen (se även ovan) orsakas den kortare längden av något annat. Enligt Platzack (1983:249) beror det på skillnader i språken. Svenska är i högre grad än engelska ett böjningspråk. Det tydligaste exemplet på detta är den bestämda artikeln. Bestämd form på svenska anges genom att ett suffix (-en, -et eller -na) tillfogas substantivet. På engelska anges det däremot med den fristående artikeln *the* på engelska, t.ex. *the list* ”listan”, *the biomaterials field* ”biomaterialtekniken” och *the atoms* ”atomerna”. Om källtexten jämförs med översättningen i antalet tecken skiljer de sig inte lika mycket från varandra. Källtexten är 6 010 tecken med blanksteg respektive 5 176 tecken utan blanksteg. Översättningen är 5 783 tecken med blanksteg respektive 5 062 tecken utan blanksteg. Översättningen är då nästan 4 procent kortare om blankstegen inberäknas och endast drygt 2 procent kortare än källtexten om blankstegen utesluts.



Vidare beror det på att engelskan har flerordiga konstruktioner som *do*-omskrivning och progressivt *be + ing*-form medan svenskan har enkla finita verb (Platzack 1983:249). Varken *do*-omskrivning (t.ex. *What does he know?* "Vad vet han?") eller *be + ing*-form (se 4.1.5 *Ing*-formen), vilka Platzack nämner är två andra orsaker till att översättningarna är kortare (1983:249), är vanligt förekommande i källtexten. Därför måste det finnas andra orsaker till att översättningen är kortare, t.ex. att många sammansatta substantiv särskrivs på engelska och att *of*-konstruktioner blir kortare på svenska. Många engelska uttryck med två eller flera ord skrivs som ett ord på svenska, t.ex. *material surface* ("materialyta"), *dental restorative* ("tandlagning") och *bone cement* ("bencement").

Det finns två typer av *of*-konstruktioner. Den ena typen är genitiv som översätts till svenska med flera ord, t.ex. *bodies of animals and humans* ("djurs och människors kroppar"), *properties of implanted polymers* ("implanterade polymerers egenskaper") och *normal metabolic processes of the body* ("kroppens normala metaboliska processer"). Det går även att skriva genitiv med preposition på svenska, t.ex. "egenskaper hos implanterade polymerer" och "normala metaboliska processer i kroppen". Den andra typen av *of*-konstruktion översätts till svenska med ett enda ord t.ex. *quality of life* ("livskvalitet"), *method of sterilizing* ("steriliseringsmetod") och *function of the body* ("kroppsfunktion"). Även dessa är ett slags genitiv, men här fungerar de som substantivsammansättningar. De hade även kunnat särskrivs på svenska, t.ex. "kvalitet på livet", "metod för sterilisering" och "funktion hos kroppen".

Översättningens lexikogrammatik motsvarar i stort sett källtextens lexikogrammatik. Den största skillnaden mellan översättningen och källtexten är längden. Översättningen är mycket kortare sett till antalet ord och endast lite kortare om det är antalet tecken som jämförs.

## 6 Sammanfattning

Uppsatsens främsta syfte är att tillämpa de kunskaper inom textanalys, översättningsteori och terminologiarbete som förvärvats under utbildningen genom en längre översättning med en översättningskommentar.

Källtexten är ett kapitel ur en bok som handlar om hur biomaterial interagerar med vävnader i kroppen och tar upp de tre syntetiska materialen metaller, keramer och polymerer. Bokens målgrupp är studenter och även översättningen är främst tänkt för studenter och därför översattes källtexten enligt principen för kommunikativ översättning (Newmark 1981).

En kommunikativ översättning ska skapa samma effekt hos läsaren av översättningen som hos läsaren av källtexten och fokus ligger på innehållet och betydelsen.

Analysen av källtexten följer den metod som presenteras i *Vägar genom texten* (Hellspong & Ledin 1997). Resultatet av den lexikogrammatiska analysen av källtexten visar att hypotesen om att texten är nominal, specifik och abstrakt stämmer. Texten är nominal eftersom det förekommer många nominalfraser, få bisatser och hög substantivandel och eftersom de långa meningarna i första hand beror på långa nominalfraser och uppräkningsor. Att texten är specifik beror på förekomsten av många statiska verb, termer och räkneord. Källtexten är abstrakt eftersom det finns relativt många verbalsubstantiv, men få dynamiska verb samt helst saknar första och andra persons pronomina. Analysen av referensbindningen visar att identitetsbindning, som är den starkaste bindningen, är vanligast i källtexten, medan association, som är den svagaste typen av bindning, är sällsynt i källtexten. Det förekommer även pronominaliseringar och faktiskt även kataforisk syftning som kräver att läsaren är mer uppmärksam. Av konnektivbindningarna är de additiva bindningarna mest förekommande eftersom texten har många exempel. Det finns även många temporala konnektiver, men de adversativa och kausala konnektiverna är få liksom de implicita konnektiverna.

I översättningskommentaren diskuteras skillnader som orsakar problem vid översättning från engelska till svenska. Problemen delas in i två grupper: problem som är typiska för språkparet och problem som uppstod vid översättningen av just denna text. Under typiska problem för språkparet kommenteras problem gällande singular/plural, bestämd/obestämd form, informationsstruktur, kataforisk syftning, *ing-* och *ed-*former samt nominalfraser. Särskilda problem för denna text är termer och komplexa formuleringar.

Vissa substantiv som i källtexten är i plural ändrades till singular i översättningen. Det beror på att dessa substantiv på svenska ofta används i singular i vissa sammanhang. Även obestämda och bestämda former ändrades ibland när de översattes till svenska. Främst gäller det demonstrativa pronomina tillsammans med substantiv i obestämd form och possessiva pronomina med substantiv i obestämd form som översattes med substantiv i bestämd form. Detta är möjligt eftersom även substantiv i bestämd form signalerar en anaforisk syftning.

På grund av att svenska skiljer sig från engelska har ordföljden i vissa meningar behövt ändras. På engelska kan många satsdelar föregå det finita verbet, men subjektet ska ha positionen precis före det finita verbet. På svenska kan endast en satsdel föregå det finita verbet, oftast subjektet men ibland även ett adverbial. Därför har meningar som i källtexten haft många satsdelar före det finita verbet behövt omstruktureras. Oftast har det räckt med att flytta adverbialen och behålla subjektet på den initiala positionen.

De kataforiska syftningarna i källtexten ändrades till anaforiska syftningar i översättningen, dvs. i källtexten kommer pronomenet före referenten, men i översättningen föregår referenten pronomenet.

Vid översättning av *ing*-former i progressiv form och i satsförkortning kan det uppstå problem. Den progressiva formen är ovanlig i akademisk prosa och den enda förekomsten i källtexten översattes med en enkel presens. Vanligast att översätta *ing*-formerna i satsförkortning är med relativsatser och bisatser. Även *ed*-formen i satsförkortning kan skapa problem vid översättning och liksom med *ing*-formen var det vanligast att översätta den med relativsatser och bisatser. En del nominalfraser i översättningen gjordes om till t.ex. verbfraser.

Att hitta översättningar på termerna var det mest tidskrävande arbetet. Trots att det fanns tillgång till olika specialiserade ordböcker har många termer inte funnits i dessa. Då var lösningen referenstexter eller internet. Det var även svårt att veta vilka ord termerna kollokerar med och även för att ta reda på detta användes referenstexter och internet. En del komplexa formuleringar i källtexten förenklades i översättningen, men innebörden återges ändå.

Ändringar som gjordes överensstämmer med principerna för den kommunikativa översättningen. Innehållet förändrades inte och språket är mer naturligt än en ordagrann översättning.

Den lexikogrammatiska analysen av översättningen visar att den inte skiljer sig mycket från källtexten. Procentsatserna för substantiven, prepositionerna, verbalsubstantiven och adjektiven stämmer i stort sett överens med procentsatserna i analysen av källtexten och antalet bisatser är ungefärligen detsamma i texterna. Däremot skiljer sig översättningen från källtexten i meningslängd och den totala längden på excerpterna som analyserades. I översättningen är både meningslängden och excerpterna kortare på grund av skillnader i språken. Den bestämda artikel på engelska är t.ex. ett eget ord medan den på svenska är ett suffix och många ord som skrivs isär på engelska skrivs ihop på svenska. Det finns även fler passiva verb i översättningen än i källtexten. Det beror på att satsförkortningarna många gånger översattes med bisatser med passiva verb.

## 7 Summary in English

The main purpose of this essay is to apply the skills acquired at Tolk- och översättarinstitutet in text analysis, translation theory and terminology by translating a text and writing a comment about the translation problems which arose during the translation process.

The source text is a chapter from *An Introduction to Tissue-Biomaterial Interactions*, written by Kay C. Dee, associate professor in biomedical engineering, Rena Bizios, professor in the same field and David A. Puleo, professor in biomaterials. The source text is the first chapter of the book and deals with biomaterials, especially metals, ceramics and polymers. The book is written for students and also the target group of the translation is students; consequently, a communicative translation (Newmark 1981) is preferred. A communicative translation aims to create the same effect on the reader of the translation as that of the source text, and it focuses on meaning rather than form.

The analysis of the source text is based on the method presented in *Vägar genom texten* (Hellspong & Ledin 1997). The result of the analysis of the lexicogrammar of the source text proves the text to be nominal, specific and abstract. The text is nominal since there are many nouns and noun phrases, relatively few subordinate clauses, and long sentences are caused by complex noun phrases and listings. The source text is specific due to the presence of many technical terms and numerals. The reason why the source text is abstract is the presence of many verbal nouns, few activity verbs and the lack of first and second person pronouns.

The problems that arose during the translation process are divided into two subtypes: problems which are typical of translation from English into Swedish and problems typical of this source text. The former group includes problems of number, definiteness, sentence structure, present and past participles, and noun phrases. The latter group mainly concerns technical terms, complex expressions and cataphoric reference.

Some English nouns in the plural were substituted by Swedish nouns in the singular, but English nouns in the singular were never substituted by Swedish nouns in the plural. The substitution was not due to grammatical rules but due to some Swedish nouns mostly occurring in the singular. There were also differences between the use of the definite and the indefinite article. The English indefinite article was mostly turned into Swedish definite article because a noun with a demonstrative or a possessive determiner was translated into a noun with just a definite article to indicate anaphoric reference. Word order rules differ in the two languages so there had to be changes in the word order when the English text was translated into Swedish. There can only be one element before the finite verb in Swedish,

whilst there can be two or more elements in English as long as the subject has the position just before the finite verb. Those sentences in the source text that have more than one element before the finite verb had to be changed in different ways. The most common way was to move either the adverbial or the subject to a position later in the sentence.

There are also cataphoric references in the source text, i.e. pronouns sometimes precede the nouns they refer to. These references were replaced by anaphoric references in the translation, so that the nouns precede the pronouns.

The *ing*-form caused trouble when it occurs in a progressive construction or in a non-finite clause. The progressive form is unusual in academic prose and the only occurrence in the source text was translated with a verb in the simple present tense. The non-finite clauses were generally translated into relative clauses and other subordinate clauses. The *ed*-form as in non-finite clauses also caused problems when translating, and in these cases too the most common way was to translate them into relative clauses or other subordinate clauses. Some English noun phrases were translated into verb phrases in Swedish.

Translating the technical terms was the most time-consuming translation problem. Many of the technical terms are only mentioned once and definitions are rarely given in the source text. Although there are many specialised dictionaries, in medicine, in technology, and in other fields, many of the technical terms do not appear in these dictionaries. Instead they had to be found in reference texts and on the Internet. There were also problems knowing with what words the technical terms form collocations. In the source text, there were some long expressions which were simplified when translated into Swedish.

Changes that have been made in the translation are in agreement with the principles of communicative translation. The meaning has not been changed and the translation is more natural than a word-for-word translation would have been.

The lexicogrammatical analysis of the translation shows that the translation in general is similar to the source text. Both texts contain around 30 per cent nouns, about 14 per cent prepositions, approximately 13 per cent adjectives and roughly the same number of subordinate clauses and verbal nouns. There are more passive verbs in the translation than in the source text due to the translation of the non-finite clauses with *-ing* and *-ed*. The average sentence length in the translation is shorter than that in the source text and the translation excerpts that were analysed are much shorter than the source text excerpts. There are several reasons for this. The Swedish definite article is a suffix whereas the English article is a separate word (*the*). Nouns with noun premodifiers are often one-word compounds in Swedish and this is the case for many *of*-constructions as well.

## Källförteckning

### Källtext

Dee Kay C., Puleo David A. & Bizios Rena. 2002. *An Introduction to Tissue-Biomaterial Interactions*. New York: Wiley-Liss

### Referenser

Biber, Douglas, Conrad, Susan & Leech, Geoffrey. 2002. *Longman Student Grammar of Spoken and Written English*. Harlow: Longman

Biber, Douglas. 2006. *University language: a corpus-based study of spoken and written registers*. Amsterdam/Philadelphia: J. Benjamins (elektronisk källa)

*Djurskyddsmyndighetens forskningsdagar, konferens om alternativa metoder till djurförsök*.

Pm. 2005. Skara: Djurskyddsmyndigheten

([http://www.djurskyddsmyndigheten.se/Documents/popularvet\\_932429\\_05.pdf](http://www.djurskyddsmyndigheten.se/Documents/popularvet_932429_05.pdf))

Engström, Hans Einar. 1997. *Engelsk-svensk teknisk ordbok*. 14 uppl. Stockholm: Arbor Publishing

Hedblom, Eva. 1993. *Naturliga biomaterial i USA*. (Utlandsrapport USA 9302) Stockholm: Sveriges tekniska attachéer

Hellspong, Lennart & Ledin, Per. 1997. *Vägar genom texten: handbok i brukstextanalys*. Lund: Studentlitteratur

Laurén, Christer & Nordman, Marianne. 1998. *Från kunskapens frukt till Babels torn: en bok om fackspråk*. Vasa: Vasa universitet (<http://www.tritonia.fi/vanha/ov/frukt/frukt.html>)

Melander, Björn. 1987. "Något om populärvetenskapliga texter och populärvetenskapligt språk" I: *Facktext*. (Språkvårdssamfundets skrifter 18) Gunnarsson, Britt-Louise. (red.) Malmö: Liber, s. 104-124

Melin, Lars & Lange, Sven. 2000. *Att analysera text: stilanalys med exempel*. 3 uppl. Lund: Studentlitteratur

*Nationalencyklopedins ordbok*, (<http://www.ne.se>), 2007-04-12

Newmark, Peter. 1981. *Approaches to Translation*. Oxford: Pergamon Press

Nida, Eugene. 1964. *Toward a Science of Translating: with special reference to principles and procedures involved in Bible translating*. Leiden: Brill

Nordman, Marianne. 1992. *Svenskt fackspråk*. Lund: Studentlitteratur

- Platzack, Christer. 1983. "Sex översättningar till svenska av Lewis Carrolls 'Alice in Wonderland'" I: *Från språk till språk: sjutton uppsatser om litterär översättning*. Engwall, Gunnel & Geijerstam, Regina af. (red.) Lund: Studentlitteratur s. 247-267
- Studiehandboken 06/07*, Implantat och biomaterial,  
<http://www.kth.se/student/studiehandbok/kurs.asp?Code=7E1112>, 2007-03-15
- Svartvik, Jan & Sager, Olof. 1996. *Engelsk universitetsgrammatik*. 2 uppl. Stockholm: Almqvist & Wiksell
- Ullman, Erik. 2003. *Materiallära*. 14 utg. Stockholm: Liber
- Vinay J.P. & Darbelnet J. 1968. *Stylistique comparée du français et de l'anglais : méthode de traduction*. Paris: Didier

### Övrig använd litteratur

- Alvear, Carlos. 1997. *Plast och Gummilexikon*. 3 uppl. Göteborg: Consulting European Association
- Brandt, Annemarie. 2006. *Översättning av medicinsk facktext*. Stockholm: TÖI
- Claesson, Anna. 2001. "Att översätta en medicinteknisk handbok – pragmatiska och terminologiska svårigheter" I: *Texter emellan 3: examensarbeten vid Översättarutbildningen 1999-2001*. Haglund-Dragić Monica, Landqvist Hans, Lindvall Lars, Lundqvist Aina, Malmgren Sven-Göran & Stålhammar Mall (red.) Göteborg: Göteborgs universitet s. 87-110
- Collin, Peter H. 1998. *Medicine: engelsk-svensk-engelsk*. Stockholm: Collin & Norstedts förlag
- Cressy, Clive. 2005. *Medicinsk och farmaceutisk ordbok*. 7 uppl. Brighton: Oxford Physicians and Publishers
- Dahlberg, Tore. 2001. *Teknisk hållfasthetslära*. 3 uppl. Lund: Studentlitteratur
- Englund Dimitrova, Birgitta. 2002. *Examensarbetet på översättarutbildningen. Några tips för studerande*. 2 uppl. Stockholm: TÖI
- Jacobson, Bertil. 1995. *Medicin och teknik*. 4 uppl. Lund: Studentlitteratur
- Johansson, Stig, Leech, Geoffrey N. & Goodluck, Helen. 1978. *Manual of Information to accompany the Lancaster-Oslo/Bergen Corpus of British English, for use with Digital Computers*. Oslo: University of Oslo, Department of English  
<http://khnt.hit.uib.no/icame/manuals/lob/INDEX.HTM>)
- Klason, Carl & Kubát Josef. 2001. *Plaster: materialval och materialdata*. 5 utg. Boldizar, Antal & Rigdahl, Mikael (red.) Stockholm: Industrilitteratur AB

- Lindqvist, Yvonne. 2004. *Analysmodell för översatta texter för examensarbetet på översättarutbildningen*. Stockholm: TÖI
- Lindskog Bengt I. 2004. *Medicinsk terminologi*. 4 uppl. Stockholm: Nordiska Bokhandelns förlag & Norstedts Akademiska förlag
- Lundh, Bengt & Malmquist, Jörgen. 2005. *Medicinska ord: det medicinska språket: begrepp, definitioner, termer*. Lund: Studentlitteratur
- Nationalencyklopedin, [www.ne.se](http://www.ne.se), 2007-04-20
- Norstedts stora engelsk-svenska ordbok. 3 uppl. 2000. Stockholm: Norstedts ordbok
- Prismas stora engelska ordbok. 1999. Stockholm: Norstedts ordbok
- Rindlav, Åsa. 1993. *Fluorpolymerer som biomaterial*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, Institutionen för polymerteknologi & Göteborgs universitet, Institutionen för anatomi och cellbiologi
- Schött, Kristina, Melin, Lars, Strand, Hans & Moberg, Bodil. 1998. *Studentens skrivhandbok*. Stockholm: Liber
- Stahre, Nils E. 1999. *Industri teknisk ordbok*. Linköping: HTI-Consult
- Svensk MeSH, [http://mesh.kib.ki.se/swemesh/swemesh\\_se.cfm](http://mesh.kib.ki.se/swemesh/swemesh_se.cfm), 2007-04-20
- Svenska skrivregler - utgivna av Svenska språknämnden. 2000. Stockholm: Liber
- Säll, Annika. 2004. *Att översätta medicinsk facktext från franska till svenska*. Magisteruppsats. Stockholm: Stockholms universitet. Tolk- och översättarinstitutet

## Övriga källor

- Domeij, Rickard. Telefonkontakt 2007-04-05. Språkrådet.
- Hjertberg, Thomas. Mejlkontakt 2007-05-02. Professor i polymerteknologi, Chalmers Tekniska högskola
- Hultgren, Andreas. Löpande kontakt. Medicinsk civilingenjör. Blekingesjukhuset
- Karlsson, Sven. Mejlkontakt 2007-03-19 och 2007-03-21. Keraminstitutet
- Palm, Helena. Mejlkontakt 2007-04-27 och 2007-05-03. Terminologicentrum/Svenska Läkaresällskapets Språkkommitté
- Waldén, Sofie. Mejlkontakt 2007-03-22. Terminologicentrum



# 1 **Bilaga I: Källtext och översättning**

## 2 **1**

### 3 **Biomaterials**

#### 4 **1.1 Introduction**

5 In the past, there was no targeted development of biomaterials based on scientific criteria.  
6 Instead, devices consisting of materials that had been designed, synthesized, and fabricated  
7 for various industrial needs (for example, the textile, aerospace, and defense industries) were  
8 tested in a trial-and-error fashion in the bodies of animals and humans. These unplanned and  
9 sporadic attempts had (at best) modest success. Most frequently, the results were  
10 unpredictable, mixed, and confounding both in success and in failure.

11 Because of the continuous and ever-expanding practical needs of medicine and health care  
12 practice, there are currently thousands of medical devices, diagnostic products, and  
13 disposables on the market. Estimated annual sales of such products in the United States alone  
14 are in the order of one hundred billion dollars. In fact, the range of applications continues to  
15 grow. In addition to traditional medical devices, diagnostic products, pharmaceutical  
16 preparations, and health care disposables, now the list of biomaterial applications includes  
17 smart delivery systems for drugs, tissue cultures, engineered tissues, and hybrid organs. To  
18 date, tens of millions of people have received medical implants.

19 Undoubtedly, biomaterials have had a major impact on the practice of contemporary  
20 medicine and patient care in both saving, and improving the quality of lives of humans and  
21 animals. Modern biomaterial practice still takes advantage of developments in the traditional,  
22 nonmedical materials field but is also (actually, more so than ever) aware of, and concerned  
23 about, the biocompatibility and biofunctionality of implants.

#### 24 **1.1.1 Definition**

25 *Biomaterials* is a term used to indicate materials that constitute parts of medical implants,  
26 extracorporeal devices, and disposables that have been utilized in medicine, surgery,  
27 dentistry, and veterinary medicine as well as in every aspect of patient health care.

1

2 **1**

## 3 **Biomaterial**

### 4 **1.1 Inledning**

5 Förr fanns det ingen målinriktad utveckling av biomaterial som baserades på vetenskapliga  
6 kriterier. I stället testades implantat i djurs och människors kroppar enligt trial-and-error-  
7 metoden. Implantaten bestod av material som konstruerats och tillverkats för olika industriella  
8 ändamål (till exempel inom textil-, rymd- och försvarsindustrin) och försöken som var dåligt  
9 planerade och sporadiska hade (som bäst) ringa framgång. För det mesta var resultaten  
10 oförutsägbara, varierande och förvirrande vare sig försöken lyckades eller misslyckades.

11 På grund av att hälso- och sjukvårdens praktiska behov ständigt ökar, finns det för  
12 närvarande tusentals förbrukningsartiklar, medicintekniska och diagnostiska produkter på  
13 marknaden. Den årliga försäljningen av sådana produkter uppskattas till omkring hundra  
14 miljarder dollar bara i USA. Faktum är att utbudet av produkter fortsätter att växa. Utöver  
15 traditionella farmaceutiska preparat, förbrukningsartiklar för sjukvård, medicintekniska och  
16 diagnostiska produkter omfattar listan av tillämpningsområden för biomaterial numera  
17 intelligenta administreringssystem för läkemedel, vävnadsodling, odlad vävnad och  
18 bioartificiella organ. Fram till i dag har tiotals miljoner människor fått medicinska implantat  
19 inopererade.

20 Biomaterial har utan tvekan haft betydande inverkan på modern hälso- och sjukvård  
21 eftersom de både bevarar och höjer människors och djurs livskvalitet. Modern  
22 biomaterialteknik gynnas fortfarande av utvecklingen på det traditionella, icke-medicinska  
23 materialområdet, men man är också (faktiskt mer nu än någonsin tidigare) medveten och mån  
24 om implantatens biokompatibilitet och biofunktionalitet.

#### 25 **1.1.1 Definition**

26 'Biomaterial' är en term som används för material som ingår i medicinska implantat,  
27 extrakorporeal utrustning och förbrukningsartiklar som används inom medicin, kirurgi,  
28 odontologi och veterinärmedicin liksom inom all typ av hälso- och sjukvård.

1 The National Institutes of Health Consensus Development Conference defined a biomaterial  
2 as “any substance (other than a drug) or combination of substances, synthetic or natural in  
3 origin, which can be used for any period of time, as a whole or as a part of a system which  
4 treats, augments, or replaces any tissue, organ, or function of the body” (Boretos and Eden,  
5 1984). The common denominator in all the definitions that have been proposed for  
6 “biomaterials” is the undisputed recognition that biomaterials are distinct from other classes  
7 of materials because of the special biocompatibility criteria they must meet. The  
8 biocompatibility aspects of biomaterials are addressed in Chapter 9.

9 Admittedly, any current definition of biomaterials is neither perfect nor complete but has  
10 provided an excellent reference or starting point for discussion. It was inevitable that such a  
11 definition would need updating to reflect both the evolution of, and revolution in, the dynamic  
12 biomedical field. For example, there is an increased emphasis on developing nontraditional  
13 clinical methodologies, such as preventing and curing major genetic diseases. These trends in  
14 medicine present unique challenges for the biomaterials field. Applications such as controlled  
15 delivery of pharmaceuticals (drugs and vaccines), virally and nonvirally mediated delivery  
16 agents for gene therapy, and engineered functional tissues require vision, nontraditional  
17 thinking, and novel design approaches. Most importantly, to meet the present and future  
18 biomaterials challenges successfully, we need materials scientists and engineers who are  
19 familiar with and sensitive to cellular, biochemical, molecular, and genetic issues and who  
20 work effectively in teams of professionals who include molecular biologists, biochemists,  
21 geneticists, physicians, and surgeons.

22 Synthetic materials currently used for biomedical applications include metals and alloys,  
23 polymers, and ceramics. Because the structures of these materials differ, they have different  
24 properties and, therefore, different uses in the body. These three classes of materials are  
25 reviewed in the remainder of this chapter.

## 26 **1.2 Metallic biomaterials**

27 Metals have been used almost exclusively for load-bearing implants, such as hip and knee  
28 prostheses and fracture fixation wires, pins, screws, and plates. Metals have also been used as  
29 parts of artificial heart valves, as vascular stents, and as pacemaker leads. Although pure  
30 metals are sometimes used, alloys (metals containing two or more elements) frequently  
31 provide improvement in material properties, such as strength and corrosion resistance.

1 På en konferens anordnad av The National Institutes of Health<sup>6</sup> definierades biomaterial som  
2 “ett ämne (ej läkemedel) eller en kombination av ämnen, med syntetiskt eller naturligt  
3 ursprung, som kan användas under en kortare eller längre tid, i sin helhet eller som en del i ett  
4 system som behandlar, förstärker eller ersätter vävnad, organ eller kroppsfunktion” (Boretos  
5 & Eden, 1984). Den gemensamma nämnaren för alla definitioner som har föreslagits för  
6 ’biomaterial’ är att biomaterial är annorlunda än andra slags material på grund av det särskilda  
7 kriteriet om biokompatibilitet (se kapitel 9) som de måste uppfylla.

8 Visserligen är de definitioner av biomaterial som är i omlopp varken perfekta eller  
9 uttömmande, men de utgör en utmärkt referens och utgångspunkt för diskussion. Det var  
10 oundvikligt att en sådan definition skulle behöva uppdateras för att spegla att det dynamiska  
11 biomedicinska området både utvecklas och förändras genomgripande. Det finns till exempel  
12 en ökad tonvikt på att utveckla icke-traditionella kliniska metoder, såsom att förebygga och  
13 bota allvarliga genetiska sjukdomar. Denna utveckling inom medicin skapar unika utmaningar  
14 för biomaterialtekniken. Tillämpningar som till exempel kontrollerad  
15 läkemedelsadministrering (mediciner och vacciner), virala och icke-virala vektorer för  
16 genterapi och funktionsdugliga odlade vävnader kräver visioner, icke-traditionellt tänkande  
17 och modernt designtänkande. För att lyckas med nuvarande och framtida utmaningar inom  
18 biomaterialtekniken behöver vi materialforskare och -ingenjörer som är bekanta med och  
19 lyhörda för cell-, biokemi-, molekylär- och genetikproblem och som arbetar effektivt  
20 tillsammans med molekylärbiologer, biokemister, genetiker, läkare och kirurger.

21 Syntetiska material som för närvarande används i biomedicinska produkter inbegriper  
22 metaller och legeringar, polymerer samt keramer. Eftersom uppbyggnaden av materialen  
23 skiljer sig åt har de olika egenskaper och därför olika användningsområden i kroppen. De tre  
24 kategorierna av material granskas i den återstående delen av kapitlet.

25

## 26 **1.2 Metalliska biomaterial**

27 Metall har nästan uteslutande använts för kraftupptagande implantat, såsom höft- och  
28 knäproteser, frakturtråd samt stift, skruvar och plattor för frakturfixering. Metall har också  
29 använts som delar i konstgjorda hjärtklaffar, som stentar och pacemakerkablar. Även om rena  
30 metaller används ibland ger legeringar (metaller som innehåller två eller flera grundämnen)  
31 ofta förbättrade materialegenskaper, såsom hållfasthet och korrosionshårdighet.

---

<sup>6</sup> Statligt organ i USA för medicinsk forskning. Konferensen Clinical Applications of Biomaterials hölls den 1-3 november 1982. (Övers. anm.)

1 Three material groups dominate biomedical metals: 316L stainless steel, cobalt-chromium  
 2 molybdenum alloy, and pure titanium and titanium alloys (Table 1.1). The main  
 3 considerations in selecting metals and alloys for biomedical applications are biocompatibility,  
 4 appropriate mechanical properties, corrosion resistance, and reasonable cost.

5  
 6

7 TABLE 1.1. Surgical Implant Alloy Composition (wt %)

Ämne	316L Stainless Steel (ASTM F138, 139)	Co-Cr-Mo (ASTM F799)	Grade 4 Ti (ASTM F67)	Ti-6Al-4V (ASTM F136)
Al	—	—	—	5.5-6.5
C	0.03 max	0.35 max	0.010 max	0.08 max
Co	—	Balance	—	—
Cr	17.0	26.0-30.0	—	—
Fe	Balance	0.75 max	0.30-0.50	0.25 max
H	—	—	0.0125-0.015	0.0125 max
Mo	2.00	5.0-7.0	—	—
Mn	2.00 max	1.0 max	—	—
N	—	0.25 max	0.03-0.05	0.05 max
Nj	10.00	1.0 max	—	—
O	—	—	0.18-0.40	0.13 max
P	0.03 max	—	—	—
S	0.03 max	—	—	—
Si	0.75 max	1.0 max	—	—
Ti	—	—	Balance	Balance
V	—	—	—	3.5-4.5
W	—	—	—	—

8

9 **1.2.1 Basis of Structure-Property Relationships**

10 The properties of materials are governed by their structure. At the atomic level, metals consist  
 11 of positively charged ion cores immersed in a "cloud" of loosely bound electrons. This atomic  
 12 level structure is responsible for the characteristic and distinct properties of metals.

1 Tre materialgrupper dominerar bland biomedicinska metaller: 316L rostfritt stål, kobolt-  
 2 krom-molybdenlegering samt ren titan och titanlegeringar (se Tabell 1.1). De viktigaste  
 3 kriterierna när metaller och legeringar väljs för biomedicinska tillämpningar är  
 4 biokompatibilitet, lämpliga mekaniska egenskaper, stor korrosionshårdighet och rimlig  
 5 kostnad.

6

7 TABELL 1.1. Legeringssammansättningar i kirurgiska implantat (vikt %)

Ämne	316L Rostfritt stål (ASTM F138, 139)	Co-Cr-Mo (ASTM F799)	Grad 4 Ti (ASTM F67)	Ti-6Al-4V (ASTM F136)
Al	—	—	—	5,5-6,5
C	max 0,03	max 0,35	max 0,010	max 0,08
Co	—	Rest	—	—
Cr	17,0	26,0-30,0	—	—
Fe	Rest	max 0,75	0,30-0,50	max 0,25
H	—	—	0,0125-0,015	max 0,0125
Mo	2,00	5,0-7,0	—	—
Mn	max 2,00	max 1,0	—	—
N	—	max 0,25	0,03-0,05	max 0,05
Nj	10,00	max 1,0	—	—
O	—	—	0,18-0,40	max 0,13
P	max 0,03	—	—	—
S	max 0,03	—	—	—
Si	max 0,75	max 1,0	—	—
Ti	—	—	Rest	Rest
V	—	—	—	3,5-4,5
W	—	—	—	—

8

### 9 1.2.1 Förhållande mellan uppbyggnad och egenskap

10 Ett materials egenskaper styrs av dess uppbyggnad. Metallatomen består av en positivt laddad  
 11 atomkärna omgiven av en ”svärm” av löst bundna elektroner. Atomstrukturen svarar för  
 12 metallers karaktäristiska och specifika egenskaper.

1 Metallic bonding allows the atoms to organize themselves into an ordered, repeating, three-  
2 dimensional crystalline pattern, which can be visualized as the packing of hard spheres into  
3 cubic or hexagonal arrangements.  
4 The delocalized electrons are responsible for the electrical and thermal conductivity of metals.  
5 Because the interatomic bonds are not spatially directed in metals, planes of atoms can “slip”  
6 over one another to allow plastic (permanent) deformation.

7 The chemical properties of materials also are related to the nature of their atomic bonding.  
8 The more resistant the constituent atoms/ions are to being separated, the more inert the  
9 material will be. In metals, the loose, nondirectional way in which the electrons are bonded  
10 allows the atoms/ions to be parted more easily. Consequently, although their mechanical  
11 properties make metals the appropriate choice for many biomedical applications,  
12 susceptibility to chemical degradation is an aspect that must be considered.

13 Because the interactions between cells and tissues with biomaterials at the tissue implant  
14 interface are almost exclusively surface phenomena, surface properties of implant materials  
15 are of great importance. A surface is the termination of the normal three-dimensional structure  
16 of a material. Lack of near neighbor atoms on one side of the surface alters the electronic  
17 structure and consequently the way these atoms interact with other atoms. Chemical bonds  
18 will “dangle” into the space outside the solid material and will result in the surface atoms  
19 having higher energy than do atoms in the bulk. As a result, surface atoms will attempt to  
20 reduce free energy by rearranging and/or bonding to any available reactive molecules to reach  
21 a more favorable energy state.

### 22 **1.2.2 Corrosion**

23 The physiological environment is typically modeled as a 37 °C aqueous solution, at pH 7.3,  
24 with dissolved gases (such as oxygen), electrolytes, cells, and proteins. Immersion of metals  
25 in this environment can lead to corrosion, which is deterioration and removal of the metal by  
26 chemical reactions. During the electrochemical process of corrosion, metallic biomaterials can  
27 release ions, which may reduce the biocompatibility of materials and jeopardize the fate of  
28 implants. For example, the type and concentration of released corrosion products can alter the  
29 functions of cells in the vicinity of implants as well as of cells at remote locations after  
30 transport of the corrosion by-products to distant sites inside the body. These circumstances  
31 become stronger possibilities in the bodies of sick and elderly patients, who are the largest  
32 group of recipients of prostheses.

1 Metallernas bindning låter atomerna ordna sig i ett regelbundet, repeterande och  
2 tredimensionellt kristallint mönster, som kan beskrivas som att packa hårda sfärer i kubiska  
3 eller hexagonala strukturer. Delokaliserade elektroner svarar för metallers elektriska  
4 ledningsförmåga och värmeledningsförmåga. Eftersom atombindningarna inte är spatialt  
5 bestämda i metaller kan atomplan ”halka” över varandra och tillåta plastisk (permanent)  
6 deformation.

7 Ett materials kemiska egenskaper beror även på atombindningens karaktär. Ju svårare det  
8 är att separera de stabila atomerna/jonerna desto mer inert är materialet. Det lösa och spatialt  
9 ickebestämda sätt på vilket elektroner är bundna i metaller gör att atomerna/jonerna lättare  
10 separeras. Trots att metallers egenskaper alltså gör dem lämpliga för biomedicinska  
11 tillämpningar måste mottagligheten för kemisk nedbrytning beaktas.

12 Eftersom interaktionen mellan cellerna och vävnaderna med biomaterial på  
13 vävnadsimplantatets kontaktyta nästan uteslutande är ett ytfenomen har implantatmaterialets  
14 ytegenskaper stor betydelse. En utsida avslutar ett materials normala tredimensionella  
15 struktur. Avsaknad av näraliggande grannatomer på ena sidan av ytan förändrar  
16 elektronstrukturen och därmed sättet på vilket dessa atomer växelverkar med andra atomer.  
17 Kemiska bindningar kommer att ”hänga” i luften utanför det fasta materialet vilket leder till  
18 att ytatomer har högre energi än atomerna i övriga delen av implantatet. Följaktligen kommer  
19 ytatomerna att försöka reducera sin fria energi genom att omordna sig och/eller binda sig till  
20 tillgängliga reaktiva molekyler för att uppnå ett mer fördelaktigt energitillstånd.

21

## 22 **1.2.2 Korrosion**

23 Den fysiologiska miljön modelleras normalt som en 37-gradig vattenhaltig lösning med 7,3 i  
24 pH och lösta gaser (som syre), elektrolyter, celler och proteiner. Att placera metaller i denna  
25 miljö kan leda till korrosion, vilket innebär att metallen genom kemiska reaktioner bryts ned  
26 och avlägsnas. Under den elektrokemiska processen korrosion kan biomaterial av metall  
27 frigöra joner som kan minska materialens biokompatibilitet och utgöra fara för implantaten.  
28 Typen och koncentrationen av utfällda korrosionsprodukter kan till exempel påverka cellers  
29 funktion i närheten av implantatet liksom på avlägsna platser i kroppen när korrosionens  
30 biprodukter transporterats dit. Dessa omständigheter medför större risker för sjuka och äldre  
31 människor, som är den största gruppen av protesmottagare.



1 Even before implantation, through chemical reaction of metals with the oxygen in ambient  
 2 air or by oxidation in an acidic solution, an oxide surface film forms on their surface. Because  
 3 oxides are ceramics (see Section 1.3), which are electrical and thermal insulators, the  
 4 electrochemical reactions that lead to corrosion are reduced or prevented. In other words, the  
 5 oxidized metallic surfaces are “passivated”. In fact, the stability of the oxides present on  
 6 different metals determines their overall corrosion resistance. For example, even though 316L  
 7 stainless steel implants perform satisfactorily in short-term applications, such as fracture  
 8 fixation, they are susceptible to crevice corrosion and pitting when implanted for longer  
 9 periods. Titanium and its alloys, as well as cobalt-chromium alloys, have more favorable  
 10 corrosion resistance for long-term implant applications such as joint and dental prostheses.

11

12 TABLE 1.2. Select Properties of Metallic Biomaterials\*

Material	Young's Modulus, $E$ (GPa)	Yield Strength, $\sigma_y$ (MPa)	Tensile Strength, $\sigma_{UTS}$ (MPa)	Fatigue Limit, $\sigma_{end}$ (MPa)
Stainless steel	190	221-1,213	586-1,351	241-820
Cobalt-chromium (Co-Cr) alloys	210-253	448-1,606	655-1,896	207-950
Titanium (Ti)	110	486	760	300
Ti-6Al-4V	116	896-1,034	965-1,103	620
Cortical bone	15-30	30-70	70-150	

13 \*Adapted from J.B. Brunski. Metals, pp. 37–50 in B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen,  
 14 and J.E. Lemons (eds.), *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*,  
 15 Academic Press, San Diego (1996).

16

### 17 1.2.3 Mechanical Properties

18 The mechanical properties of materials are of great importance when designing load-  
 19 bearing orthopedic and dental implants. Some mechanical properties of metallic biomaterials  
 20 are listed in Table 1.2. With a few exceptions, the high tensile and fatigue strength of metals,  
 21 compared with ceramics and polymers, make them the materials of choice for implants that  
 22 carry mechanical loads.

1 Även före implantation bildas ett oxidskikt på metallytan på grund av att metall kemiskt  
 2 reagerar med syret i den omgivande luften eller genom oxidering i en sur lösning. Eftersom  
 3 oxider är keramer (se 1.3), som är elektriska isolatorer och värmeisolatorer, reduceras eller  
 4 förhindras de elektrokemiska reaktionerna som leder till korrosion. Den oxiderade metallytan  
 5 är med andra ord "passiviserad". I själva verket är det stabiliteten på oxiderna som finns på  
 6 olika metaller som bestämmer deras totala korrosionshårdighet. Trots att implantat av 316L  
 7 rostfritt stål fungerar tillfredsställande till exempel vid tillämpning under kort tid såsom vid  
 8 frakturfixering är de mottagliga för spaltkorrosion och gropfrätning när de är implanterade  
 9 under längre perioder. Titan och dess legeringar, liksom kobolt-kromlegeringar, har en större  
 10 korrosionshårdighet i långtidsimplantat såsom led- och tandproteser.

11

12 TABELL 1.2. Utvalda egenskaper hos metalliska biomaterial\*

Material	E-modul, $E$ (GPa)	Sträckgräns, $R_e$ (MPa)	Brottgräns, $R_m$ (MPa)	Utmattningsgräns, $\sigma_D$ (MPa)
Rostfritt stål	190	221-1,213	586-1,351	241-820
Kobolt-krom- legeringar	210-253	448-1,606	655-1,896	207-950
Titan	110	486	760	300
Ti-6Al-4V	116	896-1,034	965-1,103	620
Kortikalt ben	15-30	30-70	70-150	

13 \*Omarbetad från J.B. Brunski. "Metals", s. 37–50 i B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen,  
 14 och J.E. Lemons (red.), *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*,  
 15 Academic Press, San Diego (1996).

16

### 17 1.2.3 Mekaniska egenskaper

18 Materialens mekaniska egenskaper har stor betydelse när man konstruerar kraftupptagande  
 19 ortopediska implantat och tandimplantat. Några mekaniska egenskaper hos metalliska  
 20 biomaterial är angivna i Tabell 1.2. Med några få undantag gör hög drag- och  
 21 utmattningshållfasthet i metaller, i jämförelse med keramer och polymerer, dem till det  
 22 material som man i första hand väljer för implantat som utsätts för mekanisk belastning.

1 It should be noted that, in contrast to the nanophase, composite nature of tissue such as  
2 bone, the biomedical metals used for implants are conventional, homogeneous materials. The  
3 elastic moduli of the metals listed in Table 1.2 are at least seven times greater than that of  
4 natural bone. This mismatch of mechanical properties can cause “stress shielding”, a  
5 condition characterized by bone resorption (loss of bone) in the vicinity of implants. This  
6 clinical complication arises because preferential distribution of mechanical loading through  
7 the metallic prosthesis deprives bone of the mechanical stimulation needed to maintain  
8 homeostasis.

9 The mechanical properties of a specific implant depend not only on the type of metal but  
10 also on the processes used to fabricate the material and device. Thermal and mechanical  
11 processing conditions can change the microstructure of materials. For example, in “cold-  
12 working” a metal, such as by rolling or forging, the resulting deformation makes the material  
13 stronger and harder. Unfortunately, as the metal becomes harder and stronger it also becomes  
14 less ductile (undergoes less deformation before failure) and more chemically reactive.

15 Compared with the elastic moduli of either stainless steel or cobalt-chromium molybdenum  
16 [sic!] alloys, Ti and Ti-6Al-4V have much lower (approximately half) moduli that are still  
17 almost an order of magnitude higher than that of bone. Another advantage of Ti-based metals  
18 as a bone implant material is their favorable strength-to-density ratio. Stainless steel and Co-  
19 Cr alloys have densities of approximately  $8.8 \text{ g/cm}^3$  and  $7.8 \text{ g/cm}^3$ , respectively. Because Ti  
20 has a density of only  $4.5 \text{ g/cm}^3$ , its strength-to-density ratio is larger. Disadvantages of  
21 titanium for medical use include a relatively low shear strength, poor wear resistance, and  
22 difficulties in fabrication. The stable, coherent titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ) film that forms on  
23 titanium and its alloys gives them superior corrosion resistance compared with stainless steel  
24 and Co-Cr alloys. The oxidized surface is also believed to be responsible for Ti implants  
25 becoming osseointegrated in vivo, a process whereby bone is apposed [sic!] to the implant  
26 without chronic inflammation and without an intervening fibrous capsule.

1 Man bör lägga märke till att de biomedicinska metaller som används i implantat är  
2 konventionella homogena material i motsats till den nanokomposita strukturen hos vävnad i  
3 till exempel ben. Elasticitetsmodulen hos metallerna som finns i Tabell 1.2 är minst sju  
4 gånger högre än i naturligt ben. Skillnaden i mekaniska egenskaper kan skapa "stress  
5 shielding", ett tillstånd som kännetecknas av benresorption (benedbrytning) i närheten av  
6 implantatet. Denna kliniska komplikation uppstår på grund av att mekanisk belastning  
7 förflyttas till metallprotesen vilket berövar benet den mekaniska stimulering som behövs för  
8 att upprätthålla homeostas.

9 Ett implantats mekaniska egenskaper beror inte bara på typen av metall utan även metoden  
10 som använts för att tillverka materialet och implantatet. Värmebearbetning och mekanisk  
11 bearbetning kan förändra materialens mikrostruktur. Deformation genom "kallbearbetning",  
12 som valsning och smidning, gör till exempel materialet starkare och hårdare. Tyvärr blir  
13 metall mindre duktilt (klarar mindre deformation före brott) och mer kemiskt reaktivt då det  
14 blir hårdare och starkare.

15 I jämförelse med elasticitetsmodulen både hos rostfritt stål och hos kobolt-krom-  
16 molybdenlegeringar har titan och Ti-6Al-4V mycket lägre (ungefär hälften) elasticitetsmodul,  
17 som likväl nästan är en storleksordning högre än för ben. En annan fördel med titanbaserade  
18 metaller som material för benimplantat är förhållandet mellan hållfasthet och densitet.  
19 Rostfritt stål och kobolt-kromlegeringar har en densitet på ungefär  $8,8 \text{ g/cm}^3$  respektive  $7,8$   
20  $\text{g/cm}^3$ . Eftersom titan har en densitet på bara  $4,5 \text{ g/cm}^3$  är förhållandet mellan hållfasthet och  
21 densitet högre. Nackdelarna med titan för medicinsk användning är relativt låg  
22 skjuvhållfasthet, dålig slitstyrka och svårigheter vid framställningen. Det stabila  
23 sammanhängande titanoxidskiktet ( $\text{TiO}_2$ ) som bildas på titan och dess legeringar ger dem  
24 bättre korrosionshårdighet än rostfritt stål och kobolt-kromlegeringar. Man tror också att den  
25 oxiderade ytan är ansvarig för att titanimplantat blir osseointegrerat in vivo, en process genom  
26 vilken ben kommer i kontakt med implantatet utan kronisk inflammation och utan att det  
27 inkapslas av bindväv.

1 TABLE 1.3. Ceramics Used in Biomedical Applications

Ceramic	Chemical formula	Comment
Alumina	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Bioinert
Zirkonia	$\text{ZrO}_2$	
Pyrolytic carbon		
Bioglass	$\text{Na}_2\text{OCaOP}_2\text{O}_3\text{-SiO}$	Bioactive
Hydroxyapatite (sintered at high temperature)	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	
Hydroxyapatite (sintered at low temperature)	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	Biodegradable
Tricalcium phosphate	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	

2 Definitions:

3 *Bioinert* refers to a material that retains its structure in the body after implantation  
 4 and does not induce any immunologic host reactions.

5 *Bioactive* refers to materials that form bonds with living tissue.

6 *Biodegradable* refers to materials that degrade (by hydrolytic breakdown) in the body  
 7 while they are being replaced by regenerating natural tissue; the chemical  
 8 by-products of the degrading materials are absorbed and released via  
 9 metabolic processes of the body.

10

### 11 1.3 Ceramic and glass biomaterial

12 Ceramics and glasses are used as components of hip implants, dental implants, middle ear  
 13 implants, and heart valves. Overall, however, these biomaterials have been used less  
 14 extensively than either metals or polymers. Some ceramics that have been used for biomedical  
 15 applications are listed in Table 1.3.

#### 16 1.3.1 Basis of Structure-Property Relationships

17 Ceramics are materials composed of metallic and nonmetallic elements held together by ionic  
 18 and/or covalent bonds. As with metals, the interatomic bonds in ceramics result in long-range  
 19 three-dimensional crystalline structures; glasses do not have long-range order. In contrast to  
 20 metallic bonding, the electrons in ionic and covalent bonds are localized between the  
 21 constituent ions/atoms. Consequently, ceramics are typically electrical and thermal insulators.

1 TABELL 1.3. Keramer som används i medicinska tillämpningar

Keram	Kemisk formel	Kommentar
Aluminiumoxid	$Al_2O_3$	Bioinert
Zirkoniumoxid	$ZrO_2$	
Pyrolytiskt kol		
Bioglas	$Na_2OCaOP_2O_3-SiO$	Bioaktiv
Hydroxyapatit (sintrad vid hög temperatur)	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	
Hydroxyapatit (sintrad vid låg temperatur)	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	Biodegraderbar
Trikalciumpfosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	

2 Definitioner:

3 *Bioinert* avser material som bibehåller strukturen i kroppen efter implantation och  
4 som inte framkallar några immunologiska värdreaktioner.

5 *Bioaktiv* avser material som skapar bindningar med levande vävnad.

6 *Biodegraderbar* avser material som bryts ned (genom hydrolytisk nedbrytning) i kroppen  
7 medan återväxt av naturlig vävnad ersätter dem. De kemiska biprodukterna  
8 från det nedbrutna materialet absorberas och frigörs via kroppens  
9 metaboliska processer.

10

11 **1.3 Keramiskt biomaterial**

12 Keramer används som beståndsdelar i höftleds-, tand- och mellanöreimplantat samt  
13 hjärtklaffar. På det hela taget har keramiska biomaterial emellertid använts i mindre  
14 utsträckning än både metaller och polymerer. Se Tabell 1.3 för några keramer som används i  
15 medicinska tillämpningar.

16 **1.3.1 Förhållande mellan uppbyggnad och egenskap**

17 Keramer är material som består av metalliska och icke-metalliska beståndsdelar som hålls  
18 samman av jonbindningar och/eller kovalenta bindningar. Liksom i metall blir  
19 atombindningarna i keramer utsträckta tredimensionella kristallstrukturer, men glas har inte  
20 samma utsträckta struktur. Elektronerna i jonbindningar och kovalenta bindningar finns, i  
21 motsats till metallbindningen, mellan de stabila jonerna/atomerna. Därför är keramer vanligen  
22 elektriskt och termiskt isolerande.

1 The strong ionic and covalent bonds also make ceramics hard and brittle, because the planes  
 2 of atoms/ions cannot slip past one another. Ceramics and glasses typically fail with little, if  
 3 any, plastic deformation, and they are sensitive to the presence of cracks or other defects. The  
 4 ionic and/or covalent nature of ceramics also influences their chemical behavior.

5

6 TABLE 1.4. Mechanical Properties of Ceramic Biomaterials\*

	Young's Modulus, $E$ (GPa)	Compressive Strength, $\sigma_{UCS}$ (MPa)	Tensile Strength, $\sigma_{UTS}$ (MPa)
Alumina	380	4500	350
Bioglass-ceramics	22	500	56-83
Kalcium phosphates	40-117	510-896	69-193
Pyrolytic carbon	18-28	517	280-560

7 \*Compiled from L.L. Hench. *Ceramics, Glasses, and Glass-Ceramics*, pp. 73–84 in B.D.  
 8 Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen, and J.E. Lemons (eds), *Biomaterials Science: An*  
 9 *Introduction to Materials in Medicine*, Academic Press, San Diego (1996); J.B. Park and R.S.  
 10 Lakes, *Biomaterials*, Plenum Press, New York (1992); and J. Black, *Biological Performance*  
 11 *of Materials*, Marcel Dekker, New York (1992).

12

### 13 1.3.2 Degradation

14 Although they do not undergo corrosion, ceramics and glasses are susceptible to other forms  
 15 of degradation when exposed to the physiological environment. The mechanism and rate of  
 16 degradation, however, depend on the particular type of ceramic. Even alumina, which is  
 17 generally considered a bioinert ceramic, experiences a time-dependent decrease in strength  
 18 during immersion in saline in vitro and after implantation. This process may result from a  
 19 preferential dissolution of impurities that results in crack propagation. Bioactive ceramics and  
 20 glasses are also degraded in the body. Not only can they undergo slow or rapid dissolution  
 21 (depending on the composition and processing history of the material), but because of the  
 22 similarity of calcium phosphates to the mineral component of bone, they may also be resorbed  
 23 by osteoclasts (the cells that break down bone).

1 De starka jonbindningarna och kovalenta bindningarna gör även keramer hårda och spröda  
 2 eftersom atomplanen/jonplanen inte kan halka över varandra. Keramer ger vanligen efter för  
 3 liten, om någon, plastisk deformation och de är känsliga för sprickor och andra skador.  
 4 Keramers jonkaraktär och/eller kovalenta karaktär påverkar även de kemiska egenskaperna.

5

6 TABELL 1.4. Keramiska biomaterials mekaniska egenskaper\*

	E-modul, $E$ (GPa)	Tryckhållfasthet, $f$ (MPa)	Brottgräns, $R_m$ (MPa)
Aluminiumoxid	380	4500	350
Bioglas	22	500	56-83
Kalciumfosfater	40-117	510-896	69-193
Pyrolytiskt kol	18-28	517	280-560

7 \*Sammanställd utifrån L.L. Hench. "Ceramics, Glasses, and Glass-Ceramics", s. 73–84 I:  
 8 B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen och J.E. Lemons (red.), *Biomaterials Science: An*  
 9 *Introduction to Materials in Medicine*, Academic Press, San Diego (1996); J.B. Park och R.S.  
 10 Lakes, *Biomaterials*, Plenum Press, New York (1992) och J. Black, *Biological Performance*  
 11 *of Materials*, Marcel Dekker, New York (1992).

12

### 13 1.3.2 Nedbrytning

14 Trots att keramer inte korroderar är de mottagliga för andra former av nedbrytning när de  
 15 utsätts för den fysiologiska miljön. Nedbrytningsmekanismen och -hastigheten är dock  
 16 beroende av typen av keram. Även aluminiumoxid, som allmänt anses vara en bioinert keram,  
 17 genomgår en tidsberoende minskning i hållfasthet när den är nedsänkt i saltlösning in vitro  
 18 och efter implantation. Upplösningsprocessen kan uppstå på grund av en ökad benägenhet att  
 19 angripa orenheter vilket leder till sprickutbredning. Bioaktiva keramer bryts också ned i  
 20 kroppen. Kalciumfosfater kan inte bara upplösas snabbt eller långsamt (beroende på hur  
 21 materialet är sammansatt och bearbetat) utan på grund av likheterna med benets mineraler kan  
 22 de även sugas upp av osteoklaster (cellerna som bryter ned ben).



1 **1.3.3 Mechanical Properties**

2 The major drawbacks to the use of ceramics and glasses as implants are their brittleness and  
3 poor tensile properties (Table 1.4). Although they can have outstanding strength when loaded  
4 in compression, ceramics and glasses fail at low stress when loaded in tension or bending.  
5 Among biomedical ceramics, alumina has the highest mechanical properties, but its tensile  
6 properties are still below those of metallic biomaterials. Additional advantageous properties  
7 of alumina are its low coefficient of friction and wear rate. Because of these properties,  
8 alumina has been used as a bearing surface in joint replacements.

9 The mechanical properties of calcium phosphates and bioactive glasses make them  
10 unsuitable as load-bearing implants. Clinically, hydroxyapatite has been used as a filler for  
11 bone defects and as an implant in load-free anatomic sites (for example, nasal septal bone and  
12 middle ear). In addition, hydroxyapatite has been used as a coating on metallic orthopedic and  
13 dental implants to promote their fixation in bone. In these cases, the underlying metal carries  
14 the load, whereas the surrounding bone strongly bonds to hydroxyapatite. Delamination of the  
15 ceramic layer from the metal surface, however, can create serious problems and lead to  
16 implant failure.

17

18 TABLE 1.5. Examples of Biomedical Applications of Polymers

Applications	Polymer(s)
Cardiovascular implants	Polyethylene, poly(vinyl chloride), polyester, silicone rubber, poly(ethylene terephthalate), polytetrafluoroethylene
Orthopedic implants	Ultra-high-molecular-weight polyethylene, poly(methyl methacrylate)
Drug release	Poly(lactide-co-glycolide)
Tissue engineering	Poly(lactic acid), poly(glycolic acid), poly(lactide-co-glycolide)

19

20 **1.4 Polymeric biomaterials**

21 Polymers are the most widely used materials in biomedical applications. They are the  
22 materials of choice for cardiovascular devices as well as for replacement and augmentation of  
23 various soft tissues. Polymers also are used in drug delivery systems, in diagnostic aids, and  
24 as a scaffolding material for tissue engineering applications.

### 1 1.3.3 Mekaniska egenskaper

2 De största nackdelarna med keramer som implantat är sprödheten och de dåliga  
3 hållfasthetsegenskaperna (se Tabell 1.4). Trots att keramer kan ha enastående hållfasthet vid  
4 kompression ger de efter för bara en liten påfrestning när de belastas eller böjs. Bland de  
5 biomedicinska keramerna har aluminiumoxid de bästa mekaniska egenskaperna, men  
6 hållfasthetsegenskaperna är ändå sämre än de metalliska biomaterialens. Andra fördelaktiga  
7 egenskaper hos aluminiumoxid är den låga friktionskoefficienten och slitagehastigheten. På  
8 grund av dessa egenskaper har aluminiumoxid använts som ledyta i ledproteser.

9 De mekaniska egenskaperna hos kalciumfosfater och bioaktivt glas gör dem olämpliga  
10 som kraftupptagande implantat. Hydroxyapatit har kliniskt använts för att fylla ut bensador  
11 och som implantat i anatomiska lägen som inte kräver kraftupptagande implantat (till exempel  
12 nässkiljeväggen och mellanörat). Dessutom har hydroxyapatit använts som ytbeläggning på  
13 ortopediska implantat och tandimplantat i metall för att förbättra förankringen i ben. Då  
14 upptar den underliggande metallen belastningen, medan det omgivande benet kan binda sig  
15 väl till hydroxyapatiten. Delaminering av de keramiska lagren från metallytan kan emellertid  
16 skapa allvarliga problem och leda till att implantatet förstörs.

17

18 TABLE 1.5. Exempel på biomedicinska tillämpningar av polymerer

Tillämpningar	Polymer(er)
Hjärt-kärtilplantat	Polyeten, polyvinylklorid, polyester, silikongummi, polyetylentereftalat, polytetrafluoreten
Ortopediska implantat	Ultrahögmolekylär polyeten, polymetylmetakrylat
Läkemedelsfrisättning	Polylaktid-co-glykolid
Vävnadsgenerering	Polymjölksyra, polyglykolsyra, polylaktid-co-glykolid

19

### 20 1.4 Polymeriska biomaterial

21 Polymerer är det mest använda materialet i biomedicinska produkter. De är det material som  
22 främst används för kardiovaskulära implantat liksom för att ersätta och förstärka olika  
23 mjukdelar. Polymerer används även i administreringssystem för läkemedel, diagnostiska  
24 hjälpmedel och som ett substratmaterial för tillämpningar för vävnadsteknik.

1 Examples of current applications include vascular grafts, heart valves, artificial hearts, breast  
2 implants, contact lenses, intraocular lenses, components of extracorporeal oxygenators,  
3 dialyzers and plasmapheresis units, coatings for pharmaceutical tablets and capsules, sutures,  
4 adhesives, and blood substitutes. Examples of polymers and their uses are given in Table 1.5.

#### 5 **1.4.1 Basis of Structure-Property Relationships**

6 Polymers are organic materials consisting of large macromolecules composed of many  
7 repeating units (called “mers”). These long molecules are covalently bonded chains of atoms.  
8 Unless they are cross-linked, the macromolecules interact with one another by weak  
9 secondary bonds (hydrogen and van der Waals bonds) and by entanglement. Because of the  
10 covalent nature of interatomic bonding within the molecules, the electrons are localized, and  
11 consequently polymers tend to be poor thermal and electric conductors.

12 The mechanical and thermal behavior of polymers is influenced by several factors,  
13 including the composition of the backbone and side groups, the structure of the chains, and  
14 the molecular weight of the molecules. Plastic deformation occurs when the applied  
15 mechanical forces cause the macromolecular chains to slide past one another. Changes in  
16 polymer composition or structure that increase resistance to relative movement of the chains  
17 increase the strength and decrease the plasticity of the material. Substitutions into the  
18 backbone that increase its rigidity hinder movement of the chains. Bulky side groups also  
19 make disentanglement more difficult. Increasing macromolecule length (molecular weight)  
20 also makes the chains less mobile and hinders their relative movement.

#### 21 **1.4.2 Degradation**

22 Degradation of polymers requires disruption of their macromolecular structure and can occur  
23 by either alteration of the covalent interatomic bonds in the chains or alteration of the  
24 intermolecular interactions between chains. The former can occur by chain scission (cleavage  
25 of chains) or cross-linking (joining together of adjacent chains), an unlikely occurrence under  
26 physiological conditions. The latter can occur by incorporation (absorption) or loss (leaching)  
27 of low- molecular-weight compounds. As described in Chapter 8, Section 8.2, chemical  
28 reactions, such as oxidation and hydrolysis, can also change the properties of implanted  
29 polymers. For polymers, the method of sterilizing the biomaterial can significantly alter its  
30 properties. For example, high temperatures (121-80 °C, steam, chemicals (ethylene oxide),  
31 and radiation can compromise the shape and/or mechanical properties of polymeric materials.

1 Exempel på nuvarande tillämpningar är kärlgrafter, hjärtklaffar, konstgjorda hjärtan,  
2 bröstimplantat, kontaktlinser, intraokulära linser, komponenter i oxygenatorer, dialys- och  
3 plasmaferesutrustningar, dragering av läkemedelstabletter och -kapslar, suturer, lim och  
4 blodersättningsmedel (se även Tabell 1.5).

#### 5 **1.4.1 Förhållande mellan uppbyggnad och egenskap**

6 Polymerer är organiska material som består av stora makromolekyler som bildas av många  
7 repeterande enheter ("merer"). De långa molekylerna är kovalent bundna kedjor av atomer.  
8 Såvida makromolekylerna inte är tvärbundna växelverkar de med varandra genom svaga  
9 sekundära bindningar (vätebindningar och van der Waalsbindningar) och genom intrassling.  
10 På grund av atombindningarnas kovalenta karaktär i molekylerna är elektronerna lokala och  
11 följaktligen tenderar polymerer att vara dåliga värme- och strömledare.

12 Polymerers mekaniska och termiska egenskaper påverkas av flera faktorer, även av  
13 huvudkedjans och sidogruppernas sammansättning, kedjornas struktur och molekylernas  
14 molekylvikt. Plastisk deformation uppstår när de pålagda mekaniska krafterna får  
15 makromolekylkedjorna att glida över varandra. Förändringar i polymersammansättning eller  
16 -struktur som ökar kedjornas motstånd mot inbördes rörelse ökar materialets hållfasthet och  
17 minskar plasticiteten. Ersättningar i huvudkedjan som ökar styvheten förhindrar kedjornas  
18 rörelse. Stora sidogrupper gör även upplösning av intrasslingarna svårare. Ökad  
19 makromolekyl längd (molekylvikt) gör även kedjorna mindre rörliga och hindrar deras  
20 inbördes rörelse.

#### 21 **1.4.2 Nedbrytning**

22 Nedbrytning av polymerer kräver att deras makromolekylsstruktur bryts vilket kan ske  
23 antingen genom förändring av de kovalenta atombindningarna i kedjorna eller genom  
24 förändring av växelverkan mellan molekylkedjorna. Det förra kan ske genom spjälkning  
25 (klyvning av kedjor) eller tvärbindning (sammanfogning av närliggande kedjor) vilket är en  
26 osannolik händelse under fysiologiska villkor. Det senare kan ske genom upptagande  
27 (absorption) eller avskiljning (upplösning) av lågmolekylära föreningar. Kemiska reaktioner  
28 som oxidering och hydrolys, se 8.2, kan även förändra implanterade polymerers egenskaper.  
29 Steriliseringsmetoden kan förändra polymerers egenskaper betydligt. Höga temperaturer  
30 (121-180°C), ånga, kemikalier (etylenoxid) och strålning kan till exempel äventyra de  
31 polymeriska materialens form och/eller mekaniska egenskaper.

1 Polymers may contain various (often unspecified) additives, traces of catalysts, inhibitors,  
2 and other chemical compounds needed for their synthesis. Over time in the physiological  
3 environment, these compounds can leach from the polymer surface. As is the case with  
4 corrosion by-products released from metallic implants, the chemicals released from polymers  
5 may induce adverse local and systemic host reactions that cause clinical complications. This  
6 release is a concern for materials, such as bone cement, that are polymerized in the body and  
7 for flexible polymers, such as poly(vinyl chloride), that contain low-molecular-weight species  
8 (plasticizers) to make them pliable.

9 In addition to unintentional degradation, certain polymers have been designed to undergo  
10 controlled degradation. Among biodegradable polymers, poly(lactic acid), poly(glycolic acid),  
11 and their copolymers have been the most widely used. These materials degrade into smaller  
12 fragments as well as monomers, such as lactic acid, that can be eliminated by normal  
13 metabolic processes of the body. Biodegradable polymers are used for sutures, controlled  
14 drug delivery, tissue engineering, and fracture fixation.

### 15 **1.4.3 Mechanical Properties**

16 The mechanical properties of polymers depend on several factors, including the composition  
17 and structure of the macromolecular chains and their molecular weight. Table 1.6 lists some  
18 mechanical properties of selected polymeric bio- materials. Compared with metals and  
19 ceramics, polymers have much lower strengths and moduli but they can be deformed to a  
20 greater extent before failure. Consequently, polymers are generally not used in biomedical  
21 applications that bear loads (such as body weight). Ultra-high-molecular-weight polyethylene  
22 is an exception, as it is used as a bearing surface in hip and knee replacements. The  
23 mechanical properties of polymers, however, are sufficient for numerous biomedical  
24 applications (some of which are listed in Table 1.5).

1 Polymerer kan innehålla olika (ofta ospecificerade) tillsatssämnen, spår av katalysatorer,  
2 inhibitorer och andra kemiska föreningar som behövs för deras syntes. I den fysiologiska  
3 miljön kan föreningarna med tiden läcka ut från polymerytan. Liksom biprodukter från  
4 korrosion som frigörs från metallimplantat kan de kemikalier som frigörs från polymerer  
5 orsaka skadliga lokala och systemiska värdreaktioner som medför kliniska komplikationer.  
6 Utfällningen är ett problem för material som bencement, som polymeriseras i kroppen, och  
7 för flexibla polymerer, till exempel polyvinylklorid, som innehåller lågmolekylära ämnen  
8 (mjukningsmedel) som gör dem böjliga.

9 Vissa polymerer har utöver spontan nedbrytning konstruerats för att genomgå kontrollerad  
10 nedbrytning. Bland de biodegraderbara polymererna har polymjölksyra, polyglykolsyra och  
11 deras sampolymerer använts mest. Materialen bryts ned både i mindre delar och i monomerer,  
12 såsom mjölksyra, som kan avlägsnas genom kroppens normala metaboliska processer.  
13 Biodegraderbara polymerer används för suturer, kontrollerad läkemedelsadministration,  
14 vävnadsteknik och frakturfixering.

### 15 **1.4.3 Mekaniska egenskaper**

16 De mekaniska egenskaperna hos polymerer (se Tabell 1.6) beror på flera faktorer, bland annat  
17 makromolekylkedjornas sammansättning och struktur samt molekylvikten. I jämförelse med  
18 metaller och keramer har polymerer mycket lägre hållfasthet och elasticitetsmodul, men de  
19 kan deformeras i större omfattning före brott. Följaktligen används polymerer i regel inte i  
20 biomedicinska implantat avsedda för belastning (såsom kroppsvikt). Ultrahögmolekylär  
21 polyeten är ett undantag, eftersom det används som ledyta i höftleds- och knäledsimplantat.  
22 Polymerers mekaniska egenskaper är emellertid tillfredsställande för många biomedicinska  
23 implantat (varav några anges i Tabell 1.5).

1 TABLE 1.6. Mechanical Properties of Polymers\*

Polymer	Tensile Strength $\sigma_{UTS}$ (MPa)	Young's Modulus, $E$ (GPa)	% Elongation
Poly(methyl methacrylate) (PMMA)	30	2,2	1,4
Nylon 6/6	76	2,8	90
Poly(ethylene terephthalate)	53	2,14	300
Poly(lactic acid)	28-50	1,2-3	2-6
Polypropen	28-36	1,1-1,55	400-900
Polytetrafluoroethylene	17-28	0,5	120-350
Silicone rubber	2,8	Upp till 10	160
Ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE)	$\geq 35$	4-12	$\geq 300$

2 \*Compiled from J. Kohn and R. Langer. *Bioresorbable and Bioerodible Materials*, pp. 64–73  
 3 in B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen, and J.E. Lemons (eds.), *Biomaterials Science: An*  
 4 *Introduction to Materials in Medicine*, Academic Press, San Diego (1996); and J.B. Park and  
 5 R.S. Lakes, *Biomaterials*, Plenum Press, New York (1992).

## 7 1.5 Choice of materials for biomedical applications

8 In the past, success of materials in biomedical applications was not so much the outcome of  
 9 meticulous selection based on biocompatibility criteria but rather the result of serendipity,  
 10 continuous refinement in fabrication technology, and advances in material surface treatment.

11 In the present and future, election of a biomaterial for a specific application must be based  
 12 on several criteria. The physicochemical properties and durability of the material, the desired  
 13 function of the prosthesis, the nature of the physiological environment at the organ/tissue  
 14 level, adverse effects in case of failure, as well as cost and production issues must be  
 15 considered for each specific application. Biocompatibility (addressed in Chapter 9) is the  
 16 paramount criterion that must be met by every biomaterial.

17 Mechanical requirements must also be taken into consideration when choosing materials  
 18 for biomedical applications. Material strength (tensile or compressive), stiffness, fatigue  
 19 endurance, wear resistance, and dimensional stability should be considered with respect to the  
 20 end use of the prosthetic device to ensure its success.

1 TABELL 1.6. Polymerers mekaniska egenskaper\*

Polymer	Brottgräns, $R_m$ (MPa)	E-modul, $E$ (GPa)	Töjning, %
Polymetylmetakrylat (PMMA)	30	2,2	1,4
Nylon 6,6	76	2,8	90
Polyetylentereftalat	53	2,14	300
Polymjölksyra	28-50	1,2-3	2-6
Polypropen	28-36	1,1-1,55	400-900
Polytetrafluoreten	17-28	0,5	120-350
Kiselgummi	2,8	Upp till 10	160
Ultrahögmolekylär polyeten (UHMWPE)	$\geq 35$	4-12	$\geq 300$

2 \*Sammanställd utifrån J. Kohn och R. Langer. ”Bioresorbable and Bioerodible Materials”, s.  
 3 64–73 I: B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Shoen och J.E. Lemons (red.), *Biomaterials*  
 4 *Science: An Introduction to Materials in Medicine*, Academic Press, San Diego (1996) och  
 5 J.B. Park och R.S. Lakes, *Biomaterials*, Plenum Press, New York (1992).

## 7 1.5 Val av material för biomedicinska tillämpningar

8 Om ett material fungerade i biomedicinska tillämpningar berodde förr inte på noggrant urval  
 9 grundat på kriteriet om biokompatibilitet utan var snarare ett resultat av slumpen, kontinuerlig  
 10 förbättring av tillverkningsteknologin och framsteg i ytbehandlingen av material.

11 Valet av biomaterial för en särskild tillämpning måste vara grundat på flera kriterier nu och  
 12 i framtiden. Det som måste beaktas för varje tillämpning är materialets fysikaliska och  
 13 kemiska egenskaper och hållbarhet, önskad funktion hos protesen, den fysiologiska miljöns  
 14 egenskaper på organ-/vävnadsnivå, skadliga effekter när den inte fungerar liksom kostnads-  
 15 och tillverkningsfrågor. Biokompatibilitet (se kapitel 9) är det viktigaste kriteriet som måste  
 16 uppfyllas av alla biomaterial.

17 Mekaniska krav måste också beaktas när man väljer material för biomedicinska produkter.  
 18 Materialets (drag- eller tryck)hållfasthet, styvhet, utmattningshållbarhet, slitstyrka och  
 19 dimensionsstabilitet bör beaktas med hänsyn till protesens slutanvändning för att säkerställa  
 20 att den fungerar.



1 For example, a rigid, strong material would be more suitable for a hip implant, whereas a  
2 flexible, less strong material would be sufficient for a vascular graft. Moreover, the  
3 performance of materials under dynamic loading conditions must be considered when  
4 appropriate, because many implants are subjected to various types and magnitudes of repeated  
5 stresses in the body. Consider a hip, knee, or ligament replacement that will be subjected to  
6 approximately one million steps per year, while various other physical activities will exert  
7 different loads across the joints. At 70 beats per minute, a prosthetic heart valve would  
8 experience over three and a half million cycles per year. Other physical properties (such as  
9 electrical and thermal conductivity, light transmission, and radiopacity) are important for  
10 specific applications, such as pace-maker electrodes, intraocular lenses, and dental  
11 restoratives, and must be considered when applicable.

12 Because the practice of medicine and surgery requires sterile products, decisions regarding  
13 choice of biomaterial(s) for a specific application should include consideration of sterilization  
14 of the final product(s). Moist heat and high pressure (typical conditions in steam autoclaves),  
15 ethylene oxide gas, and gamma radiation are procedures commonly used in sterilizing  
16 biomedical materials and devices. Special care should be taken with polymers that do not  
17 tolerate heat, absorb and subsequently release ethylene oxide (a toxic substance), and degrade  
18 when exposed to radiation.

19

## 20 **1.6 Biomaterials for implantable devices: present and future directions**

21 Unquestionably, important advances have been made in the clinical use of medical implants  
22 and other devices. Presently, emphasis is placed on the design of proactive biomaterials, that  
23 is, materials that elicit specific, desired, and timely responses from surrounding cells and  
24 tissues. Medical research continues to explore new scientific frontiers for diagnosing, treating,  
25 curing, and preventing diseases at the molecular/genetic level. With this newfound  
26 knowledge, there will be further need for innovative formulations and/or modifications of  
27 existing materials (see Chapter 8, Section 8.4), for novel materials, and for nontraditional  
28 applications of biomaterials, such as in tissue engineering. Promising developments include  
29 bioinspired chemical and topographic modifications of materials surfaces, current-conducting  
30 polymers, and nanophase materials. In addition to new challenges and opportunities, some of  
31 the unresolved issues (primarily, biocompatibility) of the past and present will also need to be  
32 addressed in the future.

1 Ett styvt och starkt material skulle till exempel passa bättre i höftledsimplantat medan ett  
2 flexibelt och mindre starkt material skulle vara tillräckligt för ett kärlgraft. Dessutom måste  
3 materialets prestation under dynamisk belastning övervägas när det är lämpligt, eftersom  
4 många implantat utsätts för olika typer och omfattning av upprepande påfrestningar i kroppen.  
5 Man kan tänka sig ett höftleds- eller knäledsimplantat eller en ligamentrekonstruktion skall  
6 utsättas för ungefär en miljon steg varje år, medan andra fysiska aktiviteter belastar leden  
7 olika mycket. Med 70 slag per minut skulle en hjärtklaffprotes utsättas för över tre och en  
8 halv miljon cykler per år. Andra fysiska egenskaper (såsom elektrisk ledningsförmåga och  
9 värmeledningsförmåga, ljusgenomsläplighet och strålsäkerhet) är viktiga för vissa  
10 tillämpningar såsom pacemaker elektroder, intraokulära linser och tandlagningar och måste  
11 övervägas när det är tillämpligt.

12 Eftersom medicin och kirurgi kräver sterila produkter bör sterilisering av  
13 slutprodukten/erna beaktas när biomaterial ska väljas för ett visst ändamål. Fuktig värme och  
14 högt tryck (typiska förhållanden i ångautoklaver), etylenoxidgas och gammastrålning är  
15 vanliga sätt för att sterilisera biomedicinska material och produkter. Särskild försiktighet bör  
16 iakttas med polymerer som inte tål värme, som absorberar och sedan frigör etylenoxid (ett  
17 giftigt ämne) samt bryts ned när de utsätts för strålning.

18

## 19 **1.6 Biomaterial för implanterbara produkter: inriktningar nu och i** 20 **framtiden**

21 Viktiga framsteg har obestriddligen gjorts i den kliniska användningen av medicinska  
22 implantat och andra produkter. För närvarande ligger tonvikten på konstruktionen av  
23 skräddarsydda biomaterial, det vill säga material som i rätt tid framkallar specifika och  
24 eftersträvade responser från kringliggande celler och vävnader. Medicinsk forskning fortsätter  
25 att kartlägga nya vetenskapliga forskningsfält inom diagnostisering, behandling, botande och  
26 förebyggande av sjukdomar på molekylär/genetisk nivå. Med den nyvunna kunskapen  
27 kommer behovet av att öka innovativa utformningar och/eller modifieringar av nu befintliga  
28 material (se 8.4), av nya material och av icke-traditionella användningar av biomaterial, till  
29 exempel inom vävnadsteknik. Den lovande utvecklingen sker inom biologiskt inspirerade  
30 kemiska och topografiska modifieringar av materialytor, strömledande polymerer och  
31 nanokompositer. Utöver nya utmaningar och möjligheter kommer även några av gårdagens  
32 och dagens olösta problem (huvudsakligen gällande biokompatibilitet) att behöva tas upp i  
33 framtiden.

1 **1.7 Summary**

- 2 • A biomaterial is any substance (other than drugs), natural or synthetic, that treats,  
3 augments, or replaces any tissue, organ, and body function.
- 4 • The properties of materials are governed by their structure, determined by the way  
5 their constituent atoms are bonded together.
- 6 • Lack of near neighbor atoms, caused by creation of a surface, results in different  
7 surface versus bulk material properties that have major consequences for tissue-  
8 implant interactions.
- 9 • The mechanical properties (e.g., strength, modulus, and fatigue limit) of metals makes  
10 them desirable choices for many load-bearing biomedical prostheses applications.
- 11 • Metals are susceptible to degradation by corrosion, a process that can release by-  
12 products (such as ions, chemical compounds, and particulate debris) that may cause  
13 adverse biological responses.
- 14 • Ceramics are attractive biomaterials because they can be either bioinert, bioactive, or  
15 biodegradable; however, they have serious drawbacks because they are brittle and  
16 have low tensile strength.
- 17 • The properties of polymers depend on the composition, structure, and arrangement of  
18 their constituent macromolecules.

21 **1.8 Bibliography/Suggested reading**

22 Alexander H., Brunski J.B., Cooper S.L., Hench L.L., Hergenrother R.W., Hoffman A.S.,  
23 Kohn J., Langer R., Peppas N.A., Ratner B.D., Shalaby S.W., Visser S.A., and Yannas I.V.,  
24 Classes of materials used in medicine. In *Biomaterials Science: An Introduction to Materials*  
25 *in Medicine*, Ratner, B.D., Hoffman, A.S., Schoen, F.J., Lemons, J.E., (eds.) Academic Press,  
26 New York, NY (1996), pp. 37-130.

27  
28 Boretos, J.W., Eden, M. *Contemporary Biomaterials, Material and Host Response, Clinical*  
29 *Applications, New Technology and Legal Aspects*. Noyes Publications, Park Ridge, NJ  
30 (1984), pp. 232-233.

## 1 **1.7 Sammanfattning**

- 2 • Ett biomaterial är ett ämne (ej läkemedel), naturligt eller syntetiskt framställt, som  
3 behandlar, förstärker eller ersätter vävnad, organ eller kroppsfunction.
- 4 • Materialens egenskaper styrs av deras struktur som bestäms av hur de stabila  
5 atomernas är bundna till varandra.
- 6 • Avsaknad av näraliggande grannatomer, på grund av att en yta skapats, leder till olika  
7 ytegenskaper och egenskaper hos implantatets material vilket har stor betydelse för  
8 hur vävnad och implantat interagerar.
- 9 • Metaller mekaniska egenskaper (till exempel hållfasthet, elasticitetsmodul och  
10 utmattningshållfasthet) gör att de föredras i många kraftupptagande biomedicinska  
11 proteser.
- 12 • Metaller är mottagliga för nedbrytning genom korrosion, en process som kan frigöra  
13 biprodukter (såsom joner, kemiska föreningar och partiklar) vilka kan orsaka skadliga  
14 biologiska reaktioner.
- 15 • Keramer är attraktiva biomaterial eftersom de kan vara antingen bioinerta, bioaktiva  
16 eller biodegraderbara. Dock har de betydande nackdelar eftersom de är spröda och har  
17 låg brottgräns.
- 18 • Polymerers egenskaper är beroende av sammansättning, struktur och deras stabila  
19 makromolekyler arrangemang.

## 21 **1.8 Litteraturförteckning/rekommenderad litteratur**

22 Alexander H., Brunski J.B., Cooper S.L., Hench L.L., Hergenrother R.W., Hoffman A. S.,  
23 Kohn J., Langer R., Peppas N.A., Ratner B.D., Shalaby S.W., Visser S.A., & Yannas I.V.,  
24 ”Classes of materials used in medicine” I: *Biomaterials Science: An Introduction to Materials*  
25 *in Medicine*, Ratner, B.D., Hoffman, A.S., Schoen, F.J. & Lemons, J.E., (red.). Academic  
26 Press. New York. (1996), s. 37-130.

27

28 Boretos, J.W. & Eden, M. *Contemporary Biomaterials, Material and Host Response, Clinical*  
29 *Applications, New Technology and Legal Aspects*. Noyes Publications. Park Ridge. (1984), s.  
30 232-233.

1 Cooke F.W., Lemons J.E., and Ratner B.D., Properties of Materials in *Biomaterials Science:*  
2 *An Introduction to Materials in Medicine*, Ratner, B.D., Hoffman, A.S., Schoen, F.J, Lemons,  
3 J.E., (eds.) Academic Press, New York, NY (1996), pp. 11-35.

4

5 Peppas, N.A., Langer, R. “New Challenges in Biomaterial”, *Science*: 263 (1994), pp. 1715-  
6 1720.

7

8 Ratner, B.D. “New ideas in biomaterials science—path to engineered biomaterials.” *Journal of*  
9 *Biomedical Materials Research*: 27 (1993), pp. 837-850.

10

## 11 **1.9 Quiz questions**

12 1. Define the term “biomaterial.”

13

14 2. Define the term “metal.” Give an example of a metal and describe its use in a bio-  
15 medical prosthesis.

16

17 3. Define the term “ceramic.” Give an example of a ceramic and describe its use in a  
18 biomedical prosthesis.

19

20 4. Define the term “polymer.” Give an example of a polymer and describe its use in a  
21 biomedical prosthesis.

22

23 5. Why does the method of processing a material change its properties?

24

25 6. What are the potential consequences of a biomaterial degrading after implantation of a  
26 prosthetic device?

1 Cooke F.W., Lemons J. E. & Ratner B.D., "Properties of Materials". I: *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*, Ratner, B.D., Hoffman, A.S., Schoen, F.J. & Lemons, J.E., (red.). Academic Press. New York. (1996), s. 11-35.

4

5 Peppas, N.A., & Langer, R. "New Challenges in Biomaterials". *Science*: 263 (1994), s. 1715-1720.

7

8 Ratner, B.D. "New ideas in biomaterials science—a path to engineered biomaterials." *Journal of Biomedical Materials Research*: 27 (1993), s. 837-850.

10

## 11 **1.9 Instuderingsfrågor**

12 1. Definiera termen 'biomaterial'.

13

14 2. Definiera termen 'metall'. Ge ett exempel på en metall och beskriv dess användning i biomedicinska proteser.

16

17 3. Definiera termen 'keram'. Ge ett exempel på en keram och beskriv dess användning i biomedicinska proteser.

19

20 4. Definiera termen 'polymer'. Ge ett exempel på en polymer och beskriv dess användning i biomedicinska proteser.

22

23 5. Varför förändrar bearbetningsmetoden ett materials egenskaper?

24

25 6. Vad är de potentiella följderna av att ett biomaterial bryts ned efter implantation av en protes?

26

1 **1.10 Study questions**

2 1. You are the biomedical engineer in charge of a project to design a novel material for  
3 bone replacement.

4 (a) What synthetic material(s) will you choose for this application? Justify your choice(s).

5 (b) What criteria should the new material satisfy?

6 (c) What are the advantages of the new material?

7 (d) What are the disadvantages of the new material?

8

9 2. Repeat Study Question #1, but now consider the design of a novel material for re-  
10 placement of diseased blood-vessel wall tissue (vascular grafts).

11

12 3. What are the advantages and disadvantages of using bioactive and biodegradable  
13 ceramics in bone replacement?

14

15 4. Discuss how biomaterials in the next century may differ from those presently used for  
16 biomedical applications.

## 1 1.10 Fördjupningsfrågor

2 1. Du är en biomedicinsk ingenjör som ska konstruera ett nytt material för benimplantat.

3 (a) Vilket/vilka syntetiskt/a material väljer du för implantatet? Motivera ditt/dina val.

4 (b) Vilka kriterier bör det nya materialet uppfylla?

5 (c) Vilka är fördelarna med materialet?

6 (d) Vilka är nackdelarna med materialet?

7

8 2. Gå tillbaka till fråga 1, men nu ska det nya materialet konstrueras för ett implantat som  
9 ska ersätta en angripen vävnadsvägg i ett blodkärl.

10

11 3. Vilka är för- och nackdelarna med att använda bioaktiva och biodegraderbara keramer  
12 i benimplantat?

13

14 4. Diskutera hur biomaterial i nästa århundrade skiljer/kan skilja sig åt från dem som  
15 används i dagens biomedicinska implantat.



## Bilaga II: Termlista

Denna termlista tar upp de flesta av termerna som förekommer i källtexten. I översättningen har vissa omformuleringar gjorts, därför motsvarar översättningen inte alltid det som står i denna termlista.

I de flesta fall och i så stor utsträckning som det har varit möjligt har ordböcker, både allmänna och specialiserade, och tryckta referenstexter använts. I dessa fall framgår källan efter översättningen inom parentes. Mer information om källorna kan hittas i källförteckningen. När elektroniska dokument har använts framgår källan av fotnoter.

Förklaringar till källorna:

Alvear	Alvear. 1997. <i>Plast och gummilexikon</i>
Cressy	Cressy. 2005. <i>Medicinsk och farmaceutisk ordbok</i>
Dahl	Dahlberg. 2001. <i>Teknisk hållfasthetslära</i>
Eng	Engström. 1997. <i>Engelsk-svensk teknisk ordbok</i>
Jacobson	Jacobson. 1995. <i>Medicin och teknik</i>
MeSH	Svensk MeSH, <a href="http://mesh.kib.ki.se/swemesh/swemesh_se.cfm">http://mesh.kib.ki.se/swemesh/swemesh_se.cfm</a>
MO	Lundh & Malmquist. 2005. <i>Medicinska ord</i>
MT	Lindskog. 2004. <i>Medicinsk terminologi</i>
NE	<i>Nationalencyklopedin</i> , <a href="http://www.ne.se">www.ne.se</a>
NM	Collin. 1998. <i>Norstedts Medicine</i>
NSEO	<i>Norstedts stora engelska ordbok</i> . 2000
Prisma	<i>Prismas stora ordbok</i> . 1999
Sta	Stahre. 1999. <i>Industri teknisk ordbok</i>
Ullman	Ullman. 2003. <i>Materiallära</i>

$\sigma_{end}$	$\sigma_D$ (förr $\sigma_u$ ) (Dahl)
$\sigma_{UCS}$	$f^1$
$\sigma_{UTS}$	$R_m$ (förr $\sigma_B$ ) (Dahl) – ultimate tensile strength (Eng)
$\sigma_y$	$R_e$ (förr $\sigma_s$ ) (Dahl)
mer	mer (Eng)

<sup>1</sup> *Egenskapsredovisning för XL-betong*. 1991. Göteborg: Concrete Development DELCON AB ([http://web.delcon.se/dwn/pdf/X\\_swe.pdf](http://web.delcon.se/dwn/pdf/X_swe.pdf))

additive	tillsatsmedel (Eng)
adhesive	lim (MeSH)
alloy	legering (NSEO, Eng)
alumina	aluminiumoxid (Eng, NE)
ASTM	American Society for Testing Materials (Eng)
atomic bonding	[~ bond] atombindning (Eng)
backbone	huvudkedja (Klason)
bearing surface	ledyta <sup>2</sup>
bioactive	bioaktiv (Cressy)
bioactive glass	bioaktivt glas <sup>3</sup>
biocompatibility	biokompatibilitet (Cressy)
biodegradable	biodegraderbar (Eng)
biofunctionality	biofunktionalitet <sup>4</sup>
bioglass	bioglas (NE)
bioinert	bioinert <sup>5</sup>
bioinspired	biologiskt inspirerad <sup>6</sup>
biomaterial	biomaterial (MO)
biomedical application	biomedicinsk tillämpning (MeSH)
blood substitute	blodersättningsmedel (MeSH)
bone cement	bencement (Cressy, MeSH)
bone resorption	benresorption; bennedbrytning (Cressy, MeSH)
brittle	spröd (Eng)
brittleness	sprödhet (Eng)
calcium phosphate	kalciumfosfat (NSEO, Cressy)
cardiovascular	kardiovaskulär (Cressy)
cardiovascular implant	kardiovaskulärt implantat <sup>7</sup>

<sup>2</sup> Palm, Helena. Mejlkontakt 2007-05-14. Terminologikum/Svenska Läkaresällskapets Språkkommitté

<sup>3</sup> Axelsson, Susanna, Ekman, Agneta, Klinge, Björn, Larsson, Gerry, Norlund, Anders, Paulsson, Gun, Svensson, Åsa, Rohlin, Madeleine, Svensäter, Gunnel, Thorstensson, Helene & Wennström, Jan. 2004. *Kronisk parodontit - prevention, diagnostik och behandling*. SBU-rapport nr 169. Stockholm: SBU ([http://www.sbu.se/Filer/Content0/Publikationer/1/Kronisk\\_parodontit/Kapitel\\_9.pdf](http://www.sbu.se/Filer/Content0/Publikationer/1/Kronisk_parodontit/Kapitel_9.pdf))

<sup>4</sup> *Teknisk fysik – Kemisk fysik*. (<http://www.fy.chalmers.se/kemfys/>) 2007-03-22

<sup>5</sup> *Martinsson Meditec* (<http://www.martinssonmeditec.se/implantat.htm>) 2007-05-02

<sup>6</sup> *Örebro universitet* ([http://www.swedgrad.se/templates/oruExtNormal\\_30970.aspx](http://www.swedgrad.se/templates/oruExtNormal_30970.aspx)) 2007-05-03

<sup>7</sup> Falk, Mikael. 2005. "Nanoteknik gör supermaterial av pappersmassa" s. 2 i *Tidningen SkogsVärden* nr 1 2005. ([http://www.skogssallskapet.se/skogsvarden/2005\\_1/sv06.php](http://www.skogssallskapet.se/skogsvarden/2005_1/sv06.php)) 2007-04-09

catalyst	katalysator (Eng)
chain scission	kedjeklyvning (Eng)
chemical compound	kemisk förening (Eng)
chemical formula	kemisk formel (Eng)
chemically reactive	reaktiv (Sta, Eng)
chromium	krom (Eng, Sta)
coating	ytbeläggning (Eng), dragering (Cressy)
cobalt	kobolt (Eng, Sta)
coefficient of friction	friktionskoefficient (Eng)
cold-working	kallbearbetning (Sta)
compressive strength	tryckhållfasthet (Eng, MeSH, Alvear)
constituent atom	stabil atom <sup>8</sup>
constituent ion	stabil jon <sup>9</sup>
controlled delivery of pharmaceutical	kontrollerad läkemedelsadministrering <sup>10</sup>
copolymer	sampolymer (NSEO, Ullman, Alvear)
corrosion product	korrosionsprodukt (Eng)
corrosion resistance	korrosionshårdighet (Eng, Alvear)
cortical bone	kortikalt ben <sup>11</sup>
covalent bond	kovalent bindning (Eng)
crack propagation	sprickutbredning <sup>12</sup>
crevice corrosion	spaltkorrosion (Eng, Ullman)
cross-linked	tvärbunden (Ullman, Alvear)
cross-linking	tvärbindning (Eng, Klason, Alvear)
crystalline pattern	kristallint mönster <sup>13</sup>

<sup>8</sup> Nordin, Ann-Kristine. "God energihushållning ställer krav på lösfyllnadsisolering." *Chalmers Nyheter*. Pressmeddelande 2001-11-10 (<http://chalmersnyheter.chalmers.se/Article.jsp?article=300>) 2007-04-02

<sup>9</sup> Danared Håkan, Rubensson Jan-Erik & Tegnér Per-Erik. "FAIR och XFEL – Två nya europeiska acceleratoranläggningar" s.6 i *Fysikaktuellt*. Nr 2 2006. ([http://sfs.msi.se/Fysikaktuellt/2006\\_2.pdf](http://sfs.msi.se/Fysikaktuellt/2006_2.pdf)) 2007-04-02

<sup>10</sup> Kihlberg Britt-Marie & Norlander Lena. *Biotekniken – ett expansivt forskningsområde med intressanta applikationer för totalförsvaret*. Umeå: Totalförsvarets forskningsinstitut 2003 (<http://www2.foi.se/rapp/foir0842.pdf>)

<sup>11</sup> Smärtfri.se (<http://www.smartfri.se/info/rygg/ordlista-over-rygggradstermer/>) 2007-04-09

<sup>12</sup> Hogdal, Jon. "Skraddarsydda ytbeläggningar med förbättrad produktionsteknik" Uppsala universitet, pressmeddelande 199-03-06 (<http://info.uu.se/press.nsf/pm/skraddarsydda.ytbelaggnings.id71.html>)

<sup>13</sup> "Gör en enkel elektrofores med grön karamellfärg" *Kemilärarnas Resurscentrum Informationsbrev 34*. Stockholms universitet. Maj 2005. s. 18. ([http://www.krc.su.se/web/infobrev/filer/34\\_GyKomGr.doc](http://www.krc.su.se/web/infobrev/filer/34_GyKomGr.doc)) 2007-04-02

crystalline structure	kristallstruktur (Eng)
deformation	deformation (Eng, Sta)
delamination	delaminering (Eng)
delocalized electron	delokaliserad elektron <sup>14</sup>
dental restorative	tandlagning (MeSH)
diagnostic aid	diagnostiskt hjälpmedel <sup>15</sup>
dialyzer	dialysapparat (Cressy)
dimensional stability	dimensionsstabilitet (Eng)
disentanglement	upplösning av intrassling <sup>16</sup>
dissolved gas	löst gas (Eng)
drug delivery system	administreringssystem för läkemedel <sup>10</sup>
drug release	läkemedelsfrisättning <sup>10</sup>
ductile	duktil (Sta)
dynamic loading condition	dynamisk belastning (Cressy)
elastic modulus	elasticitetsmodul (Eng)
electrical conductivity	elektrisk ledningsförmåga (Sta)
electrical conductor	strömledare (Eng)
electrical insulator	elektrisk isolator (Eng)
electrolyte	elektrolyt (Cressy, MT, MO, Eng)
elongation	töjning (Eng)
energy state	energitillstånd (Eng)
engineered functional tissue	funktionsduglig odlad vävnad <sup>17</sup>
engineered tissue	odlad vävnad <sup>18</sup>
entanglement	intrassling (Ullman)

<sup>10</sup> Kihlberg Britt-Marie & Norlander Lena. *Biotekniken – ett expansivt forskningsområde med intressanta applikationer för totalförsvaret*. Umeå: Totalförsvarets forskningsinstitut 2003  
(<http://www2.foi.se/rapp/foir0842.pdf>)

<sup>14</sup> ”Nytt försök om försvinnande blått” *Kemilärarnas Resurscentrum Informationsbrev* 32. Stockholms universitet. Oktober 2004. s. 29 ([http://www.krc.su.se/web/infobrev/filer/32\\_GyKomGr.pdf](http://www.krc.su.se/web/infobrev/filer/32_GyKomGr.pdf)) 2007-04-02

<sup>15</sup> *Socialstyrelsens riktlinjer för hjärtsjukvård 2004. Det medicinska faktadokumentet*. 2004. Stockholm  
(<http://www.socialstyrelsen.se/NR/rdonlyres/27B72168-0A0D-42ED-A41F-DBBFA56126CD/2563/20041022.pdf>)

<sup>16</sup> Hjertberg, Thomas. Mejlkontakt 2007-05-02. Professor i polymerteknologi, Chalmers Tekniska högskola

<sup>17</sup> Anneli Waara. ”Konferens: Vävnadsgenerering - en revolution på det medicinska området” Uppsala universitet. Pressmeddelande 2003-10-20  
(<http://info.uu.se/press.nsf/pm/konferens:vavnadsgenerering.id3F.html>)

<sup>18</sup> Hansson Jens. Abstrakt: *Notch-signalering i prostatas progenitorceller*. Riksstämman 2006. 2006-11-29.  
([http://abstrakt.sls.se/temp/abstract\\_3918.doc](http://abstrakt.sls.se/temp/abstract_3918.doc))

ethylene oxide	etylenoxid (Eng)
extracorporeal device	extrakorporeal utrustning <sup>19</sup>
extracorporeal oxygenator	oxygenator (Cressy)
fabrication technology	tillverkningsteknologi <sup>20</sup>
fail	ge efter (Eng)
failure	brott (Eng)
fatigue endurance	utmattningshållbarhet (Eng, NSEO)
fatigue limit	utmattningsgräns (Eng)
fatigue strength	utmattningshållfasthet (Eng)
fibrous capsule	fibrös kapsel (Cressy)
filler	fyllning (Cressy)
flexible polymer	flexibel polymer <sup>21</sup>
forging	smidning (Ullman)
fracture fixation	frakturfixering (MeSH)
fracture fixation wire	(bone wire) frakturtråd (Cressy, MeSH)
free energy	fri energi (Cressy)
gamma radiation	gammastrålning (NSEO, Eng, Cressy)
GPa	GigaPascal (NSEO)
heart valve	hjärtklaff (NSEO)
homeostasis	homeostas (Cressy)
host reaction	värdreaktion, hostreaktioner (MeSH)
hybrid organs	bioartificiellt organ <sup>22</sup>
hydrogen bond	vätebindning (NSEO)
hydrolysis	hydrolys (Eng, Cressy)
hydrolytic breakdown	hydrolytisk nedbrytning <sup>23</sup>
hydroxyapatite	hydroxyapatit (Cressy)
immunologic	immunologisk (MeSH)
implant failure	implantatförlust <sup>24</sup>

<sup>19</sup> Palm, Helena. Mejlkontakt 2007-04-27. Terminologicentrum/Svenska Läkaresällskapets Språkkommitté

<sup>20</sup> Nettelblad, Folke. "Komponentutveckling för framtiden" Uppsala universitet Pressmeddelande 1996-09-27 ([http://info.uu.se/press.nsf/pm/komponentutveckling\\_for\\_id64.html](http://info.uu.se/press.nsf/pm/komponentutveckling_for_id64.html))

<sup>21</sup> "Bakterie spinner kirurgtråd" I: *Ny teknik* publ. 070404 (<http://www.nyteknik.se/art/49946>)

<sup>22</sup> Andersson Birgit. "Kroppsdelarna som kan odlas" I: *Ny Teknik* 1999-06-12. (<http://www.nyteknik.se/art/5867>)

<sup>23</sup> Hedlund, Britta. 1999. *Flamskyddsmedel – Faktalista*. Stockholm: Naturvårdsverket ([http://192.36.189.41/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/Miljoovervakning/rapporter/miljogift/faktalista.pdf](http://192.36.189.41/upload/02_tillstandet_i_miljon/Miljoovervakning/rapporter/miljogift/faktalista.pdf))

impurity	orenhet (NSEO, Eng)
in vitro	in vitro, i en experimentsituation (MO)
in vivo	in vivo, i den levande kroppen (MT)
inert	inert (NSEO)
inhibitor	inhibitor (Eng)
interaction	växelverkan (NSEO, Eng) interaktion (NSEO)
interface	kontaktyta (Eng)
intraocular lens	intraokulär lins (Cressy)
ionic bond	jonbindning (Ullman)
lactic acid	mjölksyra (Eng)
light transmission	ljusgenomsläpplighet (Eng)
load-bearing implant	kraftupptagande implantat <sup>25</sup>
local	lokal (Norstedts Medicine, Cressy)
localized	lokal (Cressy)
low-molecular-weight	lågmolesylär (Eng)
macromolecule length	makromolekyllängd <sup>26</sup>
macromolecule	makromolekyl (Eng, Alvear)
material surface treatment	ytbehandling (Eng)
mechanical force	mekanisk kraft (Eng)
mechanical load	mekanisk belastning (NSEO, Eng)
mechanical processing	mekanisk bearbetning (Eng, NSEO)
medical device	medicinteknisk produkt (MO)
metallic bonding	metallisk bindning (Ullman)
middle ear implants	mellanöreimplantat <sup>27</sup>
molecular weight	molekylvikt (Eng, Cressy, Alvear)
molybdenum	molybden (Eng, Sta)
monomer	monomer (Eng)

<sup>24</sup> Abrahamson, Peter, Becktor, Jonas P, Isaksson, Sten & Blomqvist, John Eric. ”Motbitningens inverkan på implantatöverlevnad i överkäken” I: *Tandläkartidningen* nr 11 2003.  
([http://www.tandlakartidningen.se/files/science/Abrahamsson\\_11\\_2003.pdf](http://www.tandlakartidningen.se/files/science/Abrahamsson_11_2003.pdf))

<sup>25</sup> *Behandlingsmetoder*. Göteborg: Nobel Biocare AB 2005  
([http://www.narkoskliniken.se/pdf/PatientBroch\\_14881\\_SE.pdf](http://www.narkoskliniken.se/pdf/PatientBroch_14881_SE.pdf)) 2007-03-22

<sup>26</sup> ”Gnissel och kurvskrik: -Har spårtrafikbranschen kapitulerat?” I: *Lätta spår* nr 2 2005. Linköping: VTI

<sup>27</sup> Enheten för öron-, näs och halssjukdomar, Institutionen för kliniska vetenskaper, Malmö.  
(<http://www.oron.mas.lu.se/utbildning/otology/BAHA3.html>) 2007-04-09

MPa	MegaPascal (NE)
nanophase	nanokomposit <sup>28</sup>
nasal septal bone	nässkiljevägg (MeSH)
near neighbor atom	näraliggande grannatom (Ullman)
nylon	nylon (Eng)
osseointegrate	osseointegrera (Cressy)
osteoclast	osteoklast (Norstedts Medicine, Cressy, MeSH)
pacemaker lead	pacemakerkabel (Jacobson)
pitting	gropfrätning (Eng)
plasmapheresis	plasmaferes (Cressy)
plastic deformation	plastisk deformation (Eng, Sta, Alvear)
plasticity	plasticitet (Eng)
plasticizer	mjukningsmedel (Eng)
polytetrafluoroethylene	polytetrafluoreten (Ullman, Klason, Alvear)
polyethylene terephthalate	polyetylentereftalat (Ullman, Klason)
polyglycolic acid	polyglykolsyra <sup>29</sup>
polylactic acid	polymjölksyra <sup>30</sup>
polylactide-co-glycolide	polylaktid-co-glykolid <sup>31</sup>
polymethyl methacrylate	polymetylmetakrylat (Ullman)
polyvinyl chloride	polyvinylklorid (Eng, Klason)
polyethylene	polyeten (Ullman, Alvear, Klason)
polymerize	polymerisera (Eng)
polypropylene	polypropen (NSEO, Ullman, Alvear)
proactive biomaterial	skraddarsytt biomaterial <sup>16</sup>
pyrolytic carbon	pyrolytiskt kol <sup>32</sup>
radiopacity	strålsäkerhet (NSEO)

<sup>16</sup> Hjertberg, Thomas. Mejlkontakt 2007-05-02. Professor i polymerteknologi, Chalmers Tekniska högskola

<sup>28</sup> Palm, Helena. Mejlkontakt 2007-04-27. Terminologikum/Svenska Läkaresällskapets Språkkommitté

<sup>29</sup> Westermark, Anders. 1999 "Resorberbar osteosyntes (Lactosorb®) vid sagittal ramusosteotomi" i *Tandläkartidningen* nr 6 1999 ([http://www.tandlakartidningen.se/files/science/Westermark\\_6\\_1999.pdf](http://www.tandlakartidningen.se/files/science/Westermark_6_1999.pdf))

<sup>30</sup> Karlöf, Stefan. 1998. "Framtidens plast av potatis?" i *Plast i fokus* nr 2 september 1998.

([http://www.plastinformation.com/Informationsmaterial/plastifokus/pif2\\_98.pdf](http://www.plastinformation.com/Informationsmaterial/plastifokus/pif2_98.pdf)) 2007-04-09

<sup>31</sup> Fass.se. ([http://www.fass.se/LIF/produktfakta/artikel\\_produktsjp?SpecID=115069&DocTypeID=3](http://www.fass.se/LIF/produktfakta/artikel_produktsjp?SpecID=115069&DocTypeID=3)) 2007-04-09

<sup>32</sup> Sokolowski, Evelyn. 1999. "HTGR – den gaskylda högtemperaturreaktor" i *Kärnkraftsfakta* nr 24, oktober 1999 (<http://www.analys.se/lankar/Fakta/fakta24.pdf>)

reactive	reaktiv (Eng, Cressy)
relative movement	inbördes rörelse (Eng)
repeating unit	repetrande enhet (Ullman)
resorb	uppsuga (Prisma)
rigidity	styvhet (Eng, Klason)
rolling	valsning (Ullman)
saline	saltlösning (NSEO, Cressy)
scaffolding material	substrat <sup>33</sup>
secondary bond	sekundär bindning (Ullman)
shear strength	skjuvhållfasthet (Eng)
side group	sidogrupp (Ullman, Klason)
silicone rubber	silikongummi (Eng, Alvear)
sinter	sintra (Eng)
smart delivery systems for drug	intelligenta administreringssystem för läkemedel <sup>10</sup>
soft tissues	mjukdelar (Cressy)
steam autoclave	ångautoklav (Eng)
stiffness	styvhet (Eng, Klason)
strength	hållfasthet (Eng)
surface atom	ytatom <sup>34</sup>
suture	sutur (MeSH)
synthesis	syntes (kemi) (Eng)
systemic	systemisk (Norstedts Medicine, Cressy)
tensile property	hållfasthetsegenskap (Eng)
tensile strength	draghållfasthet, brottgräns (Eng)
thermal conductivity	värmeledningsförmåga (Eng)
thermal conductor	värmeledare (Eng)
thermal insulator	värmeisolator (Eng)
thermal processing	värmebearbetning (Eng, NSEO)

<sup>10</sup> Kihlberg Britt-Marie & Norlander Lena. *Biotekniken – ett expansivt forskningsområde med intressanta applikationer för totalförsvaret*. Umeå: Totalförsvarets forskningsinstitut 2003  
(<http://www2.foi.se/rapp/foir0842.pdf>)

<sup>33</sup> Waara, Anneli. ”Lovande nytt biomaterial för benproteser” Uppsala universitet, pressmeddelande 2004-09-09  
([http://info.uu.se/press.nsf/pm/lovandenytt\\_id0D.html](http://info.uu.se/press.nsf/pm/lovandenytt_id0D.html))

<sup>34</sup> ”Vatten på ytor”. s. 4-5 i *Provning & forskning* nr 3 1996. Borås: Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut  
(<http://sp.se/sv/general/publ/pof/pof-96-3.pdf>) 2007-04-05



tissue culture	vävnadsodling (MT, MO, Cressy)
tissue engineering	vävnadsteknik (MeSH), vävnadsgenerering <sup>17</sup>
titanium oxide	titanoxid (Eng)
tricalcium phosphate	trikalciumfosfat <sup>35</sup>
ultra-high-molecular-weight polyethylene	ultrahög molekylär polyeten <sup>36</sup>
van der Waals bond	van der Waalsbindning (Ullman, Klason)
vascular graft	kärlgraft <sup>37</sup>
vascular stent	stent (Cressy)
wear rate	slitagehastighet <sup>38</sup>
wear resistance	slitstyrka (Eng)
virally and nonvirally mediated delivery agent	virala och icke-virala vektorer <sup>39</sup>
yield strength	sträckgräns (Eng)
Young's modulus	elasticitetsmodul (Eng)
zirconia	zirkoniumoxid (NE)

<sup>17</sup> Anneli Waara. "Konferens: Vävnadsgenerering - en revolution på det medicinska området" Uppsala universitet. Pressmeddelande 2003-10-20

([http://info.uu.se/press.nsf/pm/konferens.vavnadsgenerering\\_id3F.html](http://info.uu.se/press.nsf/pm/konferens.vavnadsgenerering_id3F.html))

<sup>35</sup> Fried, Kaj & Wendel, Mikael. 2003. "Stamceller – Nya möjligheter för odontologin" s. 2-7 i *Tandläkartidningen* nr 7 2003. (<http://www.cob.ki.se/publications/popular/TLT-03-7.pdf>)

<sup>36</sup> Dahlqvist, Hans. "Valla ger sämre glid" i *Ny Teknik* publicerad 060301 (<http://www.nyteknik.se/art/44888>) 2007-04-09

<sup>37</sup> Gottsäter, Anders & Wahlberg Eric. 2007. "Viktigt behandla riskfaktorer vid kritisk extremitetsischemi" I: *Läkartidningen* nr 11 2007 s. 860-864

<sup>38</sup> Karlstads universitet. (<http://www.ingvet.kau.se/mtrl/fknpbslitagebsagt2.html>) 2007-04-09

<sup>39</sup> Hultström, Anna Linda. 2000. "Genterapi med virus som vektorer" s. 26-28 i *Medikament* nr 4 2000 (<http://www.mtc.ki.se/groups/wahren/medikament1.pdf>)