

Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala

Lekić, Margareta

Doctoral thesis / Disertacija

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Academy of Fine Arts / Sveučilište u Zagrebu, Akademija likovnih umjetnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:215:541979>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Academy of Fine Arts in Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

Akademija likovnih umjetnosti

Margareta Lekić

**REDEFINICIJA SKULPTURE UPOTREBOM SUVREMENIH
MATERIJALA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

red.prof.art. Damir Mataušić

doc.dr.sc. Margareta Turkalj Podmanicki

Zagreb, 2019.



University of Zagreb

The Academy of Fine Arts

Margareta Lekić

**REDEFINING SCULPTURE BY USING CONTEMPORARY
MATERIALS**

Dr.Art. Thesis

Supervisors:

Full professor, Damir Mataušić

Assistant professor, Margareta Turkalj Podmanicki, PhD

Zagreb, 2019.

Životopisi mentora

Red. prof. art. Damir Mataušić rođen je u Zagrebu 1954. godine. Diplomirao je na kiparskom odsjeku Akademije likovnih umjetnosti u Zagrebu 1979. godine u klasi prof. Želimira Janeša. Danas njegov opus čini preko 650 uglavnom dvostrano kovanih medalja i malih plastika. Autor je više od 150 medalja kovanih u zlatu i srebru, 38 optjecajna i jubilara apoena Republike Hrvatske, 15 € za Republiku Irsku, desetak godišnjih nagrada u kulturi, znanosti, sportu i javnom životu te 7 dekanskih i gradonačelničkih lanaca. U javnom prostoru autor je obilježja Papi Ivanu Pavlu II. u Omišlju, Oltara, Oltarnog križa i Križnog puta u crkvi Sv. Augustina Kažotića u Zagrebu te skulpture-makete „Zagreb pozdravlja“ i skulpture „Bumbina livada“ na Bundeku u Zagrebu. Priredio je dvadeset tri samostalne izložbe (Klovićevi dvori, Dolenjski muzej...) te sudjelovao na više od devedeset skupnih izložbi, između ostalih na FIDEM-u (Internacionalne izložbe medalja), u Parizu, Londonu, Budimpešti, Neuchatelu, Den Haagu, Lisabonu, Colorado Springsu, Glasgowu, Gentu te na izložbama skulptura u Austriji, Njemačkoj, Slovačkoj, Švicarskoj, Italiji, Mađarskoj i Sjedinjenim Američkim Državama. Dobitnik je nagrada na natjecanjima u Austriji 2000. godine i Japanu 2001. godine. Specijalizirao se izvodeći projekte u državnim kovnicama u Beču, Cardiffu i Budimpešti. O radu Damira Mataušića izdane su tri monografije, 1993., 1999. i 2010. godine. Kao redovni profesor predaje na Akademiji likovnih umjetnosti u Zagrebu na Kiparskom odsjeku - Usmjerenje mala plastika i medaljerstvo (preddiplomski, diplomski i poslijediplomski specijalistički i doktorski studij).

doc.dr.sc. Margareta Turkalj Podmanicki

Matični broj istraživača: 323666.

Na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirala je povijest umjetnosti i arheologiju (2005.) te stekla akademski stupanj doktorice znanosti iz znanstvenog polja povijesti umjetnosti (2015.).

Po završetku diplomskog studija radi kao kustos i voditeljica izložbeno-galerijske djelatnosti u Galeriji Kazamat u Osijeku gdje je između 2005. i 2007. godine organizirala brojne izložbe i događanja. Istovremeno radi u Hrvatskom restauratorskom zavodu, Restauratorski odjel Osijek, na povijesno-umjetničkim i konzervatorsko-restauratorskim istraživanjima.

Od 2007. godine asistentica je na Odsjeku za likovnu umjetnost Umjetničke akademije (kasnije preimenovan u Odsjek za vizualne i medijske umjetnosti Akademije za umjetnost i kulturu) u Osijeku, od 2009. u zvanju predavača, a od 2015. godine u znanstveno-nastavnom zvanju docentice. Znanstveno se usavršavala na terenskim i arhivskim istraživanjima u inozemstvu (Austrija, Mađarska) te na Universidad Rey Juan Carlos, Madrid u okviru COST STSM (Short Time Scientific Mission) 2016. godine i Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für kunst- und musikhistorische Forschungen (IKM) u Beču 2017. godine u okviru Erasmus+ mobilnosti. Na obje institucije održala je pozvana predavanja.

Na Akademiji za umjetnost i kulturu u Osijeku drži nastavu na preddiplomskom studiju i na specijalističkom poslijediplomskom studiju. Kao vanjska suradnica od akademske godine 2016./2017. godine drži nastavu na preddiplomskom studiju Arhitekture i urbanizma Građevinskog i arhitektonskog fakulteta Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijek. Osim toga, predaje i na programima cjeloživotnog obrazovanja Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

Na Akademiji za umjetnost i kulturu osim nastave izvršavala je brojne funkcije među kojima je predstavnica Akademije u DARIAH – EU konzorciju u Hrvatskoj (Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities), predsjednica Etičkog povjerenstva, članica Povjerenstva za izdavačku djelatnost, članica Povjerenstva za znanstvenu, umjetničku i stručnu djelatnost te od 2014. godine članica Uredništva i Uredničkog vijeća mrežnog časopisa za umjetnost i kulturu Artos, 2016.-2018. predsjednica je povjerenstva za Erasmus+ program. Godine 2016. bila je predsjednica Organizacijskog odbora Dani Julija Knifera, (Umjetnička

akademija, Osijek) te članica Organizacijskog odbora Osječkog ljeta kulture (Grad Osijek, Hrvatska). Kao članica stručnog povjerenstva sudjelovala je u izradi odobrenih studijskih programa preddiplomskog studija Povijesti umjetnosti na Filozofskom fakultetu u Osijeku i diplomskog studija Ilustracije na Akademiji za umjetnost i kulturu. Suradivala je i na izradi Strategije kulturnog razvoja grada Osijeka 2013.-2020. Od 2014. do 2018. godine članica je Kulturnog vijeća grada Osijeka. Od 2015. do 2019. godine članica je radne skupine COST Akcije (European cooperation in science and technology) TD1406 – Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings, i koordinatorica teme „Augmented Reality and 3D Reconstructions“ (zajedno s prof. Jose Eloy Hortal Munoz, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid). 2017.-2018. voditeljica je Internog sveučilišnog projekta „Palača Slavonske generalkomande u osječkoj Tvrđi – kontekst i valorizacija unutar hrvatske i srednjoeuropske barokne arhitekture“. Suradnica je na projektu HRZZ: Eugen Savojski (1663.–1736.) i gradovi-utvrde jugoistočne granice Habsburške Monarhije, 2018.-2022.

Znanstveni i stručni rad

- CROSBİ: <https://bib.irb.hr/lista-radova?autor=323666>
- ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Margareta_Turkalj_Podmanicki

SAŽETAK

U doktorskom istraživanju *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* kroz teorijsko istraživanje pojašnjen je povijesni slijed, djelovanje materijala na skulpturu i posljedično mijenjanje značenja skulpture. Shvaćeni su čimbenici malih promjena u zapadnoj skulpturi, od renesanse do 20. stoljeća te se razumije da je skulptura prije 20. stoljeća uvelike bila dio arhitekture, da se predstavlja u vidu totema, spomenika, da je definirana akademizmom i zanatom, ali u 20. stoljeću skulptura se autonomizira jer skulptura proizlazi iz rekonstrukcije društva nakon industrijske revolucije poletom materijala i tehnologije te tako dobiva kompleksniju funkciju, a kipari se počinju susretati s pitanjima mjesta, forme, konstrukcije i materijala.

Iz navedenoga, umjetničko istraživanje *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* kreće od istraživačkih pitanja koji su to ključni momenti u povijesti u kojima je materijal utjecao na razvoj skulpture ili promjenu njene definicije, koji se novi materijali koriste od sredine 20. stoljeća do danas i koja su njihova obilježja koja omogućavaju njihovu upotrebu u skulpturi. U ovom se radu također istražuje i koji materijali imaju potencijal korištenja u budućnosti i kako se skulptura redefinirala upotrebom suvremenih materijala te kako materijal može inovirati skulpturu. Polazeći od priloženih istraživačkih pitanja, cilj je ovoga umjetničkog istraživanja razumjeti na koji način primjena suvremenih materijala redefinira pojam skulpture i širi likovne izraze kroz prošlost umjetnosti, kroz vrste i svojstva tehničkih materijala, kroz primjere hrvatskih i inozemnih umjetnica i umjetnika te kroz vlastiti umjetnički rad kao prikaz upotrebe suvremenih materijala i eksperimenta. U korelaciji istraživačkih pitanja i cilja istraživanja ustanovljena je hipoteza istraživanja da upotreba suvremenih materijala i tehnologije mijenja definiciju skulpture i otvara nove mogućnosti likovnog izražavanja što je osobito istraženo kroz vlastiti umjetnički rad autorice Margarete Lekić. Prikazanom serijom skulptura *Gumeni beton* autorica istražuje umjetnički eksperiment i novi kiparski materijal.

Ključne riječi: redefinicija, materijal, umjetnost, kiparstvo

SUMMARY

In the doctoral research *Redefinition of Sculpture using contemporary materials*, historical moments in which material influenced the change in the definition of sculpture were clarified through theoretical research, materials used since the mid-20th century and materials that have the potential to be used in sculpture. Factors of small changes are understood in the western sculpture, from the Renaissance to the 20th century, and it is clear that before the 20th century, sculpture was largely part of the architecture, it was represented in the form of totems, monuments and defined by academism and craftsmen. However, in the 20th century, sculpture is independent because it arises from the reconstruction of society after the industrial revolution, the prosperity of materials and technology, therefore it acquires a more complex definition, and the sculptors begin to encounter issues of place, form, construction and materials. From the aforementioned, artistic research *Redefinition of sculpture using contemporary materials* begins with the research questions: what are the key moments in history in which material influenced the development of sculpture or the change in its definition, which new materials have been used since the mid-20th century until the present and what are the characteristics that enable their use in sculpture, or which materials have the potential to be used in the future, in what way has sculpture been redefined using modern materials and how can material innovate sculpture? Starting from the indicated research questions, the aim of this artistic research is, through the art history, the types and characteristics of technical materials, through examples of Croatian and foreign artists and through author's own artwork, as an overview of the use of modern materials and experiments, to understand how the application of modern materials redefines the concept of sculpture and expands artistic expressions. In the correlation between research questions and the research goal, a hypothesis that the use of modern materials and technology changes the definition of sculpture and opens up new possibilities of artistic expression was established. Primarily explored, in this doctoral research, is the artwork of Margareta Lekić. It is presented with *Rubber Concrete* series of sculptures, in which the author explores the art experiment and new sculpture material.

Key words: redefinition, material, art, sculpture

EXPANDED SUMMARY

1. ON RESEARCH PROJECT AND THE AREA OF RESEARCH ITSELF

1.1. Context of Research

A redefinition is a confirmed definition interpreted in a newly discovered way. The word comes from the Latin *definitus*, and it can be translated as *precisely defined, described, clearly interpreted*. The prefix *re-* added to the word *definition* creates a word of an innovative meaning. In the title of the artistic research of the doctoral dissertation *Redefinition of Sculpture using contemporary materials*, the word redefinition refers to certain moments in history when the notion of sculpture changed and material had a great influence on the development of sculpture. Sculpture is defined in different ways because it is an art form that transforms itself, extends its concept and develops novelties in the form of art objects in use. The definition of sculpture as an artistic discipline is affected by a number of diverse periods in history and a group of principles. As a result, there are several definitions of sculptures, or rather redefinitions. On one hand, sculpture is clarified as a three-dimensional object made of traditional solid materials, on the other, it is a conceptual object, a set of objects or an installation made of an unpredictable number of materials. The finding of sculpture and materials used to create it, materials that influenced the development of sculpture, or the change in its definition, can be traced back to prehistoric times: from objects considered to have magical properties, utility objects and architecture through the Renaissance, when the sculpture is separated from architecture, through experiments in the avant-garde and minimalism to the 20th century where there is a step forward from the usual framework of the definition of sculpture, and the notion of sculpture is accepted as an autonomous art object.

1.2. Research Questions

The artistic research *Redefinition of sculpture using contemporary materials* begins with the following questions:

- What are the key moments in history in which material affected the development of sculpture or the change in its definition?

- Which new materials have been used since the mid-20th century to present and what are the characteristics that enable their use in sculpture, or which materials have the potential to be used in the future?

- In what way has sculpture been redefined using modern materials? / How can material innovate sculpture?

1.3. Objective

The objective of this artistic research is, through a historical overview, a review of technical materials, through examples of Croatian and foreign artists and through author's own artwork, as an overview of the use of modern materials and experiments, to indicate how the application of contemporary materials transforms interpretations of sculpture and broadens artistic expressions.

1.4. Hypotheses

In the relation between guiding questions and the research objective, the following research hypothesis has been formed: The use of modern materials and technology changes the definition of sculpture and opens up new possibilities of visual expression.

2. RESEARCH METHODOLOGY

The research was formed in six parts that are described in the following chapters: *Materials in sculpture – a historical overview*, *Materials in sculpture – a theoretical overview*, *Materials science and the development of technical materials*, *Types of materials and their properties*, *Research through own artistic work* and *Redefinition of sculpture using contemporary materials*.

The research is planned with a methodology that includes several scientific and artistic methods. The initial method is to put this problem in a theoretical context through the research of selected literature and other available sources, through the analysis of key parts in the history of sculpture that question the relationship and influence of sculpture materials, and through the analysis of sculpture theory and material theory literature (interdisciplinary approach). Furthermore, the analytical-experimental part examines whether new materials influence the

definition of sculpture, and, through experimental artistic research, through application and research in author's own work, through experimentation with materials and processes, discusses the obtained results and conclusions on the integration of theoretical insights in the field of materials art and science and author's experiences through artistic work.

2.1. First Research Chapter

The first part of the research, chapter *Materials in Sculpture – A Historical Overview*, includes a qualitative part of the research that starts from prehistoric sculpture and ends with contemporary sculpture. The chapter encompasses the understanding that the history of sculpture and the history of the used materials are closely related to the social and technical development of human society, and hence to the availability or discovery of material. There are a number of key moments in which material influenced the development of sculpture, such as the nomadic way of life during the palaeolithic, which led to smaller, portable sculptures made from collected materials. Over time, the static way of life allows the production of sculptures of larger dimensions and a greater choice of materials. Therefore, in the 19th century, where the Industrial Revolution is taking place along with new methods of production, new raw materials and processes, there is a different view towards design, materials and techniques. In the 20th century, new movements are expanding art, i.e. there is a revolution in art through experimental art groups which, by selecting a variety of materials, mark the progress and digression from the traditional approach to sculpture and from processing only one material. In the first decades of the 20th century there are rich changes from ready-made, surrealistic objects, futuristic visions, constructivist sculpture to sculpture as a problem of space design. Artists turn to new materials, procedures and solutions.

2.2. Second Research Chapter

In the second part of the study, the chapter *Materials in Sculpture - A Theoretical Overview*, theoretical considerations were clarified on what are the elements of sculpture and how material influences sculpture. It is explained that the change in the definition of sculpture occurs in the 20th century where, by using modern materials and technology, sculpture forms in such a way that three-dimensional mass, surface and certain types of materials and settings are no longer relevant to sculpture. It is described that the sorting, combining and use of industrial materials,

that have not been changed by artists, have defined new tendencies in sculpture. An insight is given into sculptor Carl Andre's work, an artist who redefined sculpture possibilities the most, by stripping sculpture to its most basic elements and redirecting it from the vertical to the horizontal plane, and then, while working with industrial materials, redefined the space, form, and pure matter of sculpture.

2.3. Third Research Chapter

The third part of the research, the chapter *Materials science and the development of technical materials*, scientifically studies materials science, a wide-spreading area identified as a specific field of science and engineering. It clarifies that materials science was formed by connecting physics and chemistry, and combining chemical engineering, construction, mechanical engineering and other similar engineering branches, and that materials science implicates changes in properties or that it is an innovative method of using already known materials, as well as the creation of completely new materials that did not yet exist. Furthermore, exponential growth of the number of materials, an increase in production, consumption and application of basic materials is explained. Also, it is understood that the concept of *new material* implies a significantly different composition, structure and properties, an innovative, new production and design process and new applications in relation to typical materials.

2.4. Fourth Research Chapter

The qualitative research methodology applied in the fourth part of the research, titled *Types of materials and their properties*, investigates and collects the existing knowledge about the basic classifications and properties of technical materials as art, or more precisely sculpture, wasn't empirically engaged in the classification of materials. Scientists divided materials into three basic groups: metals, non-metals and synthetic materials. The author believes that the classification of materials is essential in order to master the basic concept of materials, and accordingly selects materials that can be used in sculpture, such as various new composite materials, polymer materials, aerogels and others. The author trusts that the circle of possibilities for selection and use of modern materials is constantly and significantly expanding.

2.5. Fifth Research Chapter

The fifth part of the doctoral research, called *Research through own artistic work*, problematically builds on the previous sections through the analysis of author's own artistic practice using a method in which the subject of the research puts himself in the research context. This part of the research refers to the research of the author's own artwork which is being subjectively analysed. The author explores the use of modern technologies in her artistic practice and comments on the interrelation of people as social beings, their environment and consequently their relation to art. She analyses how her previous works of art, where she dealt with space issues, construction and deconstruction, direct and indirect interaction, and used different collected, natural, artificial and technologically advanced materials, helped her to gain knowledge of the importance of experiment and the influence of material used to create sculptures. The guiding thread that runs through all her work is the use of artificial materials and ready-made, industrially manufactured items that have no artistic origin, and the use of mechanical and electronic devices. Through the author's work so far, one can read the need for an experiment, a tendency towards the unexpected and surprising, and interaction with the audience. In the practical part of the doctoral dissertation research, the author decides to experiment while creating a completely new composite material, a flexible concrete called the *Rubber concrete*, which in the form of a square becomes an active part of sculptures of the same name. In the study of the practical artistic work *Rubber Concrete*, it is explained that the work is conceived with an interdisciplinary artistic-scientific method of experiment, which resulted in an innovative composite that possibly has new, yet undiscovered properties. The series of sculpture *Rubber concrete* retains its function within itself by using electromotors to demonstrate the functionality of contemporary material, the newly developed rubber concrete. The aim of the practical work of the dissertation was not to achieve something unique in terms of the new form or the use of metals, sensors and electromotors, but to create a work of art that confirms author's research and discovery of new material.

2.6. Sixth Research Chapter

The sixth chapter *Redefinition of sculpture using contemporary materials* determines the notion of definition and redefinition in the artistic interpretation, and methodology of the history of art and fine arts. Aforementioned results in various definitions and more concepts of sculpture in a wider and broader sense, from the idea that sculpture is an artistic discipline where solid or

plastic materials are shaped into three-dimensional items to the premise that the evolution of sculpture as a discipline resulted in it being an object and a space installation simultaneously. It is argued that materials produced in new industrial processes, but also materials that can be found in their original state, that artists have inserted into art by exposing them in their original state, are considered to be contemporary materials. A redefinition of sculpture is interpreted, from modernist determinations to conceptual transformations of sculpture.

2.7. Presentation

The artwork *Rubber concrete* will be publicly presented at an exhibition of Margareta Lekić in a gallery in Zagreb (2019).

3. RESEARCH CONTRIBUTION AND CONCLUSION

The contribution of this doctoral art research *The redefinition of sculptures using contemporary materials* is expected in the segment of understanding the key moments in the history where material influenced the development of sculpture and in what way can material innovate sculpture. Furthermore, a contribution to the understanding of materials used from the mid-20th century to present and their potential for future use is expected. In this artistic research, the author's personal contribution refers to the introduction of novelties in the field of new materials and the need for experiment and innovation of the same. The author's basic idea wasn't to make a commercial product but to create an artwork, a sculpture redefined by using new material. Redefining the concrete material into a new type of concrete redefined the sculpture as well, by using a completely newly designed material through innovative solutions.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. MATERIJALI U KIPARSTVU- POVIJESNI PREGLED.....	6
3. MATERIJALI U KIPARSTVU- TEORIJSKA STAJALIŠTA.....	24
4. ZNANOST O MATERIJALIMA I RAZVOJ TEHNIČKIH MATERIJALA.....	32
5. VRSTE TEHNIČKIH MATERIJALA I NJIHOVA SVOJSTVA.....	34
5.1. Metalni materijali.....	40
5.2. Keramički materijali.....	43
5.3. Polimerni materijali.....	44
5.4. Kompozitni materijali.....	53
5.5. Novi materijali.....	65
5.6. Filamenti za 3D pisače.....	69
6. ISTRAŽIVANJE KROZ VLASTITI UMJETNIČKI RAD.....	80
7. REDEFINICIJA SKULPTURE UPOTREBOM SUVREMENIH MATERIJALA.....	101
8. ZAKLJUČAK.....	108
9. LITERATURA.....	113
10. PRILOZI.....	129
10.1. Popis i izvori slikovnih priloga.....	129
10.2. Popis i izvori tabličnih priloga.....	140

1. UVOD

Redefinicija je definicija, ali tumačena kroz novopronađeni način, a riječ dolazi od latinskog *definitio* što znači ograničenje, određenje. Ako se pojmu definicije doda prefiks re- dobit će se riječ koja ima inovirani smisao. U nazivu umjetničkoga istraživanja doktorske disertacije *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* redefinicija se odnosi na trenutke u povijesti u kojima se mijenjao pojam skulpture i u kojima je materijal imao veliki utjecaj na razvoj skulpture. Skulptura se definira na različite načine zbog toga što je skulptura umjetnost koja se preobražava, proširuje svoj pojam i raspon umjetničkih mogućnosti. Definicija skulpture kao umjetničke discipline zahvaća određeni broj raznolikih razdoblja u prošlosti i skupina načela pa je zbog toga nastalo više definicija skulptura, odnosno redefinicija. Skulptura se pojašnjava na više načina: od toga da je trodimenzionalni objekt koji je izrađen od tradicionalnih čvrstih materijala do toga da je konceptualni predmet, skup objekata ili instalacija koja je izrađena od nepreglednog broja materijala. Skulpturu i materijale od kojih je izrađena i koji su utjecali na razvoj skulpture, odnosno promjenu njene definicije, moguće je pratiti od prapovijesti, od magijskih predmeta, utilitarnih predmeta i arhitekture do renesanse, kada se skulptura odvaja od arhitekture, pa preko eksperimenata u avangardi i minimalizma, odnosno 20. stoljeća u kojem dolazi do iskoraka iz okvira uobičajene definicije skulpture, kada se pojam skulpture prihvaća kao autonomni umjetnički predmet.

Iz navedenoga konteksta proizlazi umjetničko istraživanje *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala*, koje polazi od sljedećih istraživačkih pitanja koji su to ključni momenti u povijesti u kojima je materijal utjecao na razvoj skulpture ili promjenu njene definicije, koji se novi materijali koriste od sredine 20. stoljeća do danas i koja su njihova obilježja koja omogućavaju njihovu upotrebu u skulpturi, odnosno koji materijali imaju potencijal da se koriste u budućnosti i kako se skulptura redefinihala upotrebom suvremenih materijala te kako materijal može inovirati skulpturu?

Krećući od iskazanih istraživačkih pitanja, cilj je ovoga umjetničkog istraživanja kroz povijesni pregled, pregled tehničkih materijala, kroz primjere hrvatskih i inozemnih umjetnika i kroz vlastiti umjetnički rad kao prikaza upotrebe suvremenih materijala i eksperimenata ukazati na koji način primjena suvremenih materijala transformira tumačenja skulpture i širi likovne izraze.

U odnosu na istraživačka pitanja i cilj istraživanja postavljena je hipoteza istraživanja da upotreba suvremenih materijala i tehnologije mijenja definiciju skulpture i otvara nove mogućnosti likovnog izražavanja.

Istraživanje je formirano kroz šest cjelina koje su iskazane u poglavljima *Materijali u kiparstvu – povijesni pregled*, *Materijali u kiparstvu – teorijska stajališta*, *Znanost o materijalima i razvoj tehničkih materijala*, *Vrste materijala i njihova svojstva*, *Istraživanje kroz vlastiti umjetnički rad* i *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala*.

Istraživanje je planirano metodologijom koja obuhvaća nekoliko znanstvenih i umjetničkih metoda. Početna metoda je postavljanje navedene problematike u teorijski kontekst kroz istraživanje literature i drugih dostupnih izvora, kroz analizu ključnih dijelova u povijesti skulpture koji preispituju odnos i utjecaj materijala spram skulpture i kroz analizu literature iz područja teorije skulpture i teorije materijala (interdisciplinarni pristup). Nadalje, analitičko - eksperimentalni dio ispituje utječu li novi materijali na definiciju skulpture te kroz eksperimentalno umjetničko istraživanje, kroz primjenu i istraživanje u vlastitom radu, kroz eksperimentiranje s materijalom i procesima, dolazi do diskusije dobivenih rezultata i zaključaka o integraciji teorijskih spoznaja iz područja umjetnosti i znanosti o materijalima te vlastitih iskustava kroz umjetnički rad.

Prva cjelina istraživanja, poglavlje *Materijali u kiparstvu – povijesni pregled*, obuhvaća kvalitativni dio istraživanja koji kreće od skulpture pretpovijesnog razdoblja i završava sa suvremenom skulpturom. Poglavlje obuhvaća shvaćanje da su povijest skulpture i povijest materijala od kojih je načinjena usko povezani s društvenim i tehničkim razvojem ljudskog društva te samim time i s dostupnosti ili otkrićem materijala. Više je ključnih momenata pri kojima je materijal utjecao na razvoj skulpture kao, na primjer, nomadski način života tijekom paleolitika koji je uvjetovao manje, prenosive skulpture od nađenih materijala. Tijekom vremena sjedilački način života omogućuje izradu skulptura većih dimenzija i veći izbor materijala. Početkom modernog doba, u 19. stoljeću, zbog industrijske revolucije i novih metoda proizvodnje i novih sirovina i procesa dolazi do drukčijeg pogleda na oblikovanje, materijale i tehnike. U 20. stoljeću umjetnost se širi u vidu novih pokreta, odnosno događa se revolucija u umjetnosti kroz eksperimentalne umjetničke skupine koje odabirom raznolikih materijala označavaju napredak i odmak od tradicionalnog pristupa skulpturi i obradi samo jednog materijala. Prvih desetljeća 20. stoljeća odvijaju se bogate promjene od *ready-madea*, nadrealističkih objekata, futurističkih vizija, konstruktivističke skulpture ili skulpture kao

problema oblikovanja prostora. Umjetnici se okreću novim materijalima, postupcima i rješenjima.

U drugoj cjelini istraživanja, poglavlju *Materijali u kiparstvu – teorijska stajališta*, pojašnjene su teorijske postavke o tome koji su elementi skulpture, na koji način materijal utječe na skulpturu, pojašnjava se da se promjena definicije skulpture događa u 20. stoljeću kada se upotrebom suvremenih materijala i tehnologije skulptura formira na način da trodimenzionalna masa, površina, stabilnost i određene vrste materijala i postavki više nisu bitne za skulpturu. Opisuje se da je sortiranje, kombiniranje i korištenje industrijskih materijala koji nisu promijenjeni od strane umjetnika definiralo nove tendencije u kiparstvu. Daje se uvid u rad kipara Carla Andrea koji je najviše redefinirao mogućnosti skulpture tako da je ogolio skulpturu na njezine najosnovnije elemente i preusmjerio je iz vertikalne u horizontalnu ravninu.

Treća cjelina istraživanja, poglavlje *Znanost o materijalima i razvoj tehničkih materijala* obuhvaća znanost o materijalima koje je široko brzorastuće područje i koje se identificira kao specifično polje znanosti i inženjerstva. Pojašnjava se da je znanost o materijalima nastala spojem fizike i kemije i spojem kemijskog inženjerstva, graditeljstva, strojarstva i sličnih inženjerskih grana, da je znanost o materijalima i izmjena svojstava ili inovativna metoda uporabe već znanih materijala, ali i kreiranje sasvim novih materijala koji do tad nisu postojali. Nadalje, tumači se eksponencijalni rast broja materijala, rasta proizvodnje, potrošnje i primjene osnovnih materijala. Tumači se i da pojam novi materijal podrazumijeva bitno novi sastav, strukturu i svojstva, bitno novi postupak proizvodnje i oblikovanja i nova područja primjene u odnosu na klasične materijale.

Kvalitativna istraživačka metodologija primijenjena u četvrtoj cjelini istraživanja pod nazivom *Vrste materijala i njihova svojstva* istražuje i prikuplja dosadašnja saznanja o osnovnim podjelama i svojstvima tehničkih materijala jer se umjetnost, odnosno kiparstvo nije empirijski bavilo podjelom materijala, barem ne na način kako su se tome posvetili znanstvenici koji materijale dijele na tri osnovne stavke: metale, nemetale i sintetirane materijale. Autorica smatra da je podjela materijala bitna da bi se savladali osnovni pojmovi te nakon toga izdvaja materijale koji su korišteni ili imaju tendenciju da se koriste u kiparstvu kao što su razni novi kompozitni, polimerni materijali, aerogelovi i drugi. Iznosi mišljenje da se krug mogućnosti izbora i upotrebe suvremenih materijala neprestano i znatno širi.

Peta cjelina doktorskog istraživanja pod nazivom *Istraživanje kroz vlastiti umjetnički rad* problemski se nastavlja na prethodne cjeline na način da autorica istraživanja analizira vlastitu

umjetničku praksu metodom u kojoj subjekt istraživanja sam sebe stavlja u kontekst istraživanja. Taj dio istraživanja odnosi se na istraživanje autoričina vlastita umjetničkog rada koje subjektivno analizira. U svojoj umjetničkoj praksi istražuje korištenje suvremenih tehnologija putem kojih komentira međudnos ljudi kao socijalnih bića, okružja u kojem se nalaze i njihovog odnosa spram umjetnosti. Analizira kako je od ranijih radova, u kojima se bavila pitanjima prostora, konstrukcijom i dekonstrukcijom, direktnom i indirektnom interakcijom, uz korištenje nađenih prirodnih, umjetnih do tehnološki naprednih materijala, došla do spoznaje o važnosti eksperimenta i materijala koji se koristi pri izradi skulptura i u kolikoj mjeri je materijal utjecao na dosadašnje radove. Nit vodilja koja se provlači kroz sve radove je korištenje umjetnih materijala i gotovih, industrijski proizvedenih predmeta koji nisu umjetničkog podrijetla te korištenje mehaničkih i elektroničkih naprava. Autorica nastoji naglasiti uporabu tehnologije u suvremenom, tehnološki razvijenom društvu pri čemu nastoji pružiti publici zadovoljstvo pri promatranju pokreta. Kroz dosadašnji autoričin opus može se iščitati potreba za eksperimentom, težnja k neočekivanom i iznenađujućem te želja za interakcijom s publikom. U praktičnom dijelu istraživanja doktorske disertacije autorica se odlučuje na eksperiment, izradu novog, dotad nepostojećeg kompozitnog materijala, savitljivog betona pod nazivom *Gumeni beton* koji u obliku kvadara postaje aktivni dio istoimenih skulptura. Novokreirani materijal, odnosno nova vrsta betona, sadrži sve odlike betona kao kompozitnog materijala: cement, šljunak, pijesak, vodu i dodatne komponente koje ga čine fleksibilnim. Seriju radova *Gumeni beton* čine tri skulpture različitih dimenzija koje su u omjeru, pravilnom međusobnom odnosu veličina. Struktura, odnosno nađeni red i korelacija u seriji radova *Gumeni beton* može se uočiti jer su sve tri skulpture postavljene u odnose. Autorica time stvara proporcionalan odnos ne samo dimenzija skulptura, nego i dimenzija betonskih ploča. U istraživanju umjetničkog praktičnog rada *Gumeni beton* pojašnjava se da je rad koncipiran interdisciplinarnom umjetničkoznanstvenom metodom eksperimenta čiji je rezultat inovativni kompozit koji ima moguća nova, do sada neotkrivena svojstva. Autorica uviđa da suvremeni materijali te nove metode i tehnike omogućuju umjetnicima inovativni pristup radu. Serija skulptura *Gumeni beton* zadržava funkciju unutar sebe koristeći se elektromotorima u korist dokazivanja funkcionalnosti suvremenog materijala, novonastalog gumenog betona. Cilj praktičnog rada disertacije nije bio postići nešto neponovljivo u smislu nove forme u skulpturi ili upotrebe danas uobičajenih materijala u kiparstvu poput metala, senzora i elektromotora, nego ostvarivanje umjetničkog rada, skulptura, u svrhu potvrđivanja vlastitog istraživanja mogućnosti različitih materijala, kombiniranjem materijala i naposljetku otkrivanja nove vrste kompozitnog materijala.

Šesta cjelina *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* objašnjava značenje riječi definicija i pojam skulpture u užem i širem smislu te pojašnjava pojmove vezane uz skulpturu. Tumači se redefinicija skulpture od modernističkih određenja do konceptualnih transformacija skulpture. Dolazi se do različitih definicija te zaključka da skulptura nije fiksni termin koji se odnosi na trajno ograničenu kategoriju objekta. Shvaća se da je skulptura umjetnost koja raste, mijenja se i neprestano širi opseg svojih aktivnosti i razvija nove vrste objekata. Kroz teorijsko i umjetničko istraživanje tumači se da više faktora utječu na razvoj skulpture i proširenje njenog pojma, a materijal je jedan od njih. Također, zaključuje se da je kategorija skulpture vrlo široka i vrlo relativna jer se uvidom u razvoj predmeta, objekata i materijala koji su se kroz povijest smatrali skulpturom shvaća da danas ne postoji čvrsta kategorija, da je pojam fluidan i da je, bez obzira što danas skulptura može biti gotovo bilo što, materijal uvijek imao veliki utjecaj, tj. njegova struktura, volumen i svojstva utjecali su na redefiniciju skulpture tako što su poticali na eksperiment i na inovativni pristup radu i samim time su mijenjali njezine osnovne elemente poput mase i prostora, forme i značenja.

Doprinos doktorskog umjetničkoga istraživanja *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* očekuje se u segmentu razumijevanja ključnih trenutaka u povijesti u kojima je materijal utjecao na razvoj skulpture te kako materijal može inovirati skulpturu. Također se očekuje doprinos u razumijevanju materijala koji se koriste od sredine 20. stoljeća do danas i njihovog potencijala za upotrebu u budućnosti. U ovome se umjetničkom istraživanju očekuje i osobni prinos autorice doktorata koji se odnosi na uvođenje noviteta na području novih materijala i potrebe za eksperimentom i inovacijom istog. Autoričina osnovna ideja nije bila stvoriti komercijalni proizvod, već je svrha bila napraviti umjetnički rad, skulpturu koja je redefinirana upotrebom novog materijala. Redefiniranjem materijala betona u novu vrstu betona redefinirala je i skulpturu jer je koristila potpuno novoosmišljeni materijal putem inovativnih rješenja.

2. MATERIJALI U KIPARSTVU – POVIJESNI PREGLED

Povijest skulpture i povijest materijala od kojih je načinjena usko je povezana s društvenim i tehničkim razvojem ljudskog društva te, samim time, i s dostupnosti ili otkrićem materijala. Više je situacija pri kojima materijal utječe na razvoj skulpture kao, na primjer, nomadski način života koji je uvjetovao manje i prenosive skulpture od nađenih materijala, dok je sjedilački način života omogućio izradu skulptura većih dimenzija i širu paletu mekih i tvrdih materijala. Nakon uspostavljenih gradova i država, vjerski, plemićki, politički, ekonomski kontekst ili jednostavni zakon potrebe i potrošnje, mijenja status materijala. Popularnost materijala se tijekom povijesti mijenjala ovisno o tome je li materijal bio lako dostupan, je li se smatrao svetim ili ne, je li bio rijedak pa samim time i vrijedan, je li bio dostupan samo u određenim veličinama i oblicima, je li bio težak ili lak za oblikovanje. Jednostavni prikaz vidi se u starijem kamenom dobu paleolitiku u kojemu se alat, oružje i drugi predmeti, pa tako i skulpture, izrađuju od obrađenog kamena. Osim kamena, obrađuju se i drugi lako dostupni materijali poput drveta, skupljaju se i školjke te se izrađuju predmeti od kostiju, a među njima ima i nekoliko primjera izrađenih od gline. Tijekom paleolitika pronađeno je mnogo manjih skulptura, Venera, naglašenih ženskih atributa. Skulpture prikazuju nago žensko tijelo naglašenih grudi, bokova, stražnjica i vagina, dok su ostali dijelovi tijela bezlični. Primjer toga doba jest *Venera iz Lespuguea* (slika 1) pronađena u pećini Rideaux 1922. godine koja je izrađena od kosti. Iako ih je većina oblikovana od kostiju ili kamena, nekoliko je pronađenih primjera izrađeno od gline. (Arachige, 2010)



Slika 1: *Venera iz Lespuguea*, 20000.-18000. g.pr.Kr.

Kiparski izraz u monumentalnim, tvrdim i nepokretnim materijalima poput kamena možemo vidjeti tek u dobu egipatske umjetnosti zbog nastalog sjedilačkog načina života. Kod egipatske skulpture specifično je korištenje izdržljivih i skupocjenih materijala kao što su kvarcni diorit i granit (slika 2), pogotovo pri izradi monumentalnih vladarskih skulptura koje su odražavale egipatsko vjerovanje u vječnost. Ti materijali određivali su i formu skulpture, odnosno njenu naglašenu frontalnost, simetričnost i statičnost, što se uglavnom zadržalo do ranog klasičnog razdoblja grčke umjetnosti.



Slika 2: Tri skulpture faraona Sesotrisa III, oko 1850.g.pr.Kr.

U suprotnosti s egipatskim divovskim skulpturama, sumeranska umjetnost usmjerena je na male dimenzije, što govori o činjenici teško dostupnog materijala kao što je kamen. Tako je, na primjer, skulptura *Ženska glava iz Uruka* (slika 3) visine oko 20 centimetara i izrađena je od kamena, no ostali je dio skulpture, tijelo, vjerojatno bilo izrađeno od drveta. Oči i obrve bile su izvedene od raznobojnih nepoznatih, vjerojatno dragocjenih materijala, a glava je bila prekrivena zlatom ili bakrom koji je predstavljao kosu. Smatra se da su upotrebom takvih materijala pokušali naglasiti živost i ljepotu. (Janson, 2000)

Razdoblje koje se uzima kao početak doba metala je akadsko razdoblje u kojemu dolazi do odmicanja od formalne apstrakcije koja je bila karakteristična za raniju tradiciju, jer metal pruža veću mogućnost prikaza organskog, što se može vidjeti na primjeru glave od pozlaćene bronce *Akadskog kralja Sargona iz Ninive* (slika 4) kojemu kosa i brada nisu puki ornament. (Janson, 2000)



Slika 3: *Ženska glava, iz Uruka, oko 3500-3000. pr.Kr.*



Slika 4: *Akadski kralj Sargon iz Ninive, 22.-23.st.pr.Kr.*

U kineskoj je umjetnosti vidljiva promjena u upotrebi skulpture i materijala zbog promjene društvenih i političkih prilika jer se pojavljuju druge filozofske i vjerske struje te se zbog toga pokojniku umjesto ljudskih žrtava pri posljednjemu ispraćaju pridružuju antropomorfni glineni kipići. Dakle, zbog toga se u kineskoj umjetnosti, koja se oslanja na materijale poput žada, kosti i bjelokosti, pridružuje i proizvodnja od gline. Slobodna skulptura vidi se i na primjeru *Vojnici od terakote* (slika 5 i 6) pronađenim u pokrajini Shaanxi. Od pečene gline izrađeno je preko osam tisuća vojnika s različitim obilježjima lica opskrbljenih vojnom opremom. (Borovec, 2006) Glina, osim što je bila lokalni i lako dostupni materijal, omogućila je, uz pomoć kalupa, izradu velikog broja detaljnih figura. Prvo su napravljeni osnovni oblici: dijelovi ruku, nogu, trupa, a potom i glave. Na osnovne odlivene neosušene dijelove nadodavala se glina, a zatim su se oblikovale različite karakteristike lica i drugih detalja na cijeloj figuri. (Qinshihuang's Museum, 2019) Iako stoljećima kasnije, pragmatičnost materijala u smislu dostupnosti i mogućnosti detaljne izrade vidi se i u europskim zemljama. Njemački povjesničar umjetnosti Martin Hirsch piše da se oko 1400. godine dogodio „fenomen glinenih skulptura“ u nekim

dijelovima Njemačke, Austrije i Italije, to jest počele su se izrađivati glinene skulpture velikih dimenzija, a razlog je, smatra, pragmatičnost i ekonomski faktor; glina je bila pristupačna. Hirsch se fokusira na skulpture u eksterijeru na području Bavarske gdje je tijekom 15. stoljeća izrađeno više skulptura od gline nego od kamena. Pretpostavlja da se glina koristila, osim lake dostupnosti, i radi toga što, kad je pečena, podnosi vremenske uvjete i može biti zamjena za kamen. Primjer je figura sv. Ivana Evanđelista (slika 7), koja se nalazi u crkvi sv. Martina u Landshutu u Bavarskoj, kojoj umjetnik daje karakternost i osobnost. Detaljnost i karakternost kose i osobine crta lica na portretu omogućuje mekani, plastični materijal poput gline. (Clerbois, Droth, 2011)



Slika 5 i 6: *Vojnici od terakote*, 210.g.pr.Kr.



Slika 7: *Sv. Ivan Evanđelist*, 1475–1485. godine (detalj)

U grčkoj umjetnosti osnovni materijal u gradnji je kamen koji se najčešće koristio bez veziva te su se kameni blokovi spajali pomoću klinova i metalnih spona. Skulptura je bila spojena s arhitekturom (timpan, friz, metopa), no postojale su skulpture koje su stajale slobodno u prostoru, dakle značajan razvoj bio je vidljiv u odvajanju skulpture od arhitektonskih elemenata, no, bez obzira na taj odmak, one ostaju podređene cjelini. Najvažniji materijal je ipak bronca koja se koristi za izradu monumentalnih, slobodnostojećih skulptura i koja je omogućila izradu skulptura koje prikazuju ljudsko tijelo u pokretu, a od vremena helenizma i novu razinu naturalizma u prikazu ljudskog tijela poput muskulature, bora, vena, ali i vjernih prikaza izraza lica kao i emocionalnih ekspresija. Rimska se umjetnost ističe svojim realizmom i monumentalnosti, no i bojom koja je bila bitna vještina u rimskom kiparstvu pa se tako koriste mnogi dragocjeni materijali poput porfira i raznih egzotičnih vrsta mramora, no uvelike se koristi i bronca. Veliko umijeće bilo je suprotstaviti i umetati različite materijale kako bi se dobio polikromni učinak. Dakle, bilo je uobičajeno da se različiti materijali koriste u jednoj skulpturi kao način obogaćivanja rada i naglašavanja, primjerice, odjeće ili glave. Dobar primjer je *Apolon s lirom* (slika 8) u kamenu porfiru i bijelom mramoru. (Bruneau et al. 2006) Većina europskih skulptura načinjenih nakon renesanse koristi bijeli mramor. Ukoliko se koristi kamen druge boje on se, kao i u antici, upotrebljava za izradu odjeće, arhitektonske ukrase ili ukrasne dijelove skulpture, dok se lice, odnosno koža, uvijek prikazuje u bijelom mramoru, a afrički muškarci i žene klesani su u crnom mramoru (slika 9 i 10). (Clerbois, Droth, 2011)



Slika 8: autor nepoznat, *Apolon s lirom*, 2. st.pr.Kr.



Slika 9: Antoine Coysevox, *Poprsje kardinala Mazarina*, 17. stoljeće



Slika 10: Charles de Groff, *Poprsje Maora*, 1768.

Jedan od najvećih kipara renesanse je talijanski umjetnik Donato di Niccolò di Betto Bardi, poznatiji pod imenom Donatello, koji je načinio revolucionarno djelo, *David*, (slika 11) koji je prva naga i slobodna skulptura od vremena antike. I ne samo da je nag, nego je i mladić. U srednjem vijeku nagost se nije koristila u umjetnosti, osim u određenim moralnim kontekstima poput prikaza Adama i Eve. U klasičnom svijetu golotinja se često koristila u drugačijem, veličanstvenom kontekstu, kao što su bili likovi koji su bili bogovi, heroji ili sportaši. Donatello podsjeća na vrstu herojske golotinje antike, budući da je David trijumfalno prikazan u biblijskoj priči o pobjedi nad Golijatom. Skulptura je izrađena od bronce koja omogućuje detaljnu izradu dijelova skulpture pa se tako Donatello, svjesno ili nesvjesno, i odabirom materijala oslanja na antiku. (Artful, 2016)



Slika 11: Donatello, *David*, oko 1440-1460.

Opće je mišljenje da su materijali kao što su mramor i bronca više cijenjeni od drugih materijala, no to ne znači da tijekom povijesti skulpture ne postoje iznimke. Britanski povjesničar umjetnosti Malcolm Baker piše da su tijekom 18. stoljeća materijali, koji su se povijesno smatrali nedostojnima i bili vezani za tehničke procese kao na primjer gips i glina, počeli biti cijenjeni kao materijali za izradu umjetničkih djela. Baker zaključuje da publika 18. stoljeća počinje biti svjesna mogućnosti različitih kiparskih materijala. Mišljenja je da se to događa zbog svijesti o tehnološkim naprecima jer je publika okružena različitim mogućnostima izbora materijala. Publika shvaća da se jedna skulptura može lako prevesti i u neki drugi materijal i počinje prepoznavati prilagodljivost skulpture te je samim time proširuje svijest o mogućnostima reprodukcije i replike. S obzirom na to da su skupocjeni materijali imali finu površinsku obradu materijala, potrošačko društvo 18. stoljeća ne samo da razlikuje skupe materijale, nego i cijeni materijale koji nisu skupocjeni, ali koji, s obzirom na površinsku obradu materijala, izgledaju i simuliraju skupi materijal. Takvi materijali dobivaju na popularnosti jer im je i cijena niža. (Clerbois, Droth, 2011) U umjetničkom svijetu 19. stoljeća gips tradicionalno služi pri izradi kalupa, to jest negativa i pozitiva, odnosno skulpture odlivene u gips koja je služila za daljnje lijevanje u broncu. No, osim gipsa, za upotrebu izrade kalupa mnogi umjetnici eksperimentiraju s drugim materijalima. Francuska kustosica Catherine Chevillot piše da su u osamnaestom stoljeću izrađene prve mastike (bitumeni) na bazi voska, smole od katrana, sumpora u prahu, mramornog praha ili cigle prosijane kroz svilu, a u prvim desetljećima devetnaestog stoljeća Društvo za poticanje nacionalne industrije potaknulo je izum novih plastičnih masa (uključujući mastike) s boljim mehaničkim karakteristikama od gipsa. Nadalje

1829. godine nastaju cementi, vapno, umjetni cementi, *papier-mâché* i tako dalje, a do 1875. godine pojavljuju se kompoziti na bazi krumpira, boraksa, umjetnog kamena, papira, kartona, lakova, pluta i celuloida, zajedno s desetak drugih mješavina materijala od raznih izumitelja, uključujući drvo i ljepilo. *Papier-mâché* koji izrađen nalikuje drvu, kamenu ili metalu postaje neizmjereno popularan. Chevillot obraća pažnju na nagrade koje su dodjeljivane 1827. za strop, svijećnjake, poprsja i druge skulpture izrađene od *papier-mâchéa*. Osim skulptura i uporabnih predmeta proizvode se i djela za crkvu Notre-Dame de Lorette i za uređenje interijera zgrada. Smatralo se da se *papier-mâché* može koristiti za sve: za kamene skulpture, brončane satove, za imitaciju mramora i rezbarenog drveta. Time su sav luksuz umjetnosti i skulpture stavili u domet srednjih klasa. (Clerbois, Droth, 2011:204-208)

19. stoljeće donosi napredak i u upotrebi keramičkih i ostalih materijala. Otkriva se poluprozirni, vrlo bijeli porculan pod nazivom koštani porculan (spoj tradicionalnog porculana i koštanog pepela) koji je bio dostupan za industrijsku proizvodnju, a potom se patentira željezni porculan i parski porculan. Ovakvim otkrićima u pogledu keramike veliku važnost pridodaje činjenica da se keramika u velikim količinama uvozila u Europu iz Kine i Japana pa je tako i Europa prihvatila različit pogled prema oblikovanju, materijalu i tehnikama te industrijska proizvodnja postupno mijenja obrtničke metode proizvodnje koristeći se novim sirovinama i procesima. Osim na području keramike, uz sva ostala otkrića 19. stoljeća, utjecaj istoka bio je vidljiv i u upotrebi stakla koje se od početka koristilo kao mješavina olovnog stakla, a, osim toga, staklo se obrađivalo i metalnim oksidima što se nazivalo opalinsko staklo koje je bilo poluprozirno. 1829. godine u Češkoj je patentiran litijalin, neprozirno staklo koje oponaša drago kamenje poput jaspisa i ahata. Sjedinjene Američke Države bile su veliki pokretač u proizvodnji i napretku stakla kao materijala te se dvadesetih godina 19. stoljeća razvila tehnika prešanja stakla, a najpoznatije tvornice bile su Deming Jarves iz Bostona i Flint Glass Manufacturing Company iz Pittsburga (Whitehouse, 2012).

Da se izbor materijala može povezati i s ekonomskim i političkim okolnostima dokazuje nagla popularnost „bijelog zlata“ ili bjelokosti krajem 19. stoljeća. O tome svjedoče i statistički podaci: 1889. godine u Antwerpen je uvezeno 46.500 kg slonovače, 1893. godine 224.000 kg, do 1900. godine uvozi se 336.000 kg. (Clerbois, Droth, 2011: 232-233) 1886. godine Kongo je postao privatni posjed kralja Leopolda II., a prve belgijske skulpture izrađene od bjelokosti potječu iz 1890. godine. Nakon što je stigao u Europu, dio bjelokosti prodao bi se umjetničkim i obrtničkim tržištima, ali velika većina prodana je industriji za izradu različitih vrsta uporabnih predmeta. Iako je većina skulptura rađena od središnjeg dijela kljove, u primjeru portreta kralja

Leopolda II., belgijskog umjetnika Thomasa Vincottea, bjelokost je izrezana na ploče koje su spojene zajedno, stvarajući trodimenzionalni objekt i na taj način uklanjajući materijalna ograničenja prirodnog oblika kljove čime je dokazano da slonovača može biti "čist" materijal, koji se bez ograničenja može koristiti za bilo koji oblik skulpture, poput kamena ili bronce. U slučaju bjelokosti opljačkane iz Konga, skulptura je postala sredstvo političke autoritativnosti. Sve skulpture kralja Leopolda II. (slika 12) zapravo slave kolonizaciju koja je podržavala komercijalno iskorištavanje afričkih prirodnih izvora. Zanimljivost belgijske bjelokosti kao materijala je dualnost. S jedne strane materijala je afrička krvava povijest, a potom, s druge strane, transformacija materijala u nešto čisto i metafizično. Suvremenici toga doba nisu bili upoznati s pozadinom izvora materijala, oni su vidjeli samo raskoš i prigodnost materijala da prikazuje europsku ljepotu umjetnosti. Kolonijalna bjelokost govori da nije dostatno samo izučavati stil ili ikonografiju da bi razumjeli značenje umjetničkog predmeta nego je katkada sam materijal značenje umjetničkog djela. (Clerbois, Droth, 2011)



Slika 12: Thomas Vincotte, *poprsje Leopolda II.*, 1900.

Bez obzira na nova postignuća u području keramike i stakla, na prijelazu između 19. i 20. stoljeća skulpture velikih dimenzija i dalje se izrađuju od materijala kao što su kamena i bronca, no postoje i iznimke. Talijanski umjetnik Medardo Rosso velik je broj svojih radova interpretirao kroz voštane odljeve i figure poput skulpture *Pazikuća* (slika 13) iz 1883. godine. No, iako se vosak smatrao materijalom koji se koristi samo u procesu lijevanja bronce, on se i prije 19. stoljeća koristio za stvaranje većinom minijatura reljefa poput amuleta Agnus Dei ili portreta u obliku medaljona. Korišten je zbog svojih svojstava kao što je podatnost koja pruža

izradu realističnih detalja i, najvažnije, mogućnost bojanja, dobivanja inkarnata. (Clerbois, Droth, 2011) Usporedi li se rad francuskog umjetnika Antoinea Benoista, *Luj XIV*, iz 18. stoljeća i rad francuskog umjetnika Edgara Degasa, *Mala plesačica*, iz 19. stoljeća uviđaju se sličnosti u upotrebi materijala. Benoistov rad je reljef (slika 14) veličine 52x42 centimetra kojemu je lice izrađeno od voska i obojano, oči su načinjene od stakla, kosa je ljudska, a odjeća je načinjena od čipke, svile i baršuna, dok je Degasov rad skulptura mlade balerine (slika 15) koja je, osim gline, voska i kose, načinjena i od tkanine, odjeće i obuće balerine, a to se smatra primjerom prve odjevene skulpture. Šuvaković smatra da je Degasova *Mala plesačica* početna točka moderne skulpture, da je iskorak iz svijeta skulpture kao čiste plastične forme. (Šuvaković, 2011) Suvremeni primjer upotrebe voska u skulpturi je rad američkog kipara Roberta Gobera. Rad *Bez naziva* (slika 16) načinjen od voska i ljudske dlake predstavlja ljudski torzo, muške i ženske grudi koje su u formi vreće gipsa. Ovim radom umjetnik prikazuje komad mesa, ironično i mračno objektiviziranje stanja tijela, što ne začuđuje jer je 90-tih godina prošlog stoljeća bolest sida bila na vrhuncu epidemije.



Slika 13: Medardo Rosso, *Pazikuća*, 1883.



Slika 14: Antoine Benoist, *Louis XIV*, 1705.



Slika 15: Edgar Degas, *Mala plesačica*, 1878.-1881.



Slika 16: Robert Gober, *Bez naziva*, 1990.

U 20. stoljeću umjetnost se širi u vidu novih pokreta, odnosno događa se revolucija u umjetnosti kroz eksperimentalne umjetničke skupine u glavnim središtima, a to su bili Pariz, Dresden i Berlin. Uz sve inovacije, u pokretu futurizma talijanski umjetnik Umberto Boccioni materijal pokušava prikazati kao dinamičku strukturu, a time i pokazati brz razvoj modernog društva. U primjeru *Dinamizam konja u trku+kuće* (slika 17) iz 1914. godine koristi bakar, lim, drvo i karton te takvim odabirom materijala predstavlja potrebu, napredak i odmak od tradicionalnog pristupa skulpturi i obradi samo jednog materijala. U tehničkom manifestu futurističke skulpture iz 1912. Umberto Boccioni odbacuje materijalnu tradiciju skulpture:

„Treba uništiti pretpostavljeno plemstvo, u potpunosti književno i tradicionalno, od mramora i bronce, i potpuno negirati da se za skulpturalni ansambl mora koristiti jedan materijal.“ (Boccioni, 1912, navedeno u Clerbois, Droth, 2011)



Slika 17: Umberto Boccioni, *Dinamizam konja u trku+kuće*, 1914.

No, u okviru brojnih umjetničkih pokreta i različitom upotrebom i kombinacijama materijala u skulpturi, po mnogima je ključni moment u povijesti umjetnosti i potpuni preokret u skulpturi i njejoj definiciji u trenutku kada francuski umjetnik Marcel Duchamp izlaže svoje djelo *Fontana* (slika 18) iz 1917. godine, odnosno kada svakodnevnom predmetu daje status umjetničkog djela izlažući pisoar u galerijski prostor. Tim činom Marcel Duchamp nudi rijedak primjer nepredvidivog kaosa u umjetnosti, jer je njegov koncept gotovog umjetničkog djela došao nenadano. Do tada u umjetnosti nije bilo presedana da bi umjetnik, uzimajući običan predmet iz stvarnog svijeta i stavljajući ga u umjetničku galeriju, mogao potpuno promijeniti njegovo značenje. Duchamp odvaja umjetnost od estetike i postavlja ju na drugačiji način od onog kojega su umjetnici slijedili od renesanse.



Slika 18: Marcel Duchamp, *Fontana*, 1917.

Duchamp je započeo takozvanu revoluciju i samim time otvorio mogućnost ulaska nebrojenih materijala u područje umjetnosti. Za kipare novi materijali često mogu biti polazište idejnog procesa, materijali su početak, a umjetnički rad je informacija, odnosno kraj. Po američkoj likovnoj kritičarki Rosalind E. Krauss živimo u vremenu kulturne shizofrenije. Ona smatra da su umjetničko tržište i publikacije internacionalne pojave čija je posljedica homogenizacija svega što je izloženo, prikupljeno, spoznato širom svijeta i da nas to navodi na pomisao da je neprekidno kolanje suvremene umjetnosti od zemlje do zemlje izraz internacionalne kulture, jamstvo zajedničkih estetskih kriterija, zajedničkih pojmova o svrsi umjetnosti, zajedničkih vizija. (Krauss, 1999) Prije globalizacije i pojave „kulturne shizofrenije“ u europskoj umjetnosti prvih desetljeća 20. stoljeća odvijaju se bogate promjene od *ready madea*, nadrealističkih objekata, futurističkih vizija, konstruktivističke skulpture ili skulpture kao problema oblikovanja prostora. Europski ju umjetnici već 20-tih godina 20. stoljeća okrenuti novim materijalima, postupcima i rješenjima. Okreću se k otvorenosti i svijesti o novome, k redefiniciji skulpture. Kipari istražuju nove oblikovne kiparske probleme upotrebom novih materijala, istražuju inovativnost, a jedan od najznačajnijih umjetnika, pionira pokretne skulpture je američki umjetnik Alexander Calder koji 30-tih godina prošlog stoljeća stvara eksperimentalne skulpture istražujući industrijski materijal, čelik, aluminij i žicu, lagane i lako savitljive materijale bez kojih ne bi bio u mogućnosti izraditi svoje inovativne umjetničke radove. Materijali su omogućili Calderu da u skulpturi kombinira pokret i apstrakciju, da pokret uključi kao vitalni dio skulpture i time dobije skulpture koje danas zovemo mobilni (slika 19). Calder je svojim znanjem inženjerstva stvarao mobile koji su modernizirali umjetnost skulpture. Mobilni su bili eksperimentalne skulpture čiji su dijelovi spojeni žicama bili uravnoteženih težina.

Calder je osim eksperimentiranja sa slobodnim kretanje eksperimentirao i sa skulpturama koje su imale motor. 1937. godine je izjavio:

„Mehaničkim pogonom možete kontrolirati stvari poput koreografije u baletu.“ (Artian, 2016)

U 50-im godinama istog stoljeća mađarsko-francuski umjetnik Nicolas Schöffer stvara skulpturu *CYSP I* (slika 20) koja se smatra prvom samostalnom kibernetičkom skulpturom koja ne bi bila moguća bez otkrića novih materijala koji se koriste u elektromotorima, zvučnicima i sl. Skulptura je postavljena na četiri valjka, sadrži mehanizam i „elektronički mozak“ povezan sa senzorima koji su omogućili kinetičkoj skulpturi da odgovori na promjene u zvuku, intenzitetu svjetlosti i boji te kretanju, uključujući i kretanje publike. Cijela se skulptura pomicala na četiri valjka i šesnaest polikromnih ploča koje su se okreću različitim brzinama, ovisno o vanjskom poticanju.



Slika 19: Alexander Calder, *Bez naziva*, 1937.



Slika 20: Nicolas Schöffer, *CYSP I*, 1956.

Šezdesete godine prošlog stoljeća su razdoblje u ljudskoj povijesti koje je okarakterizirano prijelazom s tradicionalne industrije i proizvodnje dobara u ekonomiju koja se temelji na konceptima i informatizaciji informacija. Kipari se sve više odmiču od tradicionalnih materijala i koriste potrošne, nove materijale te svjesno izlažu djela koja ponekad zbog nepostojanosti materijala postoje samo u određenom vremenskom periodu. Neki su kipari izbjegavali materijale kao što su bronca, kamen i drvo, a neki su ih kombinirali s raznim drugim materijalima poput stiropora, stakloplastike, poliestera, špage, jute, konca, tkanine, željeza, žice, kartona, papira, pijeska, mesa, kosti, kamenja, šljunka, kose, kože, zemlje, najlona, betona, aluminijske, plastike, smole, pepela, lima, gume, vode, lesonita, lišća, sjemenki... popis upotrebljavanih materijala mogao bi se nastaviti gotovo u nedogled. Primjer upotrebe kombinirane tehnike je rad američkog umjetnika, pionira konceptualne, interaktivne i iskustvene umjetnosti, Allana Kaprowa i njegov rad *Hram jabuke* (slika 21) koji je kombinacija izložbe i iskustvenog doživljaja. Koristio je žicu, novine, karton i jabuke kako bi ispunio cijeli prostor galerije. Sve to je uobičajeno u vizualno neugodan labirint kroz koji publika mora proći kako bi došla do središnjeg dijela, hrama, gdje se nalaze vizualno privlačne jabuke, svježe, koje publika može jesti i umjetne koje publika može ponijeti sa sobom. Kaprow prisilno publiku stavlja u proces interakcije, publika prodire kroz labirint, kroz hram, kako bi na posljetku dobila nagradu i na taj način od publike čini sukreatore. Kaprow pruža strukturu, igru, no publika je ta koja, postajući igračem, pruža dinamično iskustvo. (Chayka, 2012)



Slika 21: Allan Kaprow, Hram jabuke, 1960.

Primjer upotrebe vode kao dijela skulpture je rad hrvatskog umjetnika Alema Korkuta *Memento mori* (slika 22 i 23). Glineni odljev vlastite glave uranja u stakleni akvarij ispunjen vodom, prepušta ga djelovanju tekućine, a proces raspada dokumentira videozapisom. Dakle, voda je uz vrijeme glavni akter, a postojanost, stabilnost i trajnost oblika mijenja se tragovima procesa i promjenjivosti forme koja se postiže jasnim, ali minimalnim intervencijama. Korkut istražuje otpore sila pristanka i odmicanja, sila koje mijenjaju oblike, koje pucaju ili se izvijaju pred silama tlačenja, rastezanja, sušenja, širenja i propadanja materije. (Šimat Banov, 2013.)



Slika 22 i 23: Alem Korkut, *Memento mori*, 2001.

Primjer, također, prirodnog materijala korištenog za izradu skulpture je rad hrvatskog umjetnika Marijana Crtalića koji poput Korkuta koristi vlastitu glavu, no ne odlijeva ju nego je struže. Crtalić u radu *Living Dead (Globalizacija podsvijesti)* (slika 24, 25 i 26) grebanjem tjemena

noktima tijekom godina od mješavine dlačica, vode i masti s glave modelira kuglicu koja je 2003. godine bila veličine teniske loptice. Rad je u nastajanju i nije poznato koje je sada veličine. Dakle, umjetnik koristi vlastito tijelo, kožu i kosu kao materijal za rad. (Crtalić, 2009)



Slika 24 i 25: Marijan Crtalić, *Living Dead (Globalizacija podsvijesti)*, 2003.



Slika 26: Marijan Crtalić, *Living Dead (Globalizacija podsvijesti)*, 2003.

U dosadašnjem pregledu upotrebljavanih materijala u kiparstvu druge polovine 20. stoljeća vidi se da se skulptura sustavno i nezaustavljivo redefinira. Skulptura nije više nužno modelirana, lijevana, tesana ili klesana, nego može biti konstruirana od mnogo dijelova, može predstavljati ideju, može biti izrađena od nađenih predmeta, može sadržavati performans ili akciju, može sadržavati riječi, mirise, zvukove, može koristiti cijele prostorije, zgrade ili krajobraz, mogu ju činiti ljudi ili umjetnikovo vlastito tijelo kao što se vidi na primjeru Crtalića. No, puno je bolji primjer austrijski umjetnik Erwin Wurm i njegova serija radova *Jednominutne skulpture* (slike 27 i 28) koje redefinišu koncept skulpture u dinamičan, a ne statički objekt. Wurmmove skulpture izrađene su od ljudskog tijela, koreografirane u apsurdne, duhovite i često opasne odnose s predmetima iz svakodnevnog života. *Jednominutne skulpture* mogu se dogoditi bilo

gdje, bilo kad: u galeriji, na ulici, kod kuće... Svaka skulptura postoji jedva minutu, gravitacija pobjedi, sve se sruši, a jedina stvar za zapis toga događaja je video ili, u ovom slučaju, fotografija. *Jednominutna skulptura* mogla bi se nazvati skulptorskom inačicom situacijske komedije jer oslobađa sličan osjećaj: uglavnom smiješno, često neugodno. No, bez obzira na osobni osjećaj publike jedno je sigurno: Wurmova analitičke skulpture daju jasnu sliku o tome kolika danas sloboda postoji u definiranju skulpture i materijala koji se koriste, one istražuju i performativni paradoksalni koncept u kojem subjekt postaje objekt, a gledatelj postaje gledan.

Kao što pokazuje ovo poglavlje, materijali nikada nisu pasivni i samim time izdvajanje ključnih momenata u povijesti umjetnosti, kada se pojam skulpture promijenio, je subjektivno. Upotreba različitih materijala ovisila je o tehnološkim, političkim, ekonomskim i/ili društvenim situacijama. Odabir materijala u skulpturi često je složen proces jer upotreba ima značaj ili niz značenja te ponekad predstavlja sredstvo za postizanje cilja, a ponekad materijal zauzima samo žarište u značaju umjetničkog rada.



Slika 27: Erwin Wurm, *Jednominutna skulptura, Bez naziva (Dvostruko)*, 2002.



Slika 28: Erwin Wurm, *Jednominutna skulptura, Organizacija ljubavi*, 2007.

3. MATERIJALI U KIPARSTVU- TEORIJSKA STAJALIŠTA

Postoje mnoge teorije o tome što je skulptura, a one nerijetko ovise i o dobu u kojemu se o skulpturi piše. Osnovna definicija skulpture je ta da je skulptura ili plastična umjetnost trodimenzionalni rad koji koristi materijale koji se na neki način mogu oblikovati ili manipulirati kao što su, na primjer, kamen, glina, drvo, metal, papir i tako dalje. Postoje dva elementa koji su najvažniji za skulpturu, a to su masa i prostor. Svaka skulptura koja je izrađena od nekog materijala ima masu koja postoji u trodimenzionalnom prostoru, dok je prostor taj koji pripada oblikovanju skulpture. Ostali elementi skulpture su površina, volumen, svjetlost i boja. No, trodimenzionalni umjetnički radovi, odnosno skulpture, mogu biti izrađene i od svakodnevnih materijala, takozvanih pronađenih predmeta.

Kroz povijest je količina važnosti koja se pripisivala masi i prostoru varirala pa tako je, na primjer, u egipatskoj ili u skulpturi 20. stoljeća kod nekih umjetnika poput rumunjskog umjetnika Constantina Brancusija masa najvažnija, dok je, s druge strane (slika 29), također u 20. stoljeću, u djelima ruskog umjetnika Nauma Gaba masa svedena na minimum (slika 30). Na primjeru engleskog umjetnika Henrya Moora može se vidjeti da se elementi prostora i mase tretiraju kao manje-više ravnopravni partneri (slika 31).



Slika 29: Constantin Brancusi: *Beskrajni stup, I. verzija*, 1918.



Slika 30: Naum Gabo, *Konstrukcija kroz avion (Konstrukcija na avionu)*, 1937.



Slika 31: Henry Moore, *Velika naslonjena figura*, 1984.

Tijekom povijesti koristili su se mnogi materijali, no za kiparstvo je bitno to da se bilo koji materijal može oblikovati u tri dimenzije i skulpturalno koristiti. Neki materijali su se više ili manje koristili, a to je ovisilo o estetskim svojstvima i o njihovoj dostupnosti, kao, na primjer, kamen koji je kroz povijest bio najzastupljeniji materijal monumentalne skulpture zbog toga što je kamen pogodan za vanjsku upotrebu, može ga se pronaći diljem svijeta u raznim bojama i teksturama, može ga se rezati u velikim blokovima, a, s obzirom na njegovu tvrdoću i teksturu, pogodan je za oblikovanje. Drugi najčešće korišteni materijal u kiparstvu je metal, odnosno bronca, legura bakra i kositra, jer metal je većinom jak, tvrd i izdržljiv, a kipare privlači veća sloboda oblikovanja (savijanje, rezanje, zavarivanje, lijevanje, kovanje, prešanje) nego što je to moguće u, na primjer, kamenu, a i ne treba zanemariti privlačnost boje i reflektivnost metalnih materijala. Glina je, također, jedan od tradicionalnih, lako dostupnih i čestih materijala. Široko je rasprostranjena jer je jedna od najplastičnijih materijala, lako se modelira, kad je osušena

može se strugati, a kad se pomiješa s vodom može se i lijevati. Nakon paljenja postaje trajno čvrsta i izdržljiva. Osim nabrojanih materijala koriste se i brojni drugi trajni ili netrajni materijali (perje, lišće, snijeg, šećer i tako dalje) osobito krajem 20. stoljeća kada gotovo pa više nije bilo moguće neki materijal nazivati kiparskim ili nekiparskim materijalom zbog toga što je svaki prirodan ili umjetan materijal postao upotrebljiv u izradi skulptura (tkanina, neonske cijevi, beton, poliuretan, pleksiglas, ljudsko tijelo i tako dalje). Svi ti materijali skulpturu čine i najtradicionalnijom i najinovativnijom likovnom umjetnošću.

Promjena definicije skulpture događa se u 20. stoljeću u kojemu se upotrebom suvremenih materijala i tehnologije skulptura formira na način da trodimenzionalna masa, površina, stabilnost i određene vrste materijala i postavki više nisu bitne za skulpturu. Pojavom industrijske revolucije skulptura nije više ograničena na tradicionalne prirodne materijale kao što su kamen, metal, drvo, glina i druge. Budući da današnji kipari koriste sve materijale i metode proizvodnje, umjetnost skulpture više se ne može poistovijetiti s posebnim materijalima ili tehnikama. Tehnologija postaje najvažniji čimbenik promjene u modernizmu i avangardi. Kako se mijenjaju tehnologije i otkrivaju novi materijali, tako se i mijenjaju pojmovi prostora i vremena te, posljedično tome, i umjetnost. Prije 20. stoljeća skulptura se prvenstveno smatrala umjetnošću čvrstog oblika ili mase, smatrala se reprezentacijskom umjetnošću koja je oponašala žive i nežive oblike iz života, kao, na primjer, ljudske figure. Međutim, od prijelaza 20. stoljeća skulptura je uključivala i nerepresentacijske oblike, fokus pozornosti se pomaknuo, a prostorni aspekti su postali dominantni, počele su se stvarati nerepresentativne, nefunkcionalne skulpture od raznoraznih materijala. Upravo ovakav tip korištenja materijala dovodi do takozvane krize kipa, jer dolazi do odmaka od tradicionalne obrade materijala. Rosalind E. Krauss piše:

„Prema središtu polja nalazi se humak, zadebljanje u zemlji, koje je jedino upozorenje na prisutnost djela. Kada mu se približimo, možemo vidjeti velik četvrtasti otvor rupe i krajičke ljestava kojima se spuštamo u udubinu. Tako je samo djelo posve ispod razine zemlje: napola atrij, napola tunel, granica između vani i unutra, krhka struktura od drvenih stupova i greda. Djela Mary Miss iz 1978. *Perimeters/ Pavilions/ Decoys (Perimetri/ Paviljoni/ Mamci)* (slika 32) je naravno kip ili točnije, zemljani rad. (...) U posljednjih su deset godina posve neočekivane stvari nazvane kipovima: uski hodnici s TV monitorima na kraju; velike fotografije koje dokumentiraju šetnje prirodom; zrcala postavljena u čudesne kutove sasvim

običnih soba; privremene linije urezane u tlo pustinje. Ništa, čini se, nije toj šarenoj zbirci napora moglo dopustiti da polaže pravo na kategoriju kiparstva ma što god pod time mislio. Osim ako se ta kategorija ne učini gotovo beskonačno rastezljivom. (...) Kako su 60-e prelazile 70-e i „kiparstvo“ postajalo hrpa smeća na podu, ili ispiljene sekvojine grede dokoturane u galeriju, ili tone zemlje iskopane u pustinji, ili ograde od cjepanica okružene kaminima, riječ kiparstvo postajalo je sve teže izgovoriti- no ipak ne previše teško. (...) No dok smo sve to izvodili, upravo se izraz koji smo namjeravali spasiti- kiparstvo- počeo doimati zamagljeno. Namjeravali smo upotrijebiti općenitu kategoriju da bismo skupini pojedinačnosti podarili istinitost, ali je kategorija bila prisiljena pokriti takvu raznolikost da je i sama došla u opasnost da se izgubi. I tako zurimo u rupu u zemlji i mislimo da i znamo i ne znamo što je kiparstvo.“ (Krauss, 1985: 304-305)

Iz navoda se može vidjeti da je Krauss svjesna i kritična prema kaotičnosti toga doba, no danas u 21. stoljeću, ništa se nije promijenilo osim da riječ kiparstvo sve više pruža korijenje i miješa se s ostalim medijima, a to nije nužno loše.



Slika 32: Marry Miss, *Perimetri/Paviljoni/Mamci*, 1978.

Generacije umjetnika unijele su cijeli niz inovacija. Mnogi su napustili tradicionalnu obradu materije i počeli razmišljati o skulpturi kao konceptu. Promjena i razvoj upotrebljanih materijala u kiparstvu i stav umjetnika prema tradicionalnim materijalima naspram suvremenih

očito se promijenio i dalje se mijenja. Suvremeni materijali umjetnicima pružaju suvremenost, slobodu i originalnost, no stari tradicionalni materijali poput bronce, kamena, drveta pa čak i gipsa imaju svoju vrijednost i tradiciju te ih publika danas i dalje podržava.

„Zajednička osobina svih predmeta koje svrstavamo u „umjetnička djela“ je njihova sposobnost da proizvedu smisao ljudskog postojanja (da odrede moguće putanje) u kaosu koji vlada u realnosti. Upravo zbog te definicije, cjelokupna suvremena umjetnost je danas na lošem glasu. Naročito je napadaju oni koji pod pojmom „smisao“ podrazumijevaju nešto što prethodi ljudskoj akciji: gomila papira ne može biti remek- djelo, jer smisao, kao jednom zauvijek dati entitet, prevazilazi odnose u društvu i kolektivne konstrukcije. Oni zatvaraju oči pred činjenicom da svijet nije ništa drugo do kaos kome se Čovjek suprotstavlja posredstvom riječi i forme; oni bi voljeli da postoji neki već gotov smisao (i moral koji ga transcendira), porijeklo kojim će taj smisao biti zajamčen (poredak koji treba pronaći) i utvrđena pravila (dajte nam instant slikarstvo!). (...) Kritizira se „previše konceptualni“ izgled radova, pri čemu se nerazumijevanje njihove forme kombinira sa olakom upotrebom pojma čije se značenje također ne razumije. (...) Oni izlažu i istražuju proces koji vodi ka objektu, ka značenju.“ (Bourriaud, 1998: 24)

Njemački filozof egzistencijalizma Martin Heidegger piše da je skulptura u predmoderno doba bila povezana sa spomenikom i da je zauzimala određeno mjesto, odnosno da su spomenik i mjesto združeni skupa proizveli skulpturalnu kohezivnu cjelinu. (Konopka, 2003) No, Heidegger je protiv tradicionalnog shvaćanja prostora, to jest da je prostor samo prazna soba, kontejner, i smatra da nam skulptura pokazuje na koji način pripadamo svijetu usred tehnološkog procesa. (Mitchell, 2010) Heidegger govori o tome da trebamo naučiti prepoznati da su stvari same po sebi mjesta i ne pripadaju samo nekom mjestu te da je skulptura utjelovljenje mjesta. Nadalje, smatra da čovjek ne stvara prostor jer on nije nešto stvarno, poput predmeta. Čovjek oprostoriuje prostor, prosjeca kroz, prosjeca prema svjetlu, oslobađa. (Kalčić, 2011)

Po Rosalind Krauss postoji pauza u kiparskoj praksi i teoriji koju ona definira kao pukotinu između predmoderne i moderne skulpture. Krauss piše da, s rođenjem modernizma, unutarnja logika spomenika počinje pucati. Dakle, dok je spomenik pozitivno uključivao prostor, modernistički ga prostor utjelovljuje samo kao negativ. Smatra da rođenje modernističke skulpture ulazi u svoje negativno stanje, apsolutni gubitak mjesta, a spomenik postaje uglavnom

samoreferentan. Tvrdi da modernističko odbacivanje prostora zahtijeva da se skulptura sada definira negativno, to jest da ona više nije „je“, već je postala utjelovljenje onoga što „nije“. U modernizmu se vidi da je skulptura od arhitekture razdvojena i postaje ono što Krauss definira kao kombinaciju arhitekture i krajolika: gradnja mjesta, a pojavom postmoderne skulptura više nije jednostavna negacija mjesta. Umjesto toga, Krauss smatra, skulptura počinje istraživati mogućnosti mogućih kombinacija između negativnog i pozitivnog: krajolika i nekrajolika, arhitekture i nearhitekture što se može vidjeti na primjeru Land arta ili instalacije kod kojih mjesto i skulptura postaju kohezivna cjelina. (Konopka, 2003)

Od 60-ih godina prošlog stoljeća modernu umjetnost zamjenjuje postmodernizam. Za razliku od ranih modernista, postmodernistički umjetnici koriste široku paletu materijala. Osim ključnog momenta svijesti o mogućnostima raznolikih materijala dolazi i do svijesti da se skulptura može pomicati, mijenjati prostor i, naravno, zauzimati određeno mjesto u prostoru. Minimalisti smatraju da su skulpture strukture, da su specifični objekti. Termin specifični objekt uveo je američki minimalist Donald Judd koji objašnjava da je to objekt koji nema druga svojstva osim da je objekt koji je u odnosu s drugim objektima. Prema tom smo objektu prisiljeni odnositi se tjelesno hodajući oko ili kroz njega. Donald Judd je o svom radu, u kojemu vrlo često koristi oblik kocke od raznih vrsta metala koji reflektira okolni prostor, rekao da one nemaju veze s konstruktivizmom, građenjem konstrukcije, kompozicije i strukture, nego su one jednostavno i samo kocke u prostoru. (Šuvaković, 2000) Judd svoje kocke ili kvadre, specifične objekte, postavljene horizontalno ili vertikalno, ravnih i često reflektirajućih površina postavlja u prostor kako bi se suptilno odnosile prema okruženju u kojima se nalaze (slika 33). Minimalističke skulpture oblikovane su tako da su skulptura/instalacija i gledateljevo iskustvo prostora, svjetla i vremena postali primarna žarišta pozornosti.



Slika 33: Donald Judd, *Bez naziva (Šest kocki)*, 1974.

Tijekom 20. stoljeća američki umjetnici poput Donalda Judda, Sola LeWitta, a osobito Carla Andrea utječu na razvoj skulpture i promjenu njene definicije. Carl Andre šezdesetih je godina počeo slagati industrijske komponente kao što su drvo, metal, opeke i bale sijena u interakciji s izložbenim prostorima. Radi s materijalima koje pronalazi na licu mjesta, skuplja predmete i proizvodi djela koja spajaju stvarnu prisutnost s prostornom integracijom. U Andreovom umjetničkom djelovanju skulptura mijenja status, redefinira se jer više nije simbolički ili figurativni element, nego stvarni predmet koji je jednako dio svijeta kao što su drvo ili zid. Tijekom šezdesetih godina prošlog stoljeća razvio se njegov pojam skulpture, najprije kao forma, zatim kao struktura i konačno kao mjesto. Andre koristi uglavnom identične jedinice postavljene u linearnim ili kvadratnim konfiguracijama izravno na podu ili tlu i ostavlja ih nevezane; estetski fokus je na njihovom poretku i okruženju. Objekti su potpuno prisutni u istom prostoru kao i gledatelji koji su pozvani da ih dodirnu. U radu *Poluga* iz 1966. godine (slika 34), koji je sačinjen od 137 nevezanih podnih šamotnih opeka postavljenih u jednom redu, gledatelji su pozvani da na njima sjede kako bi iskusili njihovu gustoću, omjer i položaj. Andre je svoj rad opisao kao istraživanje mogućnosti ulaska u skulpturu. Mjesto je prostor unutar okoline koji je promijenjen na takav način da opće okruženje učini opipljivijim, rekao je Andre, naglašavajući da je sve u okruženju, ali mjesto je povezano s općim odlikama okoliša i određenim kvalitetama rada koji je načinjen. (Ran, 2009)



Slika 34: Carl Andre, *Poluga*, 1966.

Sortiranje, kombiniranje i stavljanje industrijskih materijala koji nisu promijenjeni od strane umjetnika definiralo je nove tendencije u kiparskom radu. Dakle, Carl Andre svoj rad definira kao „skulptura kao mjesto“ i tako se interes preusmjerio na odnos između umjetničkog objekta i negativnog prostora. Andreova definicija skulpture forma = struktura = mjesto negira jedinstvenost predmeta i dopušta mu značenje samo u kontekstu u kojemu je koncipiran. David

Bourdon je rekao da je Andreovo istraživanje skulpture kao „mjesta“ najdrastičnije redefiniranje trodimenzionalne umjetnosti u posljednjih četrdeset godina. (Ran, 2009)

Andre je pomogao redefinirati mogućnosti skulpture za cijelu generaciju nadolazećih umjetnika na način da je zapravo ogolio skulpturu na njezine najosnovnije elemente i preusmjerio je iz vertikalne u horizontalnu ravninu, a zatim je, radeći sa standardnim, nemodificiranim industrijskim elementima i materijalima redefinirao skulpturu kao sredstvo doživljavanja prostora, forme i materije.

Iz ovog se poglavlja može zaključiti da je rad suvremenih umjetnika, kipara, dinamična kombinacija materijala, metoda, koncepata i tema koji provociraju mijene tradicionalnih granica i prkose jednostavnoj definiciji, da je suvremena umjetnost različita i eklektična te ima nedostatak jedinstvenog načela organiziranja, ideologije ili orijentacije i da se upotrebom suvremenih materijala i tehnologije mijenjala definicija skulpture te da je skulptura postala involvirana i u druge vidove umjetnosti što je otvorilo nove mogućnosti likovnog izražavanja.

4. ZNANOST O MATERIJALIMA I RAZVOJ TEHNIČKIH MATERIJALA

Sve materije imaju masu i anektiraju prostor. Materijali su krute materije od kojih su načinjeni uporabni proizvodi, a znanost o materijalima posvećuje se istraživanju unutrašnje strukture, svojstvima i proizvodnji materijala. Znanost o materijalima je široko područje koje četrdesetih godina prošlog stoljeća počinje brzo rasti i samim time se identificira kao specifično polje znanosti i inženjerstva. Matematičari, kemičari, fizičari i znanstvenici iz drugih područja tijekom zadnjih gotovo osamdeset godina, koristeći svoja saznanja, spoznaju postupke za dobivanje suvremenih materijala kao što su razne legure i kompoziti. Zbog toga se nakon sedamdesetih godina prošlog stoljeća formira nova disciplina u znanosti koja se zove Znanost o materijalima i inženjerstvo materijala. Nastala je spojem fizike i kemije i spojem kemijskog inženjerstva, graditeljstva, strojarstva i sličnih inženjerskih grana poput metalurgije, znanosti i tehnologije prerade i proizvodnje metala i legura. Dok se znanost o materijalima posvećuje istraživanju unutrašnje strukture, svojstava i proizvodnje materijala, tehnologija materijala posvećuje se preradi i obradi materijala u korisne svrhe. Razvoj materijala ovisio je o vještinama i empiriji, no danas, s obzirom da je pri dobivanju novih materijala potrebna primjena pristupa iz raznih znanstvenih disciplina, metoda i upotreba računala, znanost o materijalima je interdisciplinarno područje zbog toga što se rezultati istraživanja transportiraju i koriste u drugim znanstvenim granama kako bi se razvili novi, bolji proizvodi. Ono obuhvaća izum i dizajn novih materijala, a primjeri toga vidljivi su u elektronici, medicini, graditeljstvu i sličnom.

Broj materijala od 1940. godine do danas eksponencijalno raste. U posljednjih šesdesetak godina u primjenu je ušlo toliko vrsta materijala koliko u svim prethodnim stoljećima. Danas je na raspolaganju 70 000 do 100 000 različitih vrsta materijala te se, iako je broj osnovnih vrsta znatno manji, raznovrsnost postiže varijacijama sastava i strukture kao posljedice dobivanja materijala ili naknadne obrade. (Sonički, 2013)

Na primjer, od 1945. do 1975. godine proizvodnja čelika je narasla šest puta, a aluminiya čak trinaest puta. Od 1975. godine do danas taj rast proizvodnje i potrošnje osnovnih metalnih materijala je gotovo zaustavljen zbog toga što je porasla motivacija za štednjom materijala dobivenih iz neobnovljivih sirovina jer je došlo do zasićenja industrijskih proizvoda, a i tehnički je razvoj omogućio lakše i sigurnije konstrukcije, to jest materijale s više nosivosti. Također su omogućene pouzdanije mjere proračuna, bolje metode kontrole i slično, jer u primjeni raste

udio polimera i njihovih kompozita te ostalih novih materijala, a povećan je i udio recikliranih materijala, što smanjuje dio potreba za primarnom proizvodnjom materijala. Najveći rast bilježe polimerni materijali: od nekoliko milijuna tona 60-tih godina do današnjih oko 200 milijuna tona, s procjenom dvostruke proizvodnje za idućih 30-tak godina. Iako su predviđanja i prognoze nezahvalne, prateći razvoj i primjenu pojedinih materijala uočava se da približno svakih 75 godina pojedine skupine materijala doživljavaju maksimum proizvodnje i primjene.

Tako su materijali na bazi željeza imali maksimum proizvodnje i korištenja oko 1970. godine, a nakon toga nastupa stagnacija. Supstitute čine sve više polimerni i kompozitni materijali pa se maksimum proizvodnje polimera očekuje sredinom 21. stoljeća. Na primjer, prosječni američki automobil 1978. godine sastojao se od približno 60% željeza (čelika), 10-20% plastičnih materijala te 5-10 % aluminija. Od tada do danas udio čelika u automobilu opada, a povećava se udio aluminija, polimera i kompozita. (Katavić, 2008)

Danas mnoga sveučilišta poput MIT-a, Oxforda i Harvarda, osim što imaju odjel o materijalima na kojima razvijaju nove materijale, imaju i odjele poput kemije i fizike na kojima se, također, sudjeluje u istraživanjima materijala. Njihove teme istraživanja temelje se na otkrivanju, dizajnu i razvoju novih materijala te istražuju proizvodnju legura za strukturne i nuklearne primjene, polimere, biomaterijale, nanomaterijale za kvantno računanje i elektroničke uređaje budućnosti. Na takvim sveučilištima neophodno je da se pod pojmom novi materijal podrazumijeva bitno novi sastav, struktura i svojstva, bitno novi postupak proizvodnje i oblikovanja i nova područja primjene u odnosu na klasične materijale. (Sonički, 2013) Dakle, znanost o materijalima je i izmjena svojstava ili inovativna metoda uporabe već znanih materijala, ali i kreiranje sasvim novih materijala koji do tad nisu postojali poput nanomaterijala, biomaterijala i tako dalje. Novi materijali će se nastaviti stvarati i u budućnosti i zamjenjivati s postojećima koji ne odgovaraju po svojim svojstvima, sastavu ili proizvodnji. Mnoga znanstvena otkrića trenutno nisu moguća zbog manjka odgovarajućih materijala, no s napretkom u znanosti o materijalima mijenjat će se i tehnološki napredak čovječanstva pa tako i umjetnost.

5. VRSTE TEHNIČKIH MATERIJALA I NJIHOVA SVOJSTVA

U kiparstvu su se kroz povijest koristili razni materijali, no izbor materijala u umjetnosti ipak se razlikuje od izbora tehnoloških materijala koji se koriste u industrijskoj proizvodnji u kojoj izbor materijala ovisi o složenosti proizvodnje proizvoda, o uporabnim i proizvodnim svojstvima. Bitno je kako se svojstva materijala mogu korisno upotrijebiti, kako im naći nova područja primjene ili, jednostavno, kako dobiti bolje i/ili jeftinije proizvode. Da bi se shvatile mogućnosti upotrebe materijala u kiparstvu potrebno je znati i osnovne podjele i svojstva tehničkih materijala.

Načelno, svojstvo se može tumačiti kao obilježje, osobinu, značajku, tj. karakteristiku. Svojstvo je oznaka za razlikovanje koja pripada nekoj stvari, a zajednička je svim članovima jednog razreda, odnosno vrste. Nadalje, svojstvo je učinak što ga materijalni objekt, odnosno tvar ima na drugi objekt i tako osposobljava prvi objekt za obavljanje određenih zadataka. (Hrgović, 2007)

Svojstva materijala dijele se na uporabna (eksploatacijska) i proizvodna (tehnološka) svojstva. Uporabna svojstva dijele se na fizikalna, kemijska i mehanička svojstva. Mehanička svojstva nastupaju u uvjetima mehaničkog opterećenja, odnosno mehanička svojstva su skup karakteristika materijala koja uvjetuju njihovo ponašanje u uvjetima mehaničkog opterećenja poput čvrstoće, kao što je otpornost na razne deformacije ili kidanje, tvrdoće tj. otpornosti na trošenje, žilavost, tj. otpornost na udarna opterećenja i elastičnost koja je sposobnost materijala da se vrati u prvobitno stanje poput memorijske pjene.

Razlika između kemijskih i fizikalnih svojstava može se objasniti na način da su kemijska svojstva ona koja omogućuju alteraciju tvari, dok su fizikalna svojstva grupa atributa materije pomoću kojih se okarakterizira i ispituje stanje i alteracija stanja bez alteracije tvari. Kada se zbog utjecaja, na primjer, kiseline, lužine, vlage, soli i slično, to jest zbog vanjskih utjecaja neka tvar pretvori u drugu tvar, tada se radi o kemijskim svojstvima, dok su fizikalna svojstva talište i krutište, isparavanja i ukapljavanja, specifična težina, boja i neprovidnost za svjetlo i tako dalje.

Tehnološka svojstva su vezana uz izbor postupka obrade. Lijevanje, prešanje, savijanje, kovanje i izvlačenje pripadaju u skupinu obradivosti deformacija, a pod obradivost skidanjem

strugotina misli se na tokarenje, glodanje, turpijanje, blanjanje, piljenje i bušenje. Ukoliko se materijal kali, nitrira, cementira ili žari, misli se na toplinsku obradivost.

Tablica 1: Osnovna svojstva tehničkih materijala (Vlaić, 2007: 7)

Mehanička svojstva	Čvrstoća	Otpornost materijala naspram sile koja ga nastoji prekinuti. S obzirom na pravac djelovanja sile razlikujemo čvrstoću na: <ul style="list-style-type: none"> - vlak ili istezanje - tlak ili sabijanje - uvijanje, torziju ili sukanje - izvijanje - odrez ili smik - savijanje.
	Tvrdoća	Otpornost materijala prema prodiranju u njegovu strukturu.
	Žilavost	Otpornost materijala na promjenjiva opterećenja. Padom temperature smanjuje se žilavost što je čest uzrok loma materijala.
	Elastičnost	Sposobnost materijala da se nakon rasterećenja vrati u prvobitni položaj.
Tehnološka svojstva	Ljevkost	Sposobnost materijala da se da lijevati. Dobru ljevkost ima onaj materijal koji dobro popunjava kalupe i koji se prilikom hlađenja što manje skuplja.
	Zavarljivost	Sposobnost materijala da se da spajati u jednu cjelinu postupcima zavarivanja ili lemljenja.

	Kovkost	Sposobnost materijala da se udarcima čekića da oblikovati u toplom ili hladnom stanju, a da pri tom ne dođe do pucanja strukture, tj. do pojave pukotina.
	Obradivost odvajanjem čestica	Sposobnost materijala da se da obrađivati postupcima ručne ili strojne obrade odvajanjem čestica i da se ne lijepi za alat.
	Obradivost toplinskom obradom	Sposobnost materijala da mu se zagrijavanjem do određene temperature, a zatim brzim ili laganim hlađenjem, mogu mijenjati svojstva.
Fizikalna svojstva	Boja	Karakteristična je za određeni metal.
	Gustoća	Izražava se u kg/dm ³ .
	Toplinska svojstva	Tu pripada toplinska vodljivost, temperatura taljenja, specifična toplina, koeficijent toplinskog rastezanja.
	Magnetna svojstva	S obzirom na magnetna svojstva materijale dijelimo na magnetične i nemagnetične.
	Električna svojstva	Po električnim svojstvima materijali se dijele na vodiče, poluvodiče i izolatore.
Kemijska svojstva	Kemijska otpornost	Otpornost materijala na djelovanje atmosfere, kiselina ili lužina.
	Toplinska otpornost	Otpornost na visoke temperature uz djelovanje ili bez djelovanja kemijskih reakcija (vodene pare, plinova i sl.)

Umjetnost, odnosno kiparstvo nije se na empirijski način bavilo podjelom materijala, barem ne na način kako su se tome posvetili znanstvenici koji tehničke materijale dijele na tri osnovne stavke: metale, nemetale i sintetirane materijale. Podjela materijala bitna je da bi se savladali

osnovni pojmovi, a nakon toga će se izdvojiti materijali koji su korišteni ili imaju tendenciju korištenja u kiparstvu kao što su kompozitni materijali poput betona ili polimerni materijali poput gume i drugi.

Tablica 2: Podjela tehničkih materijala (Vlaić, 2007: 6)

METALI	<p>čelici (konstrukcijski, alatni)</p> <p>željezni ljevovi</p> <p>neželjezni materijali (aluminij, bakar, nikal, magnezij, olovo, titan, krom, cink, kositar...)</p> <p>legure neželjeznih metala (legure: aluminijska, bakra, nikla, magnezija, titana...)</p> <p>plemeniti metali (zlato, srebro, platina, iridij, paladij)</p>
NEMETALI	<p>plastične mase (termoplasti, duroplasti, elastomeri, silikoni, sintetičke mase)</p> <p>drvo</p> <p>guma</p> <p>koža</p> <p>tekstil</p> <p>staklo</p> <p>porculan</p> <p>azbest</p> <p>boje i lakovi</p>
SINTERIRANI MATERIJALI	<p>sintetirani željezni materijali</p> <p>sintetirani obojeni materijali</p> <p>tvrdi materijali</p>

	oksidno- keramički rezni materijali
--	-------------------------------------

Prema strukturi i osnovnim svojstvima materijali se mogu dijeliti i na metale, polimere (plastične materijale), keramičke i složene, odnosno kompozitne materijale. Glavna obilježja metalnih materijala su ta da su anorganske tvari, da su sastavljeni od jednog ili više metalnih elemenata, no mogu sadržavati i nemetalne elemente, da imaju kristalnu strukturu, da su električni i toplinski vodiči, da imaju metalni sjaj te da su čvrsti. Neki elementi mogu se s namjerom dodati metalu kako bi dobili metal boljih osobina za određenu upotrebu i zovu se legirani elementi, dok se neki nepoželjni elementi mogu odstraniti u procesu proizvodnje metala, no ne u potpunosti. Polimeri ili plastike su organske tvari načinjene od ugljika i elemenata poput kisika, vodika, dušika i drugih elemenata, a strukture su im veliki lanci molekula. Mehanička svojstva im ovise o kemijskom sastavu i strukturi i vrlo su različita, a električna i toplinska vodljivost im je slaba. Materijali koji su anorganski i sastavljeni od metalnih i nemetalnih elemenata te spojeni uglavnom kemijskim vezama su keramički materijali koji imaju kristalnu, amorfnu (staklastu) strukturu. Oni su tvrdi, ali i krhki, slabo provode toplinu i imaju dobra mehanička svojstva pri visokim temperaturama. Ukoliko se pomiješa dva ili više materijala tj. komponente dobivaju se kompozitni (složeni) materijali kojima je jedna komponenta osnovni materijal, a druga komponenta materijal za očvršćivanje, a to su čestice ili vlakna poput staklenih vlakana koja se pridodaju poliesterskom osnovnom materijalu.

Tablica 3: Glavne vrste tehničkih materijala

METALNI MATERIJALI	čelici željezni ljevovi aluminij i njegove slitine bakar i njegove slitine slitine magnezija
--------------------	--

	<p>slitine titana</p> <p>slitine nikla</p> <p>slitine kositra</p> <p>slitine olova</p>
POLIMERNI MATERIJALI	<p>plastomeri</p> <p>duromeri</p> <p>elastomeri (gume)</p> <p>posebne vrste polimera</p>
KERAMIČKI MATERIJALI	<p>tradicionalne keramike</p> <p>tehničke keramike</p> <p>ugljikova keramika</p> <p>silikatne strukture</p> <p>keramička stakla</p>
KOMPOZITNI MATERIJALI	<p>plastike očvrsnute vlaknima</p> <p>ugljični kompoziti</p> <p>beton</p> <p>sintetirani kompoziti</p> <p>lijevani kompoziti</p> <p>drvo</p>
NOVI MATERIJALI	<p>metalne pjene</p> <p>nanomaterijali</p> <p>tekući kristali</p> <p>inteligentni materijali</p>

5.1. Metalni materijali

Metali se dijele na čelike, željezne ljevove, neželjezne metale, legure neželjeznih metala i na plemenite metale. Čelici su legura željeza i ugljika s ostalim elementima, a dijele se na konstrukcijske i alatne čelike. Alatni se, kako i sami naziv govori, koriste za izradu alata. Alatni se ugljični čelici zbog niže cijene legiranih alatnih čelika koriste za izradu alata za kratkotrajan rad poput čekića, škara, mjernih alata i slično, dok se legirani upotrebljavaju za izradu kvalitetnijih alata dugog vijeka korištenja. Na primjer, kipari preferiraju dljetna načinjena od legiranih čelika zbog kvalitete, odnosno dugoročnosti uporabe. Konstrukcijski čelici također se razlikuju po svojem kemijskom sastavu i dijele se na konstrukcijske ugljične i konstrukcijske legirane čelike.

Tablica 4: Podjela čelika prema kemijskom sastavu (Vlaić, 2007:41)

PODJELA ČELIKA PREMA KEMIJSKOM SASTAVU			
Ugljični (nelegirani) čelici		Legirani čelici	
Alatni čelici	Konstrukcijski čelici	Alatni čelici	Konstrukcijski čelici

Kipari nerijetko biraju metal po boji ukoliko je im je bitna simbolika boje ili vrijednost metala pa tako biraju zlato radi specifične žute ili pak bakar radi specifične crvene boje. Obojeni metali dijele se na teške, lake i plemenite. Plemeniti metali su srebro, platina i spomenuto zlato, dok su laki obojeni metali aluminij i magnezij, a teški obojeni metali su bakar, cink, olovo, kositar, nikal, krom, mangan, kobalt, molibden, volfram, vanadij, titan i živa.

Tablica 5: Podjela obojenih metala (Tonfar, 2007:81)

OBOJENI METALI		
TEŠKI	LAKI	PLEMENITI
bakar	aluminij	srebro

kositar	magnezij	zlato
čink		platina
olovo		
nikal		
krom		
mangan		
kobalt		
molibden		
volfram		
vanadij		
titan		
živa		

Obojeni metali su rjeđi, teže se dobivaju te su samim time i skuplji pa zbog toga rijetki umjetnici imaju priliku koristiti obojene plemenite materijale u svojim radovima. Ponajviše se koriste u maloj plastici, dok skulpture velikih dimenzija u današnje doba možemo vidjeti, na primjer, u aluminiju, no ne i u zlatu. Jedan od rijetkih je engleski umjetnik Marc Quinn koji je izradio skulpturu pod nazivom *Sirena*, odnosno lik britanskog modela Kate Moss u prirodnoj veličini (Slika 35). Skulptura je načinjena od pedeset kila 18 karatnog zlata. Težina skulpture odgovara težini modela. Umjetnik je smatrao da ju je, s obzirom na to da je Kate Moss ikona, odnosno Afrodita današnjeg doba, potrebno odliti u zlatu. Skulptura je bila postavljena u British Museumu u Nereid galeriji uz skulpture grčkih božica pa tako i Afrodite.



Slika 35: Marc Quinn, *Sirena*, 2008.

Znanstvenik Dušan Hrgović opisuje metale na sljedeći način:

„Metalni materijali imaju čitav niz karakteristika po kojima se bitno razlikuju od ostalih materijala. Te karakteristike proizlaze iz specifičnog načina vezivanja metalnih atoma u metalnoj vezi. U većini slučajeva pokazuju dobru oblikovljivost ili sposobnost deformacije bez raskidanja suvislosti materijala. (...) Pretežno su dobri vodiči elektriciteta i topline. Obradena i polirana površina ima karakterističan metalni sjaj i veliku moć refleksije svjetlosnih zraka. Osobito imaju veliku moć apsorpcije za obično svjetlo, što rezultira neprovidnošću u tom svjetlu.“ (Hrgović, 2007)

Dva ili više obojena metala zajedno čine slitine koje mogu biti dvokomponentne, trokomponentne i višekomponentne. Ukoliko je leguri osnova aluminij kojemu se dodaje magnezij, mangan, cink, nikal ili silicij, onda se govori o legurama na bazi aluminija, dok legurama na bazi magnezija uz magnezij može biti pridodan aluminij, mangan i cink. Nadalje, postoje i legure na bazi olova, nikla, kositra i titana, no najvažnije su legure na bazi bakra poput mjedi koji je spoj bakra i cinka. Bronze su, pak, legure na bazi bakra, no u kombinaciji s ostalim metalima te ih umjetnici najčešće koriste za izradu skulptura.

Umjetnici nerijetko koriste metal za izradu svojih likovnih radova jer je metal čvrst i stalan materijal čija površina, boja, sjaj, sposobnost deformacije i oblikovanja omogućava mnoge izražajne mogućnosti.

5.2. Keramički materijali

Keramički materijali su interesantni ponajprije zbog njihove upotrebe u raznim okvirima primjene koja je prvenstveno tehničke prirode poput implantata u dentalnoj medicini, raznih reznih alata pa tako i kuhinjskih noževa, elektronskih elemenata, motora sve do sanitarija poput toaletnih školjaka. Umjetnici, naravno, također koriste keramiku, a to se može vidjeti u mnogim primjerima umjetničkih radova kao što je Fontana, već spomenutog *ready-madea* Marcela Duchampa iz 1917. godine, odnosno potpisanog pisoara.

Keramički materijali su velika grupa materijala u koju pripadaju svi nemetalni i anorganski spojevi, no najveći udjel su kemijski spojevi metala i nemetala, dakle, keramički materijali su anorganski materijali sastavljeni od metalnih i nemetalnih elemenata spojenih ionskim i/ili kovalentnim vezama. Gledano s pozicije njihove tehničke primjene, keramički materijali mogu biti podijeljeni u dvije skupine, a to su tradicionalni keramički materijali i novi tehnički keramički materijali. Tradicionalni keramički materijali su konstruirani načelno od tri elementa, a to su glina, kvarc i glinenac, s tim da je glina osnovni sastojak keramike. Zbog toga što je glina plastična, moguće je oblikovati, na primjer, pločice, opeke ili porculan, no nakon pečenja na visokoj temperaturi ti isti proizvodi će očvrnuti. Keramika je tvrda s visokom temperaturom taljenja, visokom tlačnom čvrstoćom, niskom toplinskom i električnom vodljivošću te ima dobru toplinsku i kemijsku stabilnost. Keramika se može podijeliti i prema veličini zrna na grubu i na finu keramiku, a prema kemijskom sastavu na silikatnu keramiku, oksidnu i neoksidnu keramiku, to jest na silikatne strukture, ugljikovu keramiku, odnosno grafit i dijamant i keramička stakla. Nove tehničke keramike sastoje se od kemijskih spojeva poput oksida, karbida i nitrida (slika 36).



Slika 36: Primjeri tehničke keramike čija je namjena izolacija u elektrotehnici

5.3. Polimerni materijali

Danas je nemoguće zaobići polimere i zbog toga su mnogi upoznati s općim značajkama polimera i njihovim svojstvima. Upotrebljavaju se u svim djelatnostima poput medicine, elektronike i drugih, jednako kao i ostali svakodnevni materijali s kojima se susrećemo poput keramike, drva, metala ili stakla. Velika većina ljudi, pa tako i umjetnika, za polimere koristi riječ plastika što je uvriježeni naziv za sve vrste polimernih materijala, tj. umjetne ili poluumjetne polimerske materijale. Plastika je u suvremenom društvu jedan od najviše korištenih materijala. Koristi se u umjetnosti lijevana u kalupe, reciklirana ili kao *ready-made* (ambalaža za hranu i piće, igračke, električni aparati, računala, namještaj...) kao što je na primjer rad kineskog umjetnika Wanga Yuyanga pod nazivom *Dah-ured za financije* (slika 37, 38, 39). Rad replicira tipični uredski prostor s iznimkom što gotovo svaki objekt u uredu diše, odnosno pomičan je, a to je uspio učiniti upotrebom gume i motora.



Slika 37: Wang Yuyang, *Dah- ured za financije*, 2013.



Slika 38: Wang Yuyang, *Dah- ured za financije*, 2013.



Slika 39. Wang Yuyang, *Dah- ured za financije* (detalj), 2013.

Postoji preko 10 000 raznih vrsta plastike, no moglo bi se reći da je broj vrsta plastike neograničen jer se može pomiješati s mnogim drugim elementima. Također, i njezina je upotreba neograničena te je od svih tehničkih materijala u najvećem proizvodnom i potrošačkom porastu jer se koristi u različitim segmentima života od građevinarstva, elektronike, poljoprivrede, medicine, kućanstva do modne industrije, no broj pojedinih plastika nastoji se smanjiti radi reciklažnih problema. 1997. godine u svijetu se godišnje proizvodilo oko 150 milijuna tona sintetskih polimera, a predviđao se njihov porast na više od 200 milijuna do 2000. godine. Po mnogim autorima 20. stoljeće naziva se „polimerno doba“ zbog toga što je 1970. godine proizvodnja sintetskih vlakana premašila količinu dobivenih prirodnih vlakana, a 1979. godine proizvodnja plastomera volumenom je premašila proizvodnju čelika. (Janović, 1997)

Po drugom izvoru proizvodnja plastike porasla je za 173 puta od 1950. do 2007. Prema podacima iz 2008. godine u svijetu je proizvedeno više od 245 milijuna tona plastike i više od

30 milijuna tona gumenih proizvoda. Ukoliko kompariramo plastiku i čelik po obujmu, to je oko dvije milijarde tona čelika, a najveća godišnja proizvodnja čelika u povijesti dostigla je tek oko 1,3 milijarde tona.

Prvim sintetskim polimerom smatra se fenol-formaldehid (PF) poznatiji pod nazivom bakelit, a 1909. godine i danas poznata tvrtka Bayer počinje proizvodnju sintetskog kaučuka, polizoprena (PI). Nadalje, dvadesetih i tridesetih godina 20. stoljeća počinje industrijska proizvodnja onoga za što danas znamo da su najprošireniji polimeri, tj. polietilena (PE), poli(vinil-klorida) (PVC) i polistirena (PS), dok je polipropilen (PP) posljednji široko primjenjivi sintetizirani polimer, razvijen 1956. godine, a sve prošireniji poli(etilen-tereftalat) (PET) sintetiziran je 1941. godine. (Čatić, Barić, Rujnić-Sokele, 2010) Francuski umjetnik Jean- Francois Bocale u radu *Sve mora otići* (slika 40) iz 2014. godine koristi 97 000 plastičnih vrećica, odnosno koristi materijal polietilen visoke gustoće (PE- HD) od kojega su izrađene vrećice kako bi naglasio problem nerekiciranja plastike danas.



Slika 40: Jean- Francois, *Sve mora otići*, 2014.

S obzirom da su polimeri kao što su PET ili PVC nastali u 20. stoljeću, često se misli da su polimeri materijal novijeg doba, no prvo su stvoreni prirodni polimeri, biopolimeri, organski polimeri i prirodni anorganski polimeri, a tek nakon njih stvoreni su umjetno proizvedeni polimeri. Čak i prije 16. stoljeća izrađivan je kemijski modificiran prirodni polimer zvan kazeinska plastika jer je rađen od mlijeka, tj. od bjelančevine pod imenom kazein.

Postoje tri bazne grupe biopolimera, a to su polisaharidi, nukleinske kiseline i bjelančevine, odnosno proteini od kojih nastaju živi mikroorganizmi i makroorganizmi, tj. biljke, životinje i

ljudi, dok se neke prirodne smole, ligning i prirodni kaučuk, koji se koristi za proizvodnju gumenih proizvoda, također svrstavaju u prirodne polimere. U grupu polisaharida pripadaju biljni polimeri, to jest fitopolimeri, a to su škrob, celuloza, pektin, agar, guar, tragakant i alginati. Za proizvodnju papira koristi se značajan iznos celuloze koja se, osim za papir, koristi i za izradu jute, pamuka, konoplje, lana, to jest vlakana, dok se škrob koristi kao ljepilo u proizvodnji tekstila, papira i drugog.

Polimerni materijal ima veliki broj međusobno vezanih dijelova ili jedinica, tj. molekula koje su izgrađene od organskih spojeva. Plastike i elastomeri su dvije glavne grupe polimernih materijala ukoliko se iz podjele isključe prirodni polimeri. Plastike su pak podijeljene na plastomere i duromere i sintetički su proizvedene od organskih materijala poput životinja, poljoprivrednih proizvoda i fosilnih goriva kao što su nafta, ugljen i plin. Dakle, polimerni se materijali mogu podijeliti na par načina, a to je prema podrijetlu na prirodne polimere, odnosno biopolimere (bjelančevine, hormoni, nukleinske kiseline, polisaharidi), kaučuk, svilu, celulozu, vunu, pamuk i na sintetske polimere koji prema oblicima makromolekula mogu biti linearni, trodimenzionalni, umreženi i granati, zatim se prema reakcijskom mehanizmu nastajanja dijele na stupnjevite (postupne, kondenzacijske) i na lančane (adicijske), prema vrsti ponavljanih jedinica dijele se na homopolimerne (jedna vrsta ponavljanih jedinica) i na kopolimerne (dvije ili više vrsta ponavljanih jedinica) te se prema primjenskim svojstvima dijele na polioplaste (plastične materijale), plastomere (termoplastične mase) i duromere (termoaktivne plastične mase), na elastomere, na vlakna i na premaze, ljepila i na funkcionalne polimere (katalizatori, ionski izmjenjivači, poboljšivači viskoznosti, membrane, senzori, monitori itd.) (Janović, 1997) Duroplasti su plastične mase koje zagrijavanjem postaju meke i plastične, a onda brzo otvrdnu te se nakon toga više ne mogu dovesti u tekuće ni plastično stanje. Oni se ne mogu reciklirati i ne mogu se zavarivati. Pod njih pripadaju fenolne smole, karbamidne smole, melaminske smole, epoksi-smole, poliesterske smole te poliuretani svima poznatiji kao spužve koje su česte na namještaju, no postoje različite vrste poliuretana. Mnoge od njih koriste i umjetnici, kao, na primjer, hrvatski umjetnik Neven Bilić jer su laki, imaju mogućnost širenja u kalupu i jednostavnog spajanja u cjelinu (slika 41). Za razliku od duroplasta, koji se nakon otvrdnjivanja više ne mogu omekšati, termoplasti, koji su termoplastične plastične mase, zagrijavanjem mogu ponovo prijeći u plastično stanje pa se ponovo mogu oblikovati i zavarivati te se mogu i reciklirati. Termoplasti su poznati pod nazivima polivinilklorid (PVC), polistirol (PS), polietilen (PE), akrilno staklo, poliamidi (PA), politetraflnoretlen (PTFE). Sintetička guma, to jest vulkanizirajuća plastična masa dobiva se iz nafte ili zemnog plina. Ona se vulkanizira i

upotrebljava kao i prirodna guma, no ima dugotrajan neugodan miris za razliku od plastičnih masa iz prirodnih materijala poput celuloze, to jest celuloznih plastičnih masa (fiber, celuloid, celon i celofan). Prije spomenuti kazein, koji se dobiva iz usirenog mlijeka bez masnoće, naziva se i umjetna rožina te zamjenjuje prirodni rog i slonovu kost. Silikoni se pak za razliku od ostalih plastičnih masa kojima je glavni sastojak ugljik, sastoje od silicija i kisika. (Vlaić, 2007)



Slika 41: Neven Bilić, *Dva slušača*, 2006.

Tablica 6: *Podjela i primjena polimera*

Polimeri	Duromeri	Fenol-formaldehidne smole (PF)	<ul style="list-style-type: none"> - prvi sintetski polimer (bakelit) - izolacija električnih dijelova, šperploča, lijepljeno drvo
		Poliesterske smole (UP)	<ul style="list-style-type: none"> - zajedno sa staklenim vlaknima čine stakloplastiku (poliester) - rjeđe se dodaju ugljična i aramidna vlakna - upotreba u građevinarstvu (pregradni zidovi), kemijskoj industriji (spremnici), brodogradnji (izrada trupova manjih plovnih objekata), industriji vozila, elektroindustriji i poljoprivredi
		Epoksidne smole (EP)	<ul style="list-style-type: none"> - primjena za antikorozijsku zaštitu, u automobilskoj industriji, elektroindustriji, elektronskoj i prehrambenoj industriji (unutrašnja zaštita ambalaže), vezivo u

			građevinarstvu (visokokvalitetna ljepila)	
		Poliuretani (PUR)	<ul style="list-style-type: none"> - najveći udio potrošnje je u obliku pjena, savitljivih ili krutih (sintetske spužve) - industrija namještaja, izolacijski materijal za hladnjake i zamrzivače, komponenta u sendvič-konstrukcijama 	
	Elastomeri	Kaučuk (gume)	<ul style="list-style-type: none"> - prirodni i sintetski kaučuk - gumene cijevi i crijeva, platna, trakovi, brtve, nosači motora, dijelovi za ležajeve... 	
	Plastomeri	Polietileni (PE)	Polietilen niske gustoće (PE-LD)	<ul style="list-style-type: none"> - folije za ambalažni materijal, kutije, posude, industrijski spremnici, unutrašnje obloge, izolacije, vodovodne cijevi
Linearni polietilen niske gustoće (PE-LLD)				
Polietilen visoke gustoće (PE-HD)				
		Polipropileni (PP)	<ul style="list-style-type: none"> - može se prevlačiti metalnim slojem - konstrukcijski materijal za dijelove strojeva, automobila i sl. - PP-vlakna se koriste za užad, ribarske mreže, umjetne travnjake 	
		Poli(vinil-klorid) (PVC)	Kruti poli(vinil-klorid) (PVC-U)	<ul style="list-style-type: none"> - prozorski okviri, oluci, rolete, tapete, linoleum, odvodni cjevovodi, ambalažni materijal, električni kabeli, kućišta, umjetna koža
			Savitljivi poli(vinil-	

			klorid) (PVC-P)	
		Stirenski plastomeri	Polistiren	- dijelovi uređaja, aparata, hladnjaka, kućanskih potrepština, igraćaka i modela, farmaceutski i higijenski proizvodi
			Žilavi polistiren (PS-H)	
			Pjeneći polistiren (PS-E)	- toplinska i zvučna izolacija u građevinarstvu, izolacija u hladnjačama, brodskim i drugim prostorima, ambalaža namirnica/robe osjetljive na udar (stiropor)
			Akrilonitril/ butadien/ stirenski terpolimer (ABS)	- izrada aparata i uređaja, unutarnje obloge plovila i vozila, sportska oprema
		Poli(etilen-tereftalat) (PET)		- ambalažni materijal prehrambenih, farmaceutskih i dr. proizvoda (plastenke za vodu i dr. napitke) - PET vlakna- tehničke tkanine, jedra, užad
		Poliamid (PA)		- prvi sintetski polimer- Naylon (najlon) - konstrukcijski materijali za dijelove industrijskih uređaja (zupčanici, ležišta, brtve, ventili, sklopke, cjevovodi itd.), u

			automobilskoj industriji, elektroindustriji, elektronicima
		Polikarbonati	- konstrukcijski materijali: ploče za ostakljivanje, u građevinarstvu, elektrotehnici, dijelovi opreme i aparata, kompaktnih diskova (CD), za sportsku opremu itd.
		Poli(metil-metakrilat) (PMMA)	- pleksi-staklo (plexiglas) - u građevinarstvu, za ostakljivanje zgrada, za svjetleća tijela, reklame, ravne i valovite prozirne ploče, u zubarstvu, sanitarni pribor i dr.
		Poli(oksimetilen) (POM)	- konstrukcijski materijal za dijelove strojeva i uređaja u elektroindustriji, elektronicima, strojarstvu, automobilskoj, kemijskoj industriji
		Poli(tetrafluoretilen) (PTFE)	- teflon - za kuhinjsko posuđe, za oblaganje uređaja, izradu cjevovoda, brtvila, ventila, dijelova pumpi, korozivna zaštita za medicinske i laboratorijske uređaje
Posebni polimeri	Kemijski modificirani prirodni polimeri	Celuloid (na osnovi nitroceluloze)	- prvi plastomer - zamjena za bjelokost - loptice za stolni tenis, biljarske kugle, fotografske ploče, drške noževa, igračke
		Galalit (na osnovi kazeina)	- kazeinski polimer - umjetna rožina - dugmad, nakit, izolacije električnih postrojenja
	Sintetski biorazgradivi	Poli(hidroksi-alkanoat) (PHA)	- ambalaža u prehrambenoj industriji

	polimerni materijali	Poli(vinil-alkohol)-e (PVOH)	
		Polikaprolakton (PCL)	
		Polimer mliječne kiseline (PLA)	

5.4. Kompozitni materijali

Kompozitni materijal je, kao što sam naziv nagovještava, konglomerat materijala. Sastoji se od kombinacije dviju ili više uglavnom makrokomponenti koje u načelu nisu topive jedna u drugoj i diferenciraju se sastavom i/ili formom materijala. Dakle, kada se spoje dva ili više materijala različitih svojstava (keramike, polimeri, metali) dobiju se materijali, to jest kompoziti novih posebnih varijacija svojstava (žilavost, boja, magnetna svojstva...). Komponente su u kompozitnim materijalima načelno u makrodimenzijama, no ponekad komponente mogu biti u mikrodimenzijama. Dakle, kompoziti su građeni od komponenti ili osnovne mase, tj. matrice i ojačala, odnosno dodatka. Matrica je bazni materijal koji ima određena svojstva te se njoj dodaje materijal, dodatak, pomoću kojega matrica dobiva nove kombinacije različitih svojstava. Kompozitni se materijali raščlanjuju na metalne, polimerne i keramičke, odnosno prema materijalu od kojega je sačinjena matrica, a ukoliko ih se raščlanjuje prema obliku dodataka onda su to dodaci koji su s dodatkom čestica, s dodatkom vlakana i strukturni, laminirani dodaci. Dodaci mogu sadržavati velike ili disperzirane raspršene čestice poput šljunka ili pijeska koji se koristi kao dodatak u betonu pri čemu je cement keramička matrica. Dodaci u obliku vlakana mogu biti dugi ili kratki te usmjereni ili neusmjereni, a strukturni ili laminirani dodaci mogu biti slojeviti, sendvič ili stanični poput šperploče koja je strukturni slojeviti kompozit jer je sačinjena od tankih furnir drvenih ploča spojenih ljepilom. Materijali koji podjelom pripadaju u kompozitne materijale su plastike očvrsnute vlaknima, ugljični kompoziti, sintetirani kompoziti, lijevani kompoziti, drvo i beton.

Tablica 7: Komponente kompozita

KOMPOZIT	Matrica	metalna	
		keramička	
		polimerna	
	Dodatak	s dodatkom čestica	velike čestice
			disperzirane čestice
		s dodatkom vlakana	duga ili kratka

			usmjerena ili neusmjerena
		strukturni ili laminarni	slojevit
			stanični
			sendvič

U poglavlju o polimernim materijalima pojašnjeno je što su plastike. No, ukoliko su plastike očvrsnute vlaknima, onda su kompoziti. Plastika je matrica, a dodatak su vlakna koja mogu biti staklena, aramidna ili ugljikova. Ugljikova vlakna ili U-vlakna rade se od poliakrilonitrila, skraćeno PAN-a, za staklena vlakna samo ime kaže od čega su načinjena, dok su aramidna vlakna aromatični poliamid poznat pod komercijalnim imenom kevlar. Čvrstoća kompozita od plastike i vlakana ovisi i o smjeru u kojemu su vlakna postavljena u kompozitu. Ukoliko su vlakna razmještena u svim pravcima čvrstoća nije visoka, no jednaka je u svim pravcima, a ukoliko su vlakna postavljena paralelno, tada je čvrstoća najveća. Ukoliko se kombinira plastika, točnije sintetska poliesterska smola, katalizator i staklena vlakna dobiva se stakloplastika (poznata i pod nazivom poliester), kompozit koji je u upotrebi u brodogradnji, sportskoj industriji i drugima i vrlo je uobičajen materijal. Hrvatski umjetnik Stjepan Gračan nerijetko koristi poliester radi dobrih svojstava poput visoke čvrstoće i krutosti, male težine, otpornosti na vremenske utjecaje, postojanosti na koroziju i jednostavne proizvodnje (slika 42).



Slika 42: Stjepan Gračan, *Bez naziva XL*, 1981.

Kompozitni prirodni materijal je drvo koje se sastoji od kompleksno raspoređenih stanica celuloze te je ojačano ligninom, složenim organskim polimerom, i ostalim organskim spojevima. Drvo se može koristiti u mehanički obrađenom stanju kao što su grede, daske i slično, no može se koristiti i u kemijski obrađenom stanju, a to su ugljen, katran i drugo te i kao neobrađena drvena masa, obično u građevinarstvu, ali i kiparstvu. Već je spomenuto da su dodaci kompozita strukturni ili laminirani koji mogu biti slojeviti, sendvič ili stanični poput šperploče koja je slojeviti kompozit jer je sačinjena od više slojeva tankih furnir ploča spojenih ljepilom i pritisnutih pod visokim tlakom i temperaturom. Ostali drveni proizvodi su OSB panel ploče koje su izrađene od strojno sprešanih komadića drveta sa smolom za razliku od panel ploča koje su napravljene sljepljivanjem i furniranjem drvenih letvica. Nadalje, iverica se dobiva od piljevine koja je lijepljena i potom prešana, a pluto je pak prirodni materijal koji se dobiva od kore hrasta plutnjaka. Danas, drveni kompozitni proizvodi ne koriste se samo u građevinarstvu i sličnim djelatnostima, nego i u kiparstvu. Primjer toga je francuski umjetnik Xavier Veilhan koji je od lijepljenih šperploča napravio rad pod nazivom *Thomas Bangalter & Guy Manuel de Homem Christo* (slika 43 i 44) i time dobio zanimljive linije na površini skulpture koje nisu uobičajene za skulpture načinjene od drveta.

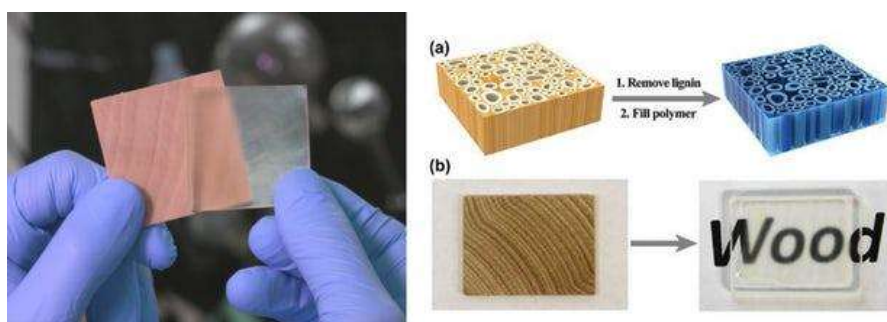


Slika 43: Xavier Veilhan, *Thomas Bangalter & Guy Manuel de Homem Christo*, 2015.



Slika 44: Xavier Veilhan, *Thomas Bangalter & Guy Manuel de Homem Christo*, detalj, 2015.

Znanstvenici sa Sveučilišta Maryland, SAD, otkrili su kako načiniti novi inovativni materijal, tj. prozirno drvo koje ima bolja izolacijska svojstva od stakla i plastike. Proces je relativno jednostavan, a sastoji se od dva procesa: najprije se drvo kuha u lužini i bisulfitu kako bi se odstranili tragovi lignina i ostale supstance i kako bi ostala čista celuloza koja se zatim preša da bi se uklonile šupljine. Time se dobiva gušće drvo, to jest materijal odličnih mehaničkih svojstava, puno boljih no što ih ima sirovo drvo. Nadalje, u drugoj fazi, dobiveno drvo koje je čista celuloza natapa se epoksidnim smolama kako bi se dodatno ojačalo. Tako dobiveno drvo je prozirno, čvrsto, lakše od čelika ili betona i ekološki prihvatljivije od plastike (slika 45).



Slika 45: Prozirno drvo

Bez obzira što se beton dugo koristi u građevinarstvu i ostalim djelatnostima, tek u drugoj polovini 20. stoljeća počinje se koristiti u umjetnosti te je izrazito primjenjiv u kiparstvu. Beton je najkorišteniji građevni materijal na zemlji. Godišnje se za svakog stanovnika Zemlje proizvede od 2 do 3m³. (Bujak, 2007) Danas, u suvremenom društvu, gotovo da ne postoji

građevina koja nije u velikom postotku izgrađena upravo od nekih vrsta betona. Mnogi umjetnici zaziru od svima poznatih građevinskih materijala poput armaturnog željeza, opekarskih proizvoda pa tako i betona, često zbog toga što smatraju da takvi materijali nisu dovoljno vrijedni. No, kroz noviju povijest umjetnosti česti su primjeri upotrebe betona. Na primjer, beton koji je korišten pri izradi monumentalnog spomenika pod nazivom *Spomenik revolucije* (slika 46) hrvatskog umjetnika Dušana Džamonje koji se nalazi kod mjesta Podgarić je armirani beton, odnosno beton koji je ojačan armaturom koja se uobičajeno radi od čelika za prednapinjanje, od čelika za armiranje ili njihove kombinacije, no može biti i beton u kojega su prije lijevanja ugrađena vlakna, mreže, ploče ili šipke različitih materijala. S obzirom na veličinu spomenika, visine deset i širine dvadeset metara, upotreba armiranog betona ojačanog čeličnim šipkama bila je logična i neophodna.



Slika 46: Dušan Džamonja, *Spomenik revolucije*, 1967.

Postoji više vrsta betona: normalno teški (obični), lagani i teški, a prema mjestu proizvodnje (proizvodnom pogonu) beton se dijeli na beton proizveden u tvornici betona, beton proizveden na gradilištu za potrebe tog gradilišta i beton proizveden u betonari pogona za predgotovljene betonske elemente. (Bujak, 2007) Nadalje, podjele se vrše i prema vrsti veziva i prema vrsti agregata. Postoje betoni poput betona koji se utiskuje pod visokim pritiskom (mlazni beton), betona koji se transportira cijevima (pumpani beton), betona koji je otporan na smrzavanje, koji je lagan (dodaje mu se granulirani stiropor), koji je sporovezajući, beton koji je armiran i vodonepropusni beton, čije ime samo kazuje na to da u određenim uvjetima ne dopušta prodor vode. Ovisno o omjerima, vrsti i svojstvima komponenata ovisi i kvaliteta betona. Kvaliteta

betona ovisi i o načinu miješanja, sušenju i brizi mladog, odnosno svježeg betona te transportu i ugradnji svježe betonske mješavine.

Cement, jedna od komponenti, je hidraulično vezivo, materijal u prahu koji se stvrdnjava ukoliko se pomiješa s vodom. Nehidraulična veziva su vapno i gips. Hidraulična se veziva, osim pomiješana s vodom, mogu stvrdnuti i na zraku, dok se nehidraulična veziva stvrdnjavaju samo na zraku. Agregat, jedna od osnovnih komponenti betona, su granulirani materijali, a mogu biti prirodni (zrna prirodnog kamena), umjetni (nema ga u prirodi, dobiven je umjetnim putem: ekspanzirana glina, drobljena opeka) ili reciklirani (materijali prethodno upotrebljeni u građevini). Osim tri glavne komponente, cementa, vode i agregata, u beton se mogu stavljati i aditivi pomoću koji beton dobiva nova drukčija svojstva svježeg ili očvrstnalog betona. Dodaju se u malim količinama prije ili za vrijeme miješanja betona, a dijele se na mineralne ili kemijske aditive, odnosno dodatke. Zahvaljujući suvremenoj tehnologiji beton, osim tri osnovne komponente, danas može sadržavati i mnoge druge dodatke kao što su vlakna i polimeri koji, naravno, mijenjaju klasična svojstva betona (čvrstoću, gustoću...). Svi betoni koji imaju vidno promijenjena svojstva su specijalni betoni. Dakle, različita svojstva betona poput izdržljivosti, otpornosti na smrzavanje i drugih, daju mnogostruke mogućnosti njegove upotrebe i u umjetnosti. Odljevi prostora u različitim materijalima su specifični za englesku umjetnicu Rachel Whitread. Jedan od njenih najpoznatijih radova je *Kuća* (slika 47) to jest odljev unutrašnjosti stare kuće u Istočnom Londonu koja je bila predodređena za rušenje. Odlila ju je u prirodnoj veličini u betonu. To je postignuto prskanjem tekućeg betona u praznu unutrašnjost kuće prije uklanjanja vanjskog dijela zidova kuće komad po komad. Beton je odabran iz razloga što je novi građevinski materijal koji je otporniji od opeke i drveta od kojih je izvorno kuća bila načinjena. Rad *Kuća* izveden je 1993. godine, a srušen 1994. godine. (Culturenet, 2008.)



Slika 47: Rachel Whiteread, *Kuća*, 1993.

Beton se kao materijal i dalje razvija. Znanost i inženjerstvo koji se bave napretkom materijala napravili su pomak u inovaciji kako drugih materijala, tako i betona. Najnoviji betoni su, naravno, teško dostupni umjetnicima većinom zbog financijskih razloga ili, jednostavno, još nisu u komercijalnoj prodaji kao, na primjer, beton pod nazivom *ConFlexPave* (slika 48 i 49) koji je, pored povećane fleksibilnosti, jači i izdržljiviji od tradicionalnog betona. Osim tih karakteristika, *ConFlexPave* je beton koji može uvelike smanjiti debljinu i težinu normalnih betonskih ploča. Standardni beton je jak, ali lomljiv proizvod koji je sklon pucanju. Dodavanjem sintetičkih vlakana u beton, *ConFlexPave* rješava ovaj problem dopuštajući betonu da se savija pod napetosti. Dobiveni produkt također je pokazao poboljšanu otpornost na klizanje. Ovaj materijal može ciljano slagati komponente tako da konačni produkt može ispuniti specifične zahtjeve koji su potrebni za, na primjer, ceste i kolnike. (NTU Singapore, 2016)



Slika 48: *ConFlexPave*



Slika 49: Usporedba tradicionalnog i savitljivog betona

Znanost o materijalima i dalje razvija nove betonske kompozite. Jedan od njih je i *Topmix Permeable* beton koji se već koristi, pogotovo u često poplavljenim područjima, jer sprječava otjecanje vode niz površinu materijala, odnosno nakupljanje na istoj (slika 50). Naime, *Topmix Permeable* je prvi uistinu porozan betonski materijal koji omogućuje apsorpciju vode u zemlju ispod betona pri čemu zemlja upija višak vode te se na taj način sprječavaju poplave. Tradicionalni beton je u određenoj mjeri propustan, ali u puno manjoj mjeri. Njegova brzina apsorpcije je deset puta manja nego *Topmix Permeable* betona. (Smithsonian, 2015) Drugi inovativni betonski kompozit suprotan je *Topmix Permeableu* jer je beton sa super hidrofobom koji sprječava pucanje (slika 51). Tradicionalni beton ima rok trajanja oko četrdeset godina prije no što počne pucati zbog postupnog nakupljanja vlage tijekom zimskih mjeseci. Ukoliko bi se koristio beton sa super hidrofobom, vijek trajanja bi se produžio na sto dvadeset godina, dakle otporniji je tri puta više. (Muzenski, Flores-Vivian, Sobolev, 2014)



Slika 50: *Topmix Permeable*



Slika 51: Primjer betona bez i sa super hidrofobom

Radi problema pri proizvodnji i odlaganju sintetičkih materijala znanstvenici i inženjeri rade na inovacijama ekoloških materijala. Koriste prirodne materijale poput kostiju, školjki i morskih spužvi kako bi proizveli trajni i održivi betonski kompozit. To su betoni koji su načinjeni od organskih materijala. S obzirom da se takvi prirodni materijali mogu naći i milijunima godina stari, pretpostavka je da bi isto tako mogli produžiti vijek trajanja i betonskih kompozita u kojima se koriste. Znanstvenici i inženjeri iz područja znanosti materijala istražuju i druge biološke kompozite, odnosno, u ovom slučaju, bakterije. Napravili su bio-beton koji ima sposobnost popravka samog sebe. Naime, koriste bakterije kako bi spojili lomove zrna cementa (slika 52). To se događa zbog toga što je stvaranje vapnenca proces međusobnog djelovanja kemijskih i fizikalnih čimbenika i živih organizama u vodi. Kada vlaga ulazi u pukotine ona daje bakterijama izvor za razmnožavanje, to jest oslobađa se CO₂, dolazi do poremećaja kemijske ravnoteže koji dovodi do lučenja kalcijeva karbonata u obliku sitnih kristala, to jest proizvodi se vapnenac koji povezuje pukotine u betonu. (Chu, 2016) Materijal koji ima sposobnost popravka samog sebe bio bi zanimljiv materijal kad bi se koristio u kiparstvu, jer bi, u tom slučaju, umjetnik namjerno napravio određene pukotine u betonu i koristio bakterije koje bi spojile zrna cementa, odnosno vapnenca. U tom procesu sudjelovala bi i voda kao materijal, jer bez vlage koja ulazi u pukotine ne bi bilo izvora za razmnožavanje bakterija i oslobađanja CO₂ koji dovodi do proizvodnje vapnenca. Događila bi se interakcija, to jest simbioza između umjetnika i prirode u korist umjetničkog stvaranja.



Slika 52: Primjer zacjeljivanja betona

Betonski materijal koji se može naći u komercijalnoj upotrebi, a zanimljiv je i umjetnicima, je *Concrete cloth* (betonska tkanina) (slika 53) koja se sastoji od tri sloja, odnosno tkanine (slika 54), betonske mješavine ojačane vlaknima i poliestera koji osigurava vodonepropusnost. Betonska tkanina dolazi u obliku role koja se na licu mjesta odmotava i zalijeva vodom. Kada betonska tkanina dođe u kontakt s vodom, beton se stvrdnjava, dok vlakna onemogućuju stvaranje pukotina. Radi svojih karakteristika ovakva vrsta betona u usporedbi s klasičnim betonima je mnogostruko praktičnija za graditeljstvo. Koristi se za različite konstrukcije, fasade, zaštitu kosina, izgradnje bazena, skloništa pa i za namještaj. Betonska tkanina je otporna na vodu i požare i brža je, lakša i jeftinija za postavljanje. (Bhushan Jindal, 2018)



Slika 53: Primjer upotrebe betonske tkanine



Slika 54: Presjek betonske tkanine

Jedan od mnogih umjetnika koji u svim radu koriste betonski tekstil je i engleska umjetnica Siobhan Hapaska koja u svojim djelima često kombinira prirodne i sintetske materijale. Na primjer, u radu pod nazivom *Ljubav* (slika 55), uz pleksiglas, akrilnu boju i lak, nehrđajući čelik te drvo koristi i spomenuti beton.



Slika 55: Siobhan Hapaska, *Ljubav*, 2016.

Instalacija *Stvarnost na napuhavanje* (slika 56 i 57), rad hrvatskih umjetnika Damira Žižića i Kristiana Kožula, načinjena je od betona, odnosno umjetnici su odlili određeni broj kupališnih rekvizita/igračaka na napuhavanje kako bi dobili materijal koji je postojan i težak za razliku od zrakom ispunjene plastike. Iako postoje mnoge vrste betona, umjetnici se najčešće, možda zbog neznanja ili nedovoljnih financijskih sredstava, priklanjaju lako dostupnim betonima. S obzirom na svojstva i primjene spomenutih betonskih kompozita možda ih umjetnici u budućnosti počnu koristiti i za skulpture. (Culturenet, 2015)



Slika 56: Damir Žižić i Kristian Kožul, *Stvarnost na napuhavanje (Inflatable Realities)*, 2014., primjer pucanja betona



Slika 57: Damir Žižić i Kristian Kožul, *Stvarnost na napuhavanje (Inflatable Realities)*, 2014.

5.5. Novi materijali

Razvoj materijala nekada se odvijao na osnovi vještina i empirije, no danas se suvremena evolucija materijala odvija uporabom znanstvenih pristupa, interdisciplinarnom kooperacijom primarnih i primijenjenih disciplina te kvantitativnih metoda i računala. Danas je otkrivanje materijala posljedica smišljenog i neprekidnog djelovanja te gotovo da nema slučajnosti u otkrivanju novih materijala. U posljednjih osamdeset godina u primjenu je ušlo toliko vrsta materijala koliko u svim prethodnim stoljećima. Procjene govore da danas raspolažemo sa 70 000 do 100 000 različitih vrsta tehničkih materijala.

Znanost i inženjerstvo materijala je bitno iz više razloga, ne samo radi kreacije mnogog broja inovacija, nego je bitno i za razvoj niza različitih grana znanosti i tehnologije. Profesor emeritus na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Tomislav Filetin definira novi materijal kao materijal koji ima:

- bitno novi sastav, strukturu i svojstva materijala
- bitno novi postupak proizvodnje i oblikovanja
- nova područja primjene u odnosu na „klasične“ materijale- relativno, jer ovisi o znanju korisnika, na primjer: mikrolegirani sitnozrnati čelici povišene čvrstoće ili PH čelici su poznati već 20 do 30 godina, ali u našoj praksi još relativno nepoznati i izazivaju probleme u primjeni.

Nadalje objašnjava da od ideje o novom materijalu do njegove industrijske primjene može proći i od 10 do 15 godina, a kod kompliciranijih problema i više od 40 godina pa za primjer stavlja pametni materijal metalne pjene i to da se njeni prvi patenti pojavljuju prije skoro 50 godina, a one još nisu komercijalno raširene u primjeni. (Filetin, 1995)

Spomenuto je da je u zadnjih gotovo osamdeset godina došlo do istaknute ekspanzije inovativnih, novih materijala i tehnologija, odnosno specijalnih pametnih materijala, a to su materijali koji mijenjaju svoju mikrostrukturu i svojstva pod djelovanjem okolnih uvjeta (temperature, mehaničkog naprezanja, kemijskog djelovanja, električnog ili magnetskog polja, svjetlosti i dr.). (Sonički, 2013) Neki od njih su i nanomaterijali, to jest materijali kreirani manipulacijom molekula i atoma na nano razinama. Radi razvitka tehnologije, poput raznih laboratorijskih naprava, proučavanje i razvitak takvih materijala je postao dostižan, postao je rješivi problem i ne samo to nego se već primjenjuju u raznim djelatnostima kao što su

poljoprivreda, medicina, informatika i drugima. Nanomaterijali su materijali specifičnih svojstava (npr. ugljične cijevi imaju odličnu žilavost, krutost, toplinsku i električnu vodljivost...) koji su načinjeni od molekula ili povezanih skupova atoma identičnog kemijskog spoja ili elementa, a koji iznose od jedan do tisuću nanometara, obično od jedan do sto nanometara te mogu biti u obliku nanočestica, nanopraška i nanokristala. Za usporedbu, jedan nanometar je jednak milijarditom dijelu metra ili, na primjer, ljudska dlaka je široka oko 80 000 do 100 000 nanometara. (nano.gov, 2019) Ugljične nanocijevi koriste se za npr. LCD ekrane i monitore, dok se nanočestice koriste u kozmetičkoj industriji u kremama, u kemijskoj industriji kao npr. u bojama i ljepilima te medicini u kojoj se uz pomoć nanotehnologije tretira rak jer ne oštećuje zdravo tkivo na način da se umeću sintetičke nano cjevčice u stanice rada, a te cjevčice su dimenzija polovine promjera molekule DNK te ih u prosječnu stanicu može stati nekoliko tisuća. Nadalje, pod pametne materijale pripadaju i spomenute metalne pjene koje se pak koriste u građevinarstvu, automobilskoj, zrakoplovnoj industriji i drugim djelatnostima jer odlična svojstva poput visoke električne i toplinske vodljivosti i čvrstoće prigušuju vibracije, dok su, na primjer, kompozitne pjene, osim što imaju odlična mehanička svojstva, također otporne na visoke temperature, a ta svojstva omogućuje mikrostruktura pjene koja se sastoji od ćelija u kojima je plinska faza, dakle, metalne pjene i pjenasti kompozitni materijali su posebno strukturirani metali koji nastaju iz tekućeg metala koji ima pore, to jest raspršene mjehuriće. Osim pjena, pametnim materijalima pripadaju i gelovi, to jest aerogelovi koji za razliku od običnih gelova umjesto tekućih sastojaka imaju plin te su zbog toga aerogelovi tvari koje imaju najnižu gustoću od svih ostalih poroznih krutina i najmanju toplinsku vodljivost od bilo koje druge tvari (slika 58). Na primjer, kod uobičajenih poroznih tvari poput spužve kod kojih se pore mjere u mikrometrima ili milimetrima, kod aerogelova se veličine pora mjere u nanometrima od približno deset nanometara u prosjeku te se aerogelovi mogu sastojati i do 99% zračnih kanala. Prvi i najpoznatiji je silicijski aerogel koji, unatoč tome što ima svojstvo najmanje gustoće, nije široko primjenjiv jer se lako lomi i mrvlji, a to je zbog toga što je izrađen od silicija. Kako bi izbjegli nedostatke i ostvarili još bolja svojstva aerogelova znanstvenici su kreirali polimerne aerogelove koji su jači i prilagodljiviji te otporni na pritisak, savijanje i drobljenje te mogu biti i vrlo tanki i samim time je moguća vrlo široka industrijska i komercijalna korisnost (slika 59).

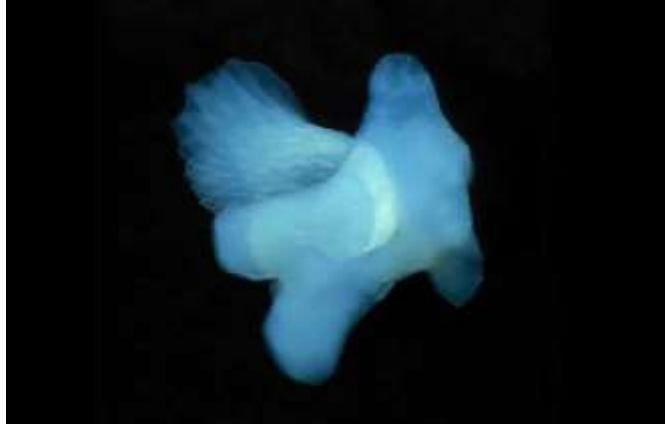


Slika 58: Aerogelom zaštićene šibice od plamena



Slika 59: Savitljivi polimerni aerogel

Skulptura iz 2002. godine pod nazivom *Stalo mi je, stalo mi je...* (slika 60) grčkog umjetnika Ioannisa Michaloudisa smatra se za prvu ikad skulpturu izrađenu od aerogela koji je još uvijek nedostupan za većinu umjetnika zbog visine njegove cijene, odnosno u komercijalnoj prodaji može se kupiti aerogel malih dimenzija, no novi materijal je zanimljiv mnogima što možemo vidjeti u primjeru izrade reljefa od aerogela nepoznatog autora (slika 61). Isto tako i Ioannis Michaloudis, koji se iskristalizirao kao umjetnik koji izrađuje radove od aerogela, skulpture radi u malim dimenzijama od kojih su neke poslane na Mjesec kao dio skulpture *MoonArk* i ostati će na Mjesecu potencijalno milijardama godina. (Ioannis, Roden, 2017)



Slika 60: Ioannis Michaloudis, *Stalo mi je, stalo mi je...*, 2002.



Slika 61: autor nepoznat, primjer izrade reljefa u silicijskom aerogelu

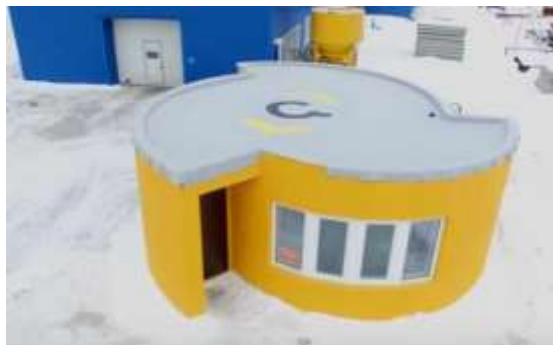
5.6. Filamenti za 3D pisače

Upotreba i funkcionalnost 3D pisača evoluirala je kroz suvremena tehnološka istraživanja, a danas se funkcija gotovih predmeta proizvedenih pomoću 3D pisača bezgranično širi, od uobičajenih uporabnih predmeta do medicinskih primjena, uključujući proizvodnju naočala, zubnih implantata te se koristi čak i u građevinarstvu.

Za ispis pomoću 3D pisača koristimo punjenje, odnosno filament. Postoje veliki printeri koji printaju cijele kuće od betona (slika 62 i 63), no postoje printeri koji, na primjer, printaju oblike od šećera (slika 64). Materijali koji se koriste u procesu 3D ispisivanja razlikuju se i po tipu, teksturi i svrsi namjene i, naravno, dostupnosti. Do danas je 3D ispis korišten uglavnom za izradu inženjerskih prototipova, no velikim napretkom u tehnologiji 3D pisači omogućavaju stvaranje koje je na razini tvornički proizvedenih predmeta. Za izradu bilo kakvog predmeta pomoću 3D pisača potrebno je prethodno znanje u za to primjerenom računalnom programu ili digitaliziranje nekog objekta pomoću 3D skenera. Ova tehnologija, osim već navedenih područja koje pokriva, sve se više primjenjuje u umjetničkom i dizajnerskom okviru, što govori o sve većem broju umjetnika koji izrađuju modele skulptura, dijelove skulptura i/ili skulpture.



Slika 62: Proces izrade kuće izrađene 3D pisačem



Slika 63: Primjer kuće izrađene 3D pisačem



Slika 64: Primjer 3D ispisanih objekata od šećera

Najčešće korištena sirovina u izradi 3D predmeta je materijal koji se naziva PLA. Koristi se jer ima nešto nižu temperaturu u samom procesu ispisa te ne stvara neugodne mirise prilikom upotrebe, ekološki je prihvatljiv jer je kao materijal biorazgradiv za razliku od većine materijala koji se koriste za 3D ispis zbog toga što se izrađuje se od kukuruznog škroba ili šećerne trske. Ovaj materijal ima mogućnost apsorpiranja drugih materijala kao što su, na primjer, drvo ili metal što istodobno mijenja njegova svojstva, odnosno elastičnost i čvrstoću nekog ispisanog predmeta. Općenita svojstva ovog materijala su visoka izdržljivost, mala elastičnost, a najčešće se koristi u izradi modela i prototipova manjih dimenzija, igrački i dr. Drugi najpopularniji materijal koji se koristi kao sirovina je ABS koji je po svojim svojstvima malo ispred PLA, no isto tako je i malo zahtjevniji za uporabu. Najpopularniji proizvodi koji se izrađuju od ovog materijala su Lego kockice, a za razliku od PLA, ABS ima veću izdržljivost te sposobnost da izdrži visoke temperature i elastičniji je u odnosu na PLA. Polikarbinat ABS legura ili skraćeno PC-ABS je termoplastika s većom gustoćom, odnosno masom, a svojstveno ovom materijalu su čvrstoća i otpornost na toplinu i fleksibilnost ABS-a (slika 65). Jedna od najraširenijih termoplastika u industrijskoj proizvodnji koristi se u izradi funkcionalnih prototipova kao što su telekomunikacijski elementi i automobilska elektronika.



a) b)
Slika 65: Primjer ispisa od a) PLA i b) ABS filameta

Najčešće upotrebljavan polimer na svijetu PET se rijetko upotrebljava za 3D ispis, no upotreba ove sirovine dolazi u PETG varijanti, što označava glikol-modificirani oblik. Svojstvo ove sirovine je to da ima manju krhkost i higroskopan je što znači da apsorbira vlagu iz zraka, a to ima negativan učinak na ispis i još jedna njegova negativna osobina je ta da je ljepljiv što nije pogodno u procesu izrade čvrstih konstrukcija no po svojim karakteristikama nalazi se između PLA i ABS-a jer je elastičniji i izdržljiviji. Još jedna varijanta PET-a je PETT (slika 66), polietilen-ko-trimetilen-tereftalat koji je po svojim svojstvima nešto čvršći od PETG, a popularan je u upotrebi zbog transparentnosti i najčešće se koristi za izradu mehaničkih dijelova, dijelova pisača i dr.



Slika 66: Primjer čaše izrađene od PETT-a

Najlon, koji ima široku primjenu u raznim industrijama, također se koristi i u 3D ispisivanju. Često se koristi s obzirom na snagu, izdržljivost i elastičnost, a prednost mu jest i ta da se može bojati i prije i nakon ispisa, no nedostatak mu je da je kao i PETG hidroskopan te ga se s obzirom na to upotrebljava u suhim uvjetima kako bi se osigurao kvalitetan ispis, a koristi se za izradu zupčanika, kopči, prototipova, itd. Drugi filament koji također ima iznimnu elastičnost i

izdržljivost, a i gumena svojstva je plastični materijal TPE (slika 67), termoplastični elastomer koji pripada u široku klasu kopolimera (i polimernih smjesa) koje su po svojstvima meke i rastezljive. Termoplastični poliuretan (TPU) je posebna vrsta TPE, a u usporedbi s TPE-om, TPU je nešto krući što olakšava ispisivanje. Također je malo izdržljiviji i može bolje zadržati svoju elastičnost na hladnoći. Termoplastični kopoliester (TPC) je druga vrsta TPE. Glavna prednost TPC-a je njegova veća otpornost na kemijsku i UV izloženost, kao i na zagrijavanje (do 150°C). Kao takav, TPE se obično nalazi u automobilskim dijelovima, kućanskim aparatima i medicinskim materijalima te je pogodan za predmete koji su pod konstantnim pritiskom.



Slika 67: Primjer 3D ispisa TPE filamenta

Polikarbonat (PC), osim što je najjači 3D filament od svih gore navedenih, iznimno je izdržljiv i otporan na fizički utjecaj i toplinu i sposoban je izdržati temperature do 110 °C. Proziran je, što objašnjava njegovu uporabu u komercijalnim proizvodima kao što su, na primjer, mamci za ribolov i elektronski zasloni. Unatoč nekim sličnim upotrebama, PC često miješaju s akrilnim ili pleksi-staklom koje se razbija ili puca pod pritiskom. Za razliku od ova dva materijala, PC je umjereno elastičan te ima mogućnost savijanja do granice deformiranja, a idealan je za izradu predmeta koji zahtijevaju zadržavanje čvrstoće, otpornosti i oblika s obzirom na utjecaj visokih temperatura poput, na primjer, elektronskih i automobilskih dijelova. Kao što PC često vizualno podsjeća na pleksi-staklo, tako postoji i filament koji se lako može zamijeniti za metalni materijal, odnosno metalni efekt u 3D ispisu možemo dobiti uz pomoć kombinacije metalnog praha i ABS-A ili PLA, no, bez obzira što nije čista slitina, izgledom ostavlja stvaran dojam metala, ne samo vizualno, već i svojom težinom jer je mješavina nekoliko puta gušća u odnosu na PLA ili ABS. Najčešće se u filamentu koristi u omjeru 1:2, odnosno 50% metalnog praha i 50% PLA ili ABS, ali postoje i mješavine s do 85% metala, što uvelike poboljšava svojstva gotovog predmeta. Vrste takoreći metala koje se mogu dobiti pri ispisu su bronca, mesing,

aluminij, nehrđajući čelik, bakar i mnogi drugi (slika 68, 69 i 70). Metalni filamenti imaju prednost za naknadnu obradu kao što je npr. poliranje, a pri tome su otporni na vremenske utjecaje, baš kao i sam metal. Najčešća upotreba je u izradi alata, završnih mehaničkih dijelova, igračaka, nagrada, medalja i slično.



Slika 68: Primjer brončanog filameta



Slika 69: Primjer bakrenog filameta



Slika 70: Primjer mesinganog filameta

Djelomično prirodan materijal koji se koristi pri 3D ispisu je kombinacija PLA i drvenih vlakana (slika 71). Na tržištu postoje mnoge varijante ove vrste filameta s obzirom na vrstu drveća kao na primjer vrbu, bor, cedar, ebanovinu, bambus, trešnju i dr. Svakom od ovih vrsta

filamenata potrebna je prilagodba pri korištenju zbog smanjenja elastičnosti i čvrstoće, a dodatna prednost je ta da se gotov predmet nakon ispisa može i doradivati. Najčešće se koristi u izradi figurica, posuda i slično, a najvjerodostojniji je za izradu drvenih elemenata na maketama u arhitekturi.



Slika 71: Primjer drvnog filameta

Freedom of Creation – FOC, nizozemska organizacija koja se bavi izradom prototipova, izradili su model košare za voće od drvene prašine i veziva i time dobili proizvod koji izgleda kao da je izrađen od drveta. Takav materijal je u velikoj mjeri manje štetan za okoliš od polimernih i metalnih materijala jer se koristi otpad od drveta, odnosno drvena prašina. Ovakva upotreba materijala, osim što je industrijski isplativa, nudi mogućnost ispisa modela kakve je vrlo zahtjevno ili pak nemoguće izraditi ručno od prirodnog komada drveta. Biorazgradivi filament jedan je od ekološki prihvatljivih, ako ne i jedini filament koji je proizveden u svrhu svjesnog korištenja polimernih materijala, a poželjan je u fazi ispisa eksperimenata ili neispravnih ispisa koji se kao otpad ne mogu razgraditi. Od već ranije spomenutih filamenata, biorazgradiv je PLA i drveni filament, jer je sam po sebi prirodan, a koristi se u kombinaciji s PLA-om. Osnovna svrha nastajanja ovog tipa biorazgradivog filameta nije samo usmjerena na ekološku osviještenost, nego i na korištenje u proizvodnji elemenata koji zahtijevaju visoku kvalitetu zvuka. Po svojim mehaničkim svojstvima ovaj filament nije čvrst niti elastičan, a najčešće je korišten za izradu prototipova.

Osim navedenih filamenata, postoji, kako je već spomenuto u uvodu teksta, filament koji svijetli u mraku (fluorescentan), odnosno funkcionira na principu da se predmet ostavi neko vrijeme na svjetlu, a nakon toga u mraku svijetli najčešće zelenim odsjajem. Ovaj filament kombinacija je fosfornih materijala s PLA ili ABS bazom. Što je stjenka materijala deblja, upija više svjetlosti, što znači i da ima jači odsjaj u mračnom okruženju. Korišten je najčešće za izradu igračaka, dodataka za odjeću i sl.

Još jedan egzotični tip filameta u nizu jest filament koji mijenja boju. Funkcionira na principu mijenjanja nijanse iz ružičaste u crvenu, iz žute u zelenu i slično, ovisno o promjeni temperature. Ova se vrsta filameta isključivo koristi u estetske svrhe, odnosno za detalje za odijevanje, igračke i dr.

Glineni filament još je jedan u nizu imitacije prirodnih materijala, a s obzirom da polimerni materijali prevladavaju u korištenju ovog tipa izrade, uz svoja zemljana svojstva, glineni filament kombinacija je gline i polimera. Ovaj tip filameta koristi se kao imitacija, odnosno lažna keramika (slika 72). Osnovno svojstvo ovog filameta je krhkost, no rezultati su gotovo autentični pravoj glini te se predmet nakon tiskanja može dorađivati na način da se dobiju efekti keramike, a koristi se u svrhu izrade figurica, posuđa i sl.



Slika 72: Primjer glinenog filameta

Kopolimer-polistiren, koji se još naziva HIPS, koristi se često u komercijalnoj proizvodnji, npr. kutije za CD. Kombinacija tvrdoće polistirena i elastičnosti gume ovog materijala u 3D procesu ispisivanja uglavnom ima drukčiju ulogu, jer se koristi za izradu temeljnih konstrukcija, odnosno podrški koje pridržavaju predmet koji se ispisuje jer je po svojim svojstvima jači od PLA i od ABS-a. Osim te svoje primarne upotrebe kao nosivog materijala, HIPS se može koristiti i za samo ispisivanje predmeta jer trpi naknadnu završnu obradu kao što je brušenje, lijepljenje, bojanje i sl. Još je jedan materijal prigodan u slučaju izrade nosivih materijala na složenim otiscima s presjecima konstrukcija s drugim filamentom jer je topiv u vodi i zbog toga se naknadno može ukloniti, a to je polivinil alkohol ili PVA filament, no on se primarno koristi u komercijalne svrhe kao, na primjer, deterdžent za pranje rublja ili posuđa koji u doticaju s

vodom gubi, odnosno otapa svoju opnu i otpušta sadržaj. Za razliku od PVA filameta, materijal koji je otporan na vremenske uvjete je ASA ili akrilonitril stiren akrilat, a on svoju primarnu upotrebu ima u automobilskoj industriji. Svojstva ovog materijala su krutost i čvrstoća, a ujedno i otpornost na kemijske i toplinske utjecaje što je prednost u slučaju deformacije i promjene boje s obzirom na vanjske utjecaje.

Polipropilen ili PP fleksibilan je, čvrst i kemijski otporan materijal. S obzirom na to da nije otrovan materijal za ljude, koristi se u širokom rasponu od inženjerske plastike do kućanskih aparata, ambalaže za hranu i odjevnih predmeta. Prednost ovog materijala je ta da se može reciklirati. Nadalje, polioksimetilen ili POM, poznat još kao acetal i derlin, idealan je za izradu predmeta koji zahtijevaju visoku preciznost i detalje. Koristi se za izradu mehanizama u fotoaparatom, ležajeva, zupčanika i sl. Mali koeficijent trenja i krutost i čvrstoća glavna su svojstva ovog filameta.

Gotovo nebrojeno je mnogo materijala koji se koriste kao filamenti. U ovom poglavlju spominju se najzanimljiviji poput polimetil metakrilat ili PMMA materijala koji je najbliži pleksiglasu ili staklu, a njegova glavna tendencija je naravno transparentnost dok je fleksibilnost, kako i ime govori, osebujnost fleksibilnog poliestera (FPE) koji je generalna oznaka za filamente 3D pisača u kojima se kombiniraju kruti i mekani polimeri, a njihova specifična fleksibilnost ovisi o omjeru mekih polimera. Materijal kojemu su specifikacije elastičnost, čvrstoća i lako ispisivanje naziva se *SemiFlex* (slika 73). Ispisan objekt od ovog materijala ima dobru apsorpciju na udar te manji otpor trenja. Materijal koji je mekan i ima gusta vlakna koji po svojoj teksturi podsjeća na filc, a koristi ga se u izradi filtera za usisavače, sintetički papir i dr. naziva se *Lay felt* (slika 74). Sličan njemu je materijal *Lay-Tekks* (slika 75) kojeg karakteriziraju tanka vlakna te je nešto zaglađenije površine. *Lay-Fomm* (slika 76) je mikro porozan, elastičan materijal za kojega je specifično da je pri ispisu tvrd na dodir, no u kontaktu s vodom se omekšava te postaje svojstvima sličnima spužvi.



Slika 73: *SemiFlex*



Slika 74: *Lay-Felt*



Slika 75: *Lay-Tekks*



Slika 76: *Lay-Fomm*.

Uvidom u sve navedene filamente postaje jasna činjenica da su široko rasprostranjeni u uporabnom smislu te zbog toga cijeli koncept 3D ispisa postaje lako dostupan. S obzirom na izbor materijala, od kojih su mnogi dugovječni, otporni i vizualno privlačni materijali, oni su i fascinantni jer se krug mogućnosti neprestano i znatno širi. Kako je uporaba u porastu i još uvijek nije u potpunosti istražena, osim za sve navedene primjere primjene, koristi se, naravno, i u umjetnosti, točnije, kiparstvu.

Komplicirani primjer uporabe 3D filamenata je rad poljskog umjetnika Sebastiana Burdona i engleskog umjetnika Matta Collishawa. Rad *Sve pada* (slika 77 i 78) kinetička je skulptura čija je izrada trajala šest mjeseci. Sastavljena je od više od 350 dijelova, odnosno figura i arhitektonskih elemenata. Pri okretanju oko svoje osi i pri određenoj brzini figure, uvjetno

rečeno, ožive i kreću se. Rad je napravljen na principu uređaja koji stvara iluziju pokretnih slika, u ovom slučaju figura, tj. zoetropa.



Slika 77: Matt Collishaw i Sebastian Burdon, *Sve pada*, 2015.



Slika 78: Matt Collishaw i Sebastian Burdon, *Sve pada*, detalj, 2015.

Michael Hansmeyer i Benjamin Dillenburger, njemački tim istraživača koji se bave računalnim programiranjem i arhitekturom, izradili su skulpture u potpunosti koristeći 3D tehnologiju. Skulptura *Digitalna groteska I* (slika 79) visoka je 3,2 metra, dok je *Digitalna groteska II* (slika 80) visoka 3,45 metara. Radovi su ostvareni pomoću vrlo složenih algoritama, a sam rezultat nije predvidljiv te je ostvaren kao fraktalna arhitektura. Za konkretan ispis cijelih modela i izradu algoritama za *Digitalnu grotesku I* bilo je potrebno godinu dana, a za *Digitalnu grotesku II* dvije godine.



Slika 79: Michael Hansmeyer i Benjamin Dillenburger, *Digitalna groteska I*, 2013.



Slika 80: Michael Hansmeyer i Benjamin Dillenburger, *Digitalna groteska II*, 2017.

6. ISTRAŽIVANJE KROZ VLASTITI UMJETNIČKI RAD

U svojoj umjetničkoj praksi integriram skulpturu, instalacije, performans i videoumjetnost uz korištenje suvremenih tehnologija da bih komentirala međuodnos ljudi kao socijalnih bića, okružja u kojem se nalaze i njihovog odnosa spram umjetnosti.

U svojim ranijim radovima bavila sam se pitanjima prostora, kao i konstrukcijom i dekonstrukcijom u skulpturi ili instalaciji - procesima koji se očituju kroz interakciju. U nekim radovima interakcija je rezultirala dekonstrukcijom (*Kartonske kutije* (slika 81 i 82), *Papirnat kocke* (slika 83 i 84), *Spužve* (slika 85)) na način da publika integrirana u instalaciju aktivno sudjeluje te preoblikuje početnu geometrijsku konstrukciju u nered.



Slika 81: Margareta Lekić, *Kartonske kutije*, 2007.



Slika 82: Margareta Lekić, *Kartonske kutije*, 2007.



Slika 83: Margareta Lekić, *Papirnatе kocke*, 2007.



Slika 84: Margareta Lekić, *Papirnatе kocke*, 2007.



Slika 85: Margareta Lekić, *Spužve*, 2008.

U drugim radovima (*12x12x12* (slika 86), *Problem 1, 2, 3* (slika 87, 88 i 89), *Kutije 1, 2, 5*) publika je sudjelovala u konstrukciji skulpture po prethodno zadanom predlošku. Bilo fizički, perceptivno ili simbolički, u svom radu istraživala sam, uz korištenje nađenih prirodnih ili umjetnih materijala do tehnološki naprednih materijala, interakciju promatrača, odnosno publike s umjetničkim radom, jer bez publike koja reagira i prihvaća poziv na sudjelovanje ili

poziv da učini nešto specifično, ništa se ne događa i, još važnije, bez svega toga praktično ne postoji umjetničko iskustvo, doživljaj.



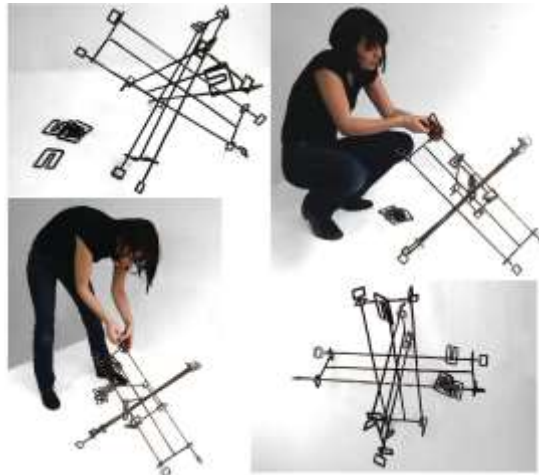
Slika 86: Margareta Lekić, *12x12x12*, 2007.



Slika 87: Margareta Lekić, *Problem 1*, 2005.



Slika 88: Margareta Lekić, *Problem 2*, 2005.



Slika 89: Margareta Lekić, *Problem 3*, 2005.

Gledajući dublje u ideju funkcije umjetničkog rada došla sam do spoznaje da rad mora biti iskustveno doživljen da bi mogao postojati. Umjetničko iskustvo različitih sudionika široko varira, nemoguće je suziti ili kontrolirati umjetničko iskustvo u jedan izraz ili komunikaciju. U svakom slučaju, moji su radovi obuhvaćali interakciju umjetnik- publika (*Dekonstrukcija problema* (slika 90)) ili međudnos same publike (*Paviljon* (slika 91 i 92)). Nije mi bilo bitno je li komunikacija s publikom izravna ili ne, bitan mi je bio eksperiment i neočekivanost koja je rezultat.



Slika 90: Margareta Lekić, *Dekonstrukcija problema*, 2005.



Slika 91: Margareta Lekić, *Paviljon*, 2010.



Slika 92: Margareta Lekić, *Paviljon*, 2010.

Moji su radovi bili i u funkciji analize ponašanja i komunikacije konstruiranjem elektroničkih mehanizama (*Iz ladica* (slika 93, 94 i 95)). Zabavne i duhovite estetike, moji su umjetnički radovi bili, a često još i uvijek jesu, bazično fizički iskustvene skulpture. Radovima koji se oslanjaju na lucidnu, apsurdističku i duhovitu estetiku uz korištenje mehaničke i elektroničke tehnologije nastojala sam pružiti publici zadovoljstvo pri promatranju i istodobno otvoriti nove mogućnosti spoznaje.



Slika 93: Margareta Lekić, *Rat*, serija radova *Iz ladica*, 2009.



Slika 94: Margareta Lekić, *Hommage Rebecca Horn*, serija radova *Iz ladica*, 2009.



Slika 95: Margareta Lekić, *Bradostvarač*, serija radova *Iz ladica*, 2009.

Svojim recentnim radom nastojim potaknuti razmišljanje o tome što znači živjeti u svijetu ispunjenom novim tehnologijama i navodim na razumijevanje o neodvojivosti čovjeka kao prirodnog bića i prirode od tehnološkog napretka (*Životinje*, *Čovjek/Životinja* (slika 96 i 97)). O seriji radova *Životinje* autorica predgovora kataloga Ana-Marija Koljanin piše da humornom apropriacijom različitih modela reprezentacije istražujem načine predočavanja jednog

mogućeg prikaza života na Zemlji, reflektirajući kroz niz instalacija odnos čovjeka, prirode i tehnologije, propitujući kakav on jest i kakav bi mogao biti. Koljanin smatra da je taj prikaz imaginaran, izgrađen mimetičkim postupcima, asembliranjem, spajanjem i raščlanjivanjem, sistematiziranjem, rekombiniranjem te da je konstruiran uz pomoć masovno proizvedenih replika od sintetičkih materijala i njihova ugrađivanja u zamišljene sklopove, preinačivanjem gotovih predmeta uz minimalne intervencije ili njihovim nadograđivanjem dijelovima mehaničkih naprava ili elektroničkih i senzornih mehanizama, dizajniranjem cjelovitih objekata, kao i tehnologijom digitalne reprodukcije videoslike. (Koljanin, 2017)

Jednake materijale koristim i u radu *Čovjek/Životinja* o čemu kustos izložbe i autor predgovora kataloga Daniel Zec piše da postavljajući pitanja o odnosu prirode i tehnologije u današnjoj civilizaciji (postindustrijskom dobu usmjerenom kontroli tehnologije) svojim radovima „oponašam“ stvarnost-prirodu, „proizvedeći“ drugu stvarnost kojoj je cilj prikazati artificijelnu prirodu. Pri tome koristim instalacije koje uključuju umjetne materijale i gotove, industrijski proizvedene predmete izvanumjetničkog podrijetla i tehnološki napredne elektroničke naprave kojima nastojim naglasiti uporabu tehnologije u suvremenom, tehnološki razvijenom društvu, u funkciji čovjekova ovladavanja prirodom. (Zec, 2016)



Slika 96: Margareta Lekić, *Čovjek/Životinja*, 2016.



Slika 97: Margareta Lekić, *Čovjek/Životinja*, 2016.

Ljudsko i neljudsko više se ne smatraju suprotnima, nego paralelnima: suvremeni je čovjek shvatio da ga tehnologija može uništiti i zato djeluje na unapređenju pozitivnog odnosa spram prirode, vlastitog bića i kulture te na razvijanju pozitivnog gledanja na mogućnosti tehnološke kreacije. O viziji tehnološkog napretka i mogućnosti istog John Sculley, bivši direktor Apple Computera, kaže:

„Zamislite učionicu s prozorom k svim svjetskim spoznajama. Zamislite učitelja koji može oživjeti bilo koju sliku, zvuk i događaj. Zamislite učenika koji ima moć posjetiti bilo koje mjesto na Zemlji u bilo kojem trenutku u povijesti. Zamislite zaslon koji živopisnim bojama može prikazati unutarnji rad stanica, rođenje i smrt zvijezda... A onda zamislite da imate pristup svemu tome tako što jednostavno zatražite da se pojavi... To su alati bliske budućnosti i, poput tiskarskog stroja, osnažit će pojedince, otključati svjetove znanja i stvoriti novu zajednicu ideja.“
(Wilson, 2002)

Idealistički smatram da je strah od tehnologije neutemeljen; čovjek je prirodno biće i njegov pokušaj da u potpunosti zamijeni prirodu tehnologijom besmislen je, jer će tehnologija uvijek biti u službi čovjeka, a ne obratno. Napretkom tehnologije neće doći do nestanka bitka, a samim time i nestanka umjetnosti, filozofije, poezije, niti do dehumanizacije društva. Stephen Wilson to pojašnjava na primjeru napretka računalnih znanosti, no isto bi se moglo primijeniti i na napredak novih materijala korištenih u kiparstvu. Američki konceptualni umjetnik i profesor na sveučilištu u San Franciscou Stephen Wilson piše da zbog ubrzanog napretka tehnoloških inovacija čak i novije tehnologije brzo pronalaze put k institucionalizaciji. Područja kao što su računalna grafika, računalna animacija, 3D modeliranje, digitalni videozapisi, interaktivna multimedija i web-umjetnost, koji su bili revolucionarni prije nekoliko godina, danas su postala konvencionalna. Proizvedene su ogromne količine umjetničkih djela, umnožen je niz raznih estetika, tehnologije su integrirane u komercijalne računalne programe i medijsku produkciju. Umjetničko se eksperimentiranje ubrzo asimiliralo. Na primjer, računalni grafički vizualni efekti koji su prije nekoliko godina predstavljali inovativno umjetničko istraživanje, sada su dio standardnih Photoshop filtera dostupnih milijunima ljudi koji posjeduju taj računalni program. Računalne animacije u 3D-u i efekti s kojima je bila upoznata samo nekolicina ljudi sada postaju standard u filmovima i reklamama. Interaktivni računalni programi koji su zanimali samo eksperimentalne umjetnike prije petnaest godina sada su dio obrazovnog područja i igara. Umjetnički računalni eksperimenti imaju karakteristiku da se najznačajnije i najbrže

transformiraju, odnosno da ih gotovo odmah preuzme komercijalna medijska kultura. No, nisu samo znanstvenici usmjereni k eksperimentu. (Wilson, 2002)

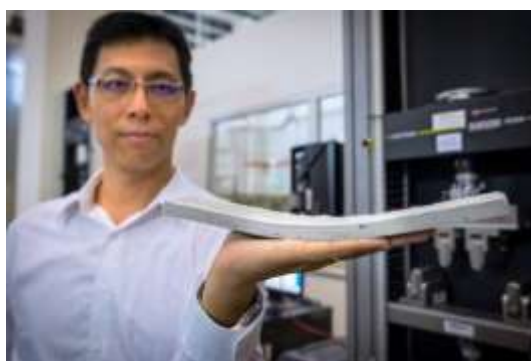
„Eksperimentalna umjetnost je osnovana na projektu, istraživanju i inovaciji. Projekt eksperimenta je plan i program istraživanja pravila realizacije, pojavnosti, funkcioniranja i prezentacije umjetničkog rada. Projekt kao zamisao rada u umjetnosti prethodi realizaciji umjetničkog djela i osigurava mu konceptualni, metodološki, značenjski i vrijednosni kontekst. Istraživanjem se nazivaju postupci umjetničkog rada čiji rezultat nije proizvodnja umjetničkog djela, značenja ili estetskog učinka nego spoznaja prirode umjetnosti. Smisao istraživanja u umjetnosti otkriva se u spoznaji koja proizlazi iz djela. Konceptom istraživanja uvode se u umjetnost znanstvene metode istraživanja pojavnosti vizualnih fenomena (psihologija percepcije, optika), zakona vizualnog oblikovanja (teorija Gestalta, geometrija, matematika, semiotika, inženjersko projektiranje), novih materijala i medija (tehnologija materijala, elektronika, kibernetika) i konceptualne prirode umjetnosti (semiotika, semiologija, lingvistika, analitička filozofija, strukturalizam). Rezultat istraživanja je inovacija koja umjetniku omogućuje proširivanje, transformiranje i pronalaženje novih postupaka, materijala i medija realizacije umjetničkog rada. Eksperimentalna umjetnost se naziva i laboratorijskom umjetnošću.(...)“ (Šuvaković, 2005:161)

Smatram da se kroz moj dosadašnji opus može iščitati potreba za eksperimentom, težnja k neočekivanom i iznenađujućem te interakciji s publikom.

„Razvoj tehnologije i želja za izradom novih proizvoda uvjetuje i stvaranje novih materijala.“ (Vlaić, 2007: 6)

Citat Vlaića mogao bi se primijeniti i na umjetnost, tj. stvaranje novih umjetničkih radova. Umjetnici danas uviđaju da im suvremeni materijali te nove metode i tehnike omogućuju inovativni pristup radu. Zbog toga sam u praktičnom dijelu doktorskog rada pod nazivom *Gumeni beton* odlučila ne koristiti klasične kiparske materijale, već umjetne i gotove, industrijski izrađene, poput senzora, željeznih cijevi, elektromotora te fleksibilnog betona, novokreiranog materijala, koji nije nužno funkcionalan kao materijal, to jest primjenjiv za komercijalne svrhe ili za upotrebu u različitim djelatnostima. *Gumeni beton* je drukčiji od ranije

spomenutog betona imena *ConFlexPave* koji je savitljiv pod pritiskom, no nije savitljiv do te mjere da se može vratiti u prvotni oblik. Da, znanstvenici su razvili savitljivi beton koji je jači i izdržljiviji od tradicionalnog betona, no *ConFlexPave* je zapravo beton koji samo ima povećanu fleksibilnost i nije u potpunosti pokretljiv (slika 98). S obzirom da *ConFlexPave* nije u komercijalnoj prodaji, kontaktirala sam Nanyang Technological University (NTU Singapore), to jest NTU-JTC Industrial Infrastructure Innovation Centre (I³C) kako bi radi doktorskog istraživanja dobila uzorak betona. Nisam dobila odgovor pa sam zbog toga odlučila sama napraviti novu vrstu materijala bez znanstvenog znanja i bez odgovarajuće laboratorijske opreme. Rezultat je beton koji je fleksibilan u oba smjera pod pritiskom snage ruku (slika 99). No, s obzirom na to da nisam znanstvenik i da materijal nije testiran u uvjetima u kojima se testiraju materijali, ne mogu zaključiti da će materijal, gumeni beton, biti jednako savitljiv i nakon određenog prolaska vremena. Novokreirani materijal, odnosno nova vrsta betona, sadrži sve odlike betona kao kompozitnog materijala; cement, šljunak, pijesak, vodu i dodatne komponente koje ga, za sada, čine fleksibilnim.



Slika 98: Primjer *ConFlexPave* betona i nemogućnosti vraćanja u prvotni oblik



Slika 99: Margareta Lekić, *Gumeni beton*, primjer betona i njegove mogućnosti vraćanja u prvotni, „ravni“ oblik, 2018.

Seriju radova *Gumeni beton* čine tri skulpture pod nazivom *Gumeni beton 1* (slika 100, 101, 102), *Gumeni beton 2* (slika 103, 104, 105) i *Gumeni beton 3* (slika 106, 107, 108). U nazivu namjerno upotrebljavam riječ „gumeni“ radi toga što je u govornom jeziku ustaljeno za sve što je fleksibilno reći da je gumeno, kao, na primjer, za osobu koja je tjelesno fleksibilna nerijetko se kaže da je čovjek od gume. Radi toga u nazivu rada gumeno se ne odnosi na pojam kao fizičku strukturu, nego na preneseno značenje.



Slika 100: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1*, detalj, 2018.



Slika 101: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1*, detalj, 2018.



Slika 102: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1*, 2018.



Slika 103: Margareta Lekić, *Gumeni beton 2*, 2019.



Slika 104: Margareta Lekić, *Gumeni beton 2*, detalj, 2019.



Slika 105: Margareta Lekić, *Gumeni beton 2*, detalj, 2019.



Slika 106: Margareta Lekić, *Gumeni beton 3*, 2019.



Slika 107: Margareta Lekić, *Gumeni beton 3*, detalj, 2019.



Slika 108: Margareta Lekić, *Gumeni beton 3*, detalj, 2019.

Sve su tri skulpture u omjeru, pravilnom međusobnom odnosu veličina. Struktura, odnosno nađeni red i korelacija u seriji radova *Gumeni beton* može se uočiti, jer su sve tri skulpture postavljene u odnose pa je tako *Gumeni beton 1* približno za 40% viši od *Gumenog betona 2*, a *Gumeni beton 2* je za 40% viši od *Gumenog betona 3*. Time sam stvorila proporcionalan odnos ne samo dimenzija skulptura, nego i dimenzija betonskih ploča. Betonska ploča u radu *Gumeni beton 1* je duža i šira za 40% od ploče u radu *Gumeni beton 2*, a ploča u radu *Gumeni beton 2* je duža i šira za 40% od ploče u radu *Gumeni beton 3*.

Gumeni beton 1

- betonska ploča: 25x12x1 cm

-skulptura: 140x40x40 cm

Gumeni beton 2

-betonska ploča: 35x17x1,5 cm

-skulptura: 98x48x40 cm

Gumeni beton 3

-betonska ploča: 45x24x2 cm

-skulptura: 70x55x40 cm

Prema tome, može se napraviti i izračun:

SKULPTURE – produljenje po visini (v) za 40%

Druga je skulptura u odnosu na treću produljena za 40%, tj.:

$$v_2 = v_3 + 0.4v_3$$

$$v_2 = 1.4v_3 \quad v_2 = 1.4v_3$$

Budući da je prva skulptura u odnosu na drugu viša za 40%, vrijedit će:

$$v_1 = v_2 + 0.4v_2$$

$$v_1 = 1.4v_2$$

$$v_1 = 1.4 \cdot 1.4v_3$$

$$v_1 = 1.4^2 v_3 \quad v_1 = 1.4^2 v_3.$$

Ukoliko bi bilo n , skulptura formula kojom bi povezali njihove visine s visinom n – te skulpture glasila bi:

$$v_{n-m} = 1.4^m v_n \quad v_{n-m} = 1.4^m v_n,$$

pri čemu je n maksimalan broj skulptura, a m rastući niz prirodnih brojeva.

Konkretno, ako zadnju formulu primijenimo na dimenzije skulptura u radu, bilo bi:

$$\rightarrow \text{za } n = 3, m = 1: v_{3-1} = 1.4^1 \cdot v_3$$

$$v_2 = 1.4 \cdot v_3$$

$$v_2 = 1.4 \cdot 70 \text{ cm}$$

$$v_2 = 98 \text{ cm},$$

što i je duljina visine druge skulpture.

Slično bi bilo i za prvu skulpturu:

$$\rightarrow \text{za } n = 3, m = 2: v_{3-2} = 1.4^2 \cdot v_3$$

$$v_1 = 1.4^2 \cdot v_3$$

$$v_1 = 1.4^2 \cdot 70 \text{ cm}$$

$$v_1 = 137.2 \text{ cm} \approx 140 \text{ cm}$$

BETONSKE PLOČE – produljenje po dužini za 40% i po širini za 40%

Ako s x označimo duljine, a s y širine ploča, tada će za drugu betonsku ploču koja je u odnosu na prvu dulja za 40% vrijediti:

$$x_2 = x_1 + 0.4x_1$$

$$x_2 = 1.4x_1 \quad x_2 = 1.4x_1,$$

Za treću će ploču, koja je u odnosu na drugu dulja za 40% vrijediti:

$$x_3 = x_2 + 0.4x_2$$

$$x_3 = 1.4x_2$$

$$x_3 = 1.4 \cdot 1.4x_1$$

$$x_3 = 1.4^2 x_1 x_3 = 1.4^2 x_1,$$

Općenito vrijedi: $x_n = 1.4^{n-1} x_1 x_n = 1.4^{n-1} x_1,$

pri čemu je n broj betonske ploče, a $x_n x_n$ pripadajuća duljina iste.

Slično se razmatranje može primijeniti i na širine ploča koje ću označiti s y , pa će za te dimenzije formula glasiti: $y_n = 1.4^{n-1} y_1 y_n = 1.4^{n-1} y_1,$

pri čemu je n broj betonske ploče, a $y_n y_n$ pripadajuća širina iste.

Primjenom formula na navedene dimenzije betonskih ploča u radu, dobija se:

$$\rightarrow \text{za } n = 2: x_2 = 1.4 \cdot 25 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

$$y_2 = 1.4 \cdot 12 \text{ cm} = 16.8 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}$$

$$y_2 = 1.4 \cdot 12 \text{ cm} = 16.8 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \text{za } n = 3: x_3 = 1.4^2 \cdot 25 \text{ cm} = 49 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \text{za } n = 3: x_3 = 1.4^2 \cdot 25 \text{ cm} = 49 \text{ cm}$$

$$y_3 = 1.4^2 \cdot 12 \text{ cm} = 23.52 \text{ cm} \approx 24 \text{ cm.}$$

$$y_3 = 1.4^2 \cdot 12 \text{ cm} = 23.52 \text{ cm} \approx 24 \text{ cm.}^1$$

Da bi eksperimentalni dio skulptura došao do izražaja, odnosno da bi se dokazala fleksibilnost betona, izrađeni su mehanizmi koji savijaju spomenute betone, a pokreću ih senzori, odnosno publika. Pokreti su gotovo neznatni, jer služe samo tome da ukažu na elastičnost betonskih kvadrova. Minimalne pokrete u svojim skulpturama koristila sam i u drugim radovima. Daniel Zec napisao je u katalogu za izložbu Umjetna priroda da u pojedinim radovima vrlo suzdržano, gotovo diskretno, koristim ki(ber)netičke mogućnosti – kretanje u prostoru svedeno je na minimum. No upravo između nepokretnosti i minimalnoga, ali neočekivanoga (iako repetitivnoga) pokreta, leži sugestivnost djela. (Zec, 2016)

Francuska kritičarka umjetnosti Catherine Millet piše o redefiniranju objekta kao prenamjenama već postojećih objekata. Polazi od ideje da se definicija cjeline rastvara u upotrebljive komponente te se istodobno od tih komponenti stvara umjetničko djelo koje potvrđuje funkciju novonastalog materijala, to jest, u ovom slučaju, gumenog betona. (Millet,

¹ Formulu je izradila Vedrana Vejnović, profesorica matematike i fizike

2004) Drugim riječima, rekonponiranjem segmenata stvara se smisljena cjelina. Dakle, redefiniranjem spomenutih komponenti nastalo je umjetničko djelo koje opstaje na temelju novih funkcija prenamjene. Serija skulptura *Gumeni beton* (slika 109, 110, 111) zadržava funkciju unutar sebe koristeći se mehanizmima, to jest elektromotorima u korist dokazivanja funkcionalnosti suvremenog materijala, novonastalog gumenog betona. Cilj praktičnog rada disertacije nije bio postići nešto neponovljivo u smislu nove forme ili upotrebe metala, senzora i elektromotora, nego opstajanje umjetničkog rada u svrhu potvrđivanja vlastitog istraživanja materijala i otkrivanja nove vrste materijala.

Odmicanjem od tradicionalnih materijala i korištenja tradicionalnih pristupa u analogiji sa suvremenim materijalom stvara se proces u kojem se ostvaruju vlastite metode i konstrukcije koje su same sebi svrha; u konkretnom opisu, dio elektromotora koji pomiče beton potvrđuje novu strukturu suvremenog materijala, a to je njegova fleksibilnost. U kontekstu promjene, odnosno “evolucije“ novonastalog materijala gumenog betona, njegova moguća funkcionalnost i potencijal bi se mogli istaknuti u različitim kontekstima i u uporabnom smislu kao gotov komercijalni proizvod koji bi zbog svojih svojstava mogao imati prednost u različitim gospodarskim djelatnostima. Osnovna ideja nije bila stvoriti komercijalni proizvod, već je svrha bila napraviti umjetnički rad, skulpturu koja je redefinirana upotrebom novog materijala. Doslovna i sustavna primjena različitih segmenata u svrhu stvaranja umjetničkog djela ističe svojstvo materijala fleksibilnost, ali ih u ovom slučaju podređuje i prilagođava skulpturi, odnosno mehaničkom sustavu koji potencira bit materijala i njegovu promijenjenu strukturu, a time i drugačiju funkciju uobličenu u objekt pri kojemu je prisutna napetost u kontekstu iščekivanja puknuća betonske ploče, a u suprotnom se dokazuje neslomljivost materijala u sintezi svih ukupnih elemenata. Redefiniranjem materijala betona u novu vrstu betona redefinirala sam i skulpturu, jer sam koristila potpuno novoosmišljeni materijal putem inovativnih rješenja.



Slika 109: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1,2,3*, 2019.



Slika 110: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1,2,3*, 2019.



Slika 111: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1,2,3*, 2019.

7. REDEFINICIJA SKULPTURE UPOTREBOM NOVIH MATERIJALA

Da bi se moglo razumjeti što znači redefinirana skulptura prvo je potrebno objasniti značenje riječi redefinicija, a zatim i pojam skulpture u užem i širem smislu te pojmova vezanih uz skulpturu. Riječ definicija, latinski *definitio* (ograničenje, određenje), je izraz kojim se određuje sadržaj nekog pojma točno i jednosmisleno pomoću najbližega višega rodnog pojma i specifične razlike, dakle definirati znači nešto točno odrediti, opisati, jasno protumačiti. (Hrvatska enciklopedija) Doda li se pojmu definicije prefiks re- dobit će se riječ koja ima novo, izmijenjeno značenje. Riječ redefinicija je, prema tome, drukčije formulirana postojeća definicija, drukčijeg usmjerenja, davanje drukčijeg smisla. Drugim riječima, redefiniranje je davanje novog značenja nečemu, dakle općeniti pojam redefinicije je da je redefinicija postojeća definicija, no na novi način interpretirana. (HJP), (Cambridge) U vizualnim umjetnostima redefinicija označuje promjenu likovnih elemenata koji se mogu oduzimati ili dodavati ili se mogu referirati na već postojeći likovni rad i na taj ga način izmijeniti, tj. redefinirati. Redefinicija se može objasniti kroz pojmove fleksibilnosti što je isprobavanje umjetničke logike razmišljanja otkrivanjem procesa, preoblikovanjem materijala i/ili promjenom konteksta, to jest kroz likovnu transformaciju postojeće stvarnosti ili umjetničkog djela s malom izmjenom elemenata. Redefinicija je pojašnjena i kroz modele stvaralaštva koji su podijeljeni u dvije skupine s tri komponente. U jednoj skupini nalaze se komponente koje omogućuju stvaralaštvo, to su kvantitativne komponente, a u drugoj su one koje potiču stvaralaštvo, tj. kvalitativne komponente. (Karlavaris, Kraguljac, Duh, 2004) U neke od čimbenika koji jamče stvaralačko djelovanje pripadaju redefiniranje, fluentnost i elaboracija. Redefiniranje se opisuje kao namjerno ili svojevrijedno redefiniranje ideje, materijala ili vizualnog utiska u nešto novo. (Herzog, 2009 navedeno u Duh, Herzog, Lazar, 2016)

Skulptura se definira kao umjetnička disciplina u kojoj se različiti materijali obrađuju u trodimenzionalne umjetničke objekte pri čemu se može koristiti gotovo nepregledni raspon materijala: od tradicionalnih, živog i neživog podrijetla, do industrijski proizvedenih i nađenih materijala. Materijali mogu biti oblikovani, lijevani, modelirani, izrezbareni, ušiveni, sastavljeni, rastavljeni, kombinirani i drugo. S obzirom da postoji mnogo definicija skulpture lako je zaključiti da skulptura nije fiksni termin koji se odnosi na trajno ograničenu kategoriju objekata. Skulptura je umjetnost koja raste i mijenja se i neprestano širi opseg svojih aktivnosti i razvija nove vrste objekata. Opseg tog pojma bio je mnogo širi u drugoj polovici 20. stoljeća,

nego u prvoj polovici 20. stoljeća. S obzirom na fluidno stanje 21. stoljeća nitko ne može predvidjeti njena buduća proširenja kojih će vjerojatno biti.

Prema definiciji hrvatske povjesničarke umjetnosti Vere Horvat Pintarić skulptura je ono što uključuje sva skulpturalna ostvarenja u prošlosti i mnoga u sadašnjosti te da je tijelo u prostoru kojim se opredmećuje neko ljudsko iskustvo na način koji je svrstava u rang umjetničkih djela. (Horvat Pintarić, 1963) Šuvaković pak piše da je skulptura trodimenzionalni objekt koji ima likovna svojstva, a to su likovno obrađena površina, volumen, masa, materija, stvarni i virtualni prostor u širem smislu te da je skulptura objekt, skup objekata, prostorna instalacija objekata ili bilo koji konstrukt nastao razvijanjem ili preobrazbom tradicije i discipline skulpture, odnosno skulptura je objekt nastao odlukom umjetnika da ga tretira kao skulpturu. Nadalje, smatra da pojam umjetnosti skulpture obuhvaća više drukčijih povijesnih frakcija i zbirova načela pa, prema tome, postoji veći broj pojmova umjetnosti skulpture. Jedan od oblika poimanja skulpture je sljedeći: da bi neki predmet bio skulptura mora biti trodimenzionalni inertni objekt, ostvaren uvriježenim kiparskim tehnikama kao što su lijevanje, tesanje i modeliranje posredstvom kojih se realiziraju skulpturalna svojstva kao što su masa, volumen, likovno izrađene površine, materije i stvarni i virtualni prostor. Drugi oblik poimanja skulpture je koncepcija da je skulptura otvorena paradigma kojom se objedinjuju objektni i prostorni umjetnički radovi nastali preobrazbom likovnog pojma skulpture ili eksperimentima koji se ne oslanjaju na spomenutu tradiciju, ali koriste objekte i prostor. Pod objektom se, u umjetničkom smislu, implicira trodimenzionalna stvar koja nije sama po sebi umjetnički rad, nego je konstrukt ili eksponat koji stavlja u koštac realitet umjetnika i realitet publike, odnosno kulture. (Šuvaković, 2005)

Dakle, objekt je trodimenzionalni predmet koji ima svojstva umjetničkog djela, bilo ono *ready-made* ili prostorna konstrukcija, instalacija, specifični objekt, kombinacija predmeta, ljudsko tijelo... Tijekom modernizma objekt je bilo teško staviti u ladicu zajedno sa skulpturom, jer su se definicije razlikovale, no, nakon avangardističkih eksperimenata, proširuje se pojam likovnosti te objekt biva prihvaćen kao kiparski rad. Također, pod kiparski izraz prihvaća se i instalacija koja je prostorni raspored predmeta (skulpture, umjetnički objekti, konstrukcije, slike, videoradovi) čiji je raspored uvjetovan prostorom u kojemu se oni nalaze, bio taj prostor zatvorenog ili otvorenog tipa. U području skulpture pod redefiniciju podrazumijeva se i riječ transformacija, a to je po Šuvakoviću postupak promjene jedne forme u drugu, jednog obrasca u drugi obrazac. Transformacija ili redefinicija u skulpturi je umjetna, formalna, umjetnička promjena. Transformaciji je svojstveno prvobitna situacija, zatim postupak transformacije i

naposljetku proizvod, efekt transformacije. Redefinicija skulpture je promjena skulpture konceptualno, prostorno, formalno, stilski i teorijski, a to se najbolje vidi na skulpturi 20. stoljeća koju obilježavaju transformacije, odnosno postupni proces redefinicije umjetničkog djela kao predmeta u objekt što se može vidjeti u primjerima *ready-madea*, *site-specifica*, asamblaža, instalacije, multimedijalne umjetnosti, proširenih medija i *mixed medija*. (Šuvaković, 2005) U prijašnjem poglavlju spomenut je pojam Rosalind Krauss: skulptura u proširenom polju, a na njega se nadovezuje i horizontalna plastika prema njemačkom povjesničaru umjetnosti Manfredu Schneckenburgeru koja označava skulpturalne instalacije monumentalnog, arhitektonskog i horizontalnog prostiranja u prirodnom i urbanom prostoru. (Schneckenburger, 2005) Reprezentativni primjeri ovakvog načina stvaranja ambijentalne, minimalne umjetnosti, *Land arta* i instalacije su djela američkog umjetnika Roberta Smithsona. U slučaju Smithsonovog umjetničkog rada *Spiralna brana* (slika 112) iz 1970. godine instalaciju postavlja u prirodu, u području Great Salt Lake u Utahu, SAD, u okviru *Land art* umjetnosti. Umjetnik je uz pomoć projektanta postavio 6000 tona crnog kamena, soli i zemlje u obliku spirale. Područje je specifično odabrano radi svojih neobičnih ekoloških i geoloških svojstava poput crvenkasto obojane vode koja je posljedica visoke koncentracije mikroba. Spiralni oblik odabran je radi toga što aludira na kristalnu rešetku materijala, odnosno soli, a crni kamen ohlađene lave koja se nalazi u području ostatak je ugašenih vulkana. Smithson je zamislio da njegov rad bude u fazi konstantne promjene; uslijed djelovanja gravitacije Mjeseca, tj. plime i oseke rad se mijenja. Plima podiže razinu jezera te rad nestaje pod vodom iako je vidljiv iz zraka, a u stanju oseke razina vode se spušta i rad je iznova iznad površine vode.



Slika 112: Robert Smithson, *Spiralna brana*, 1970.

Za razliku od gore navedenog primjera, njemački avangardni umjetnik Joseph Beuys koristi materijal na direktno metaforičan način. Takozvane metafore univerzalnih kozmičkih procesa, upotreba masti, meke tkanine i transformiranje energije procesom elektrolize prepoznatljive su kada govorimo o Beuyusu. Upravo ovim materijalima korištenim za svoj rad u bliskom suodnosu s energijom Beuys pojam pramaterije ograđuje prepoznatljivim svjetsko-povijesnim karakterom. Metafore koje koristi u prezentiranju svoga rada ne govore same za sebe, već su rezultat samog (kiparskog) materijala, stoga djeluju na psihološkoj razini i s neiscrpnim značenjem. (Šuvaković, 2005) U radu *Lojna stolica* (slika 113) iz 1964. godine Beuys koristi drvenu stolicu i loj koji je postavljen na sjedalicu stolice. Stolica je u skladu s ljudskom anatomijom, a loj označava kaos, jer loj se mijenja, prolazi metamorfozu pri promjeni temperature što upućuje na duhovnu transcendenciju u čovjeku. Na slici broj 113 vidi se promjena u formi skulpture kroz tijek vremena. O Beuyusu Carl Andre kaže da je Joseph Beuys jak i snažan umjetnik koji se ne opterećuje teretom ideja. Beuys je umjetnik koji kani ispuniti vašu kuću margarinom, on želi da živite u masnom tkivu i umirete u masnom tkivu. To je jednostavno osobina njegova umjetničkog stvaralaštva. (Andre, 2004) Iz napisanog se vidi da Carl Andre smatra da se Beuys ne zamara teretom ideja što iz navedenog primjera nije točno, no možda je točno za rad Carla Andrea. Iz prijašnjeg poglavlja poznato je da je Andre minimalist kojega američki teoretičar David Bourdon proglašava za osobu odgovornu za redefiniciju skulpture. Andre je svoje radove konstruirao od industrijskih materijala, a pažnju je usmjeravao na fizičku strukturu rada i arhitekturu okruženja. Andre je je izumio formulu $\text{forma} = \text{struktura} = \text{mjesto}$. Njegovi su radovi, koji često uključuju minimalne intervencije u materijalu, osim njegovog aranžmana, skulpture koje su vrlo doslovne. Andre je o svom radu rekao da, ako njegov rad uopće i ima neku temu, onda je to golemi značaj stvari oko nas. (Bourdon, 1978)



Slika 113: Joseph Beuys, *Lojna stolica*, 1964. i 1985.

O transformaciji skulpture iz tradicionalne forme u višemedijalne prostorne objekte govori istraživač suvremene hrvatske umjetnosti Tonko Maroević koji smatra da se često govorilo o smrti kiparstva zbog toga što je kiparstvo opisivano kao neaktualno i karakterizirano je naglašenom retoričnošću i reprezentativnošću. Nadalje piše da talijanski kipar Arturo Martini u prethodnom stoljeću u svojim spisima govori o kiparstvu kao "mrtvom jeziku", govori o nekritičkom veličanju te opisuje kiparstvo kao slugu monumentalnim zahtjevima kako bi oblik postao skulpturalan. Otkada je Martini govorio o kiparstvu pa do danas, kiparstvo se oslobodilo te neodvojive pretpostavke da mora biti vezano samo ljudskim karakteristikama (kip - tijelo). Nakon oslobađanja od direktnog vezivanja sa čovjekom/tijelom, kiparstvo svoju svrhu nalazi u načinu obrade materijala: sječenja, rezanja, otkidanja. Kada se govori samo o plastici, naglasak je na sadržaju, a oblikovanje obuhvaća oduzimanje i dodavanje, kombiniranje elemenata itd. No, ne govori se samo o tri dimenzije, već o tome da skulptura sama po sebi ulazi u sferu četvrte dimenzije, što se odnosi na vrijeme, odnosno trajanje i kretanje i integriranje u prostor/ambijent. (Maroević, 2013) Francuski likovni kritičar Nicolas Bourriaud piše da umjetnička djelatnost nije nepromjenjiva suština, već igra čiji se oblik, način postojanja i funkcija mijenjaju zavisno od epohe i društvenih okolnosti. (Bourriaud, 1998) Logično, iste riječi mogu vrijediti i za skulpturu. U povijesnom pregledu ove disertacije vidljivi su procesi razvoja skulpture od onoga što znamo kao tradicionalnu skulpturu, odnosno skulpturu u užem smislu, do šireg smisla skulpture koja se bavi objektom i prostorom kroz različita značenja. U pojašnjenju „druge skulpture“ Šuvaković piše da postoji uzročno-posljedična veza između konceptualne umjetnosti i redefinicije skulpture, jer s konceptualnom umjetnosti dolazi do transformacije skulpture kao predmeta u prostornu instalaciju i ambijent, odnosno ona vodi k transformaciji skulpture kao predmeta u proces realizacije predmeta, rada s predmetima, fenomenima prirode ili ljudskim tijelom. Tada dolazi do dekonstrukcije skulpture kao postupka relativizacije, razlaganja i transformacije modernističkog koncepta skulpture definiranog kao autonomnog, skulpturalnog i prostornog medija izražavanja. (Šuvaković, 2005) Američki konceptualni umjetnik Sol LeWitt kaže da je ideja ili koncepcija u konceptualnoj umjetnosti najvažniji aspekt djela, no između ideje i koncepta umjetničkog djela postoji razlika, jer koncept podrazumijeva opće odredbe umjetničkog djela, a ideje su elementi koncepta, odnosno, pomoću ideja se izvršavaju koncepti tako da može se reći da u krajnjoj instanci sama ideja može biti umjetničko djelo. Nadalje se objašnjava da, kada umjetnik radi u području konceptualnog, to znači da je unaprijed razradio sve zamisli i rješenja te da je izvođenje vizualnog umjetničkog rada (skulpture, instalacije,

performansa) mehanički proces doslovnog provođenja koncepta koji ne ovisi o manualnoj vještini umjetnika. U slučaju praktičnog rada ove disertacije rad je konceptualno unaprijed smišljen nakon čega se razvijala metoda, eksperiment, izrada novog materijala, gumenog betona, i način njegove prezentacije. Autorica rada ciljano se odmiče od tradicionalnih i netradicionalnih materijala i stvara za nijansu pomaknuti betonski kompozit kako bi dobila nova svojstva materijala, no smatra da novi materijal sam po sebi i odabrana forma predmeta načinjenog od materijala nisu dovoljni kako bi prikazali najspecifičnije svojstvo novog materijala, a to je fleksibilnost. Radi toga izrađuje metalnu konstrukciju čijoj formi pridružuje elektromotor čija svrha je dokazivanje fleksibilnosti materijala. Korištenje suvremenih materijala koji omogućuju formu skulpture koja pak omogućuje pokret novonastalog redefiniranog materijala po logici, po autoričinom konceptu, potencira bit materijala i njegovu promijenjenu strukturu, doslovnu redefiniciju. Na taj način kompozitni materijal gumeni beton doslovno unosi inovaciju u skulpturu upotrebom novog materijala. U ovom slučaju, na primjeru rada Gumeni beton, skulptura je redefinirana upotrebom novog materijala, no redefinicija skulpture nije samo redefinicija skulpture putem materijala nego je utjecaj materijala na preobrazbu pojma skulpture puno složenija jednadžba s mnogo varijabli budući da na materijal i umjetnost utječu i znanost, religija, politika, društvo, ekonomija i sl. Dakle, ima više faktora koji utječu na razvoj skulpture i proširenje njenog pojma, a materijal je jedan od njih. Vera Horvat Pintarić shvaća da je upotreba novih materijala omogućila umjetnicima slobodu izražavanja te kaže da je, umjesto tradicijskog čina u kojemu je obrada kamena ili bronce bila očekivano dugotrajni zahvat s pripremama, slobodni izbor bilo kojeg adekvatnog oblikovnog materijala stvorio uvjete za nastanak raznobrojnih postupaka koji su omogućili indirektno i neplanirano izjašnjenje osobnosti u trenutku oblikovanja umjetničkog rada. Smatra da sama materija probuđuje i kanalizira reakcije, stimulira maštovite nagone i ustanovljuje momentalne podražaje ekspresije. (Horvat Pintarić, 1963)

Kroz teorijsko i umjetničko istraživanje jasno je da više faktora utječe na razvoj skulpture i proširenje njenog pojma, a materijal je jedan od njih. Kategorija skulpture je vrlo široka i vrlo relativna jer, ako se pogleda razvoj predmeta, objekata i materijala koji su se kroz povijest smatrali skulpturom, može se shvatiti da danas ne postoji čvrsta kategorija, da je pojam fluidan i da je, bez obzira što danas skulptura može biti gotovo bilo što, materijal uvijek imao veliki utjecaj, njegova struktura, volumen i svojstva utjecali su na redefiniciju skulpture tako što su poticali na eksperiment i na inovativan pristup radu i samim time mijenjali njezine osnovne elemente poput mase i prostora, forme i značenja. Razrješenje pojma redefinicije skulpture od druge polovine 20. stoljeća sažeto, ilustrativno i najjednostavnije prikazuju primjeri dviju

skulptura hrvatskog kipara Ivana Kožarića, odnosno, moglo bi se reći mlađeg i starijeg Kožarića. Obje su glave. Prva skulptura je *Ličanin* (slika 114) iz 1954. godine koja je odlivena u bronci, a drugi, oprečan primjer, je skulptura *Glava* (lika 115) iz 2005. godine načinjena od papirnate vrećice i limenke graha. Iz ova dva primjera može se uočiti pomak kiparskih materijala u odnosu na godine izrade djela. Uostalom, kako je sam Kožarić rekao:

„Malo duha, malo materije, izmiješati i stvar je gotova.“ (Župan, 1999: 238)



Slika 114: Ivan Kožarić, *Ličanin 1*, 1954.



Slika 115: Ivan Kožarić, *Glava 2*, 2005.

8. ZAKLJUČAK

U doktorskom istraživanju *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* kroz teorijsko istraživanje sagledani su povijesni momenti materijala bitnih za skulpturu, suvremeni materijali koji se koriste od sredine 20. stoljeća i materijali koji imaju potencijal korištenja u kiparstvu u budućnosti. Sagledani su aspekti nevelikog mijenjanja definicije skulpture na zapadu, od renesanse pa sve do dolaska dvadesetog stoljeća te se uviđa da je skulptura prije 20. stoljeća u velikoj mjeri opisna, reprezentativna, da joj se funkcija određivala kao dio arhitekture, kao totemski idol, da je bila u službi religije ili politike, da je bila određena akademizmom i zanatom. No, u 20. stoljeću dolazi do autonomije skulpture jer priroda skulpture proizlazi iz mijene društva, rekonstrukcije društva nakon industrijske revolucije, napretkom tehnologije i materijala i na taj način skulptura zapravo zadobiva novu i složeniju ulogu, a kipari se počinju suočavati s pitanjima prostora, oblika, strukture i materijala. Umjetničko stvaralaštvo prilagođeno je tehnološkom napretku određenog vremena i treba dovesti do prihvaćanja novih vidova opažanja i postupaka. Odnosno, uz pomoć tehnike umjetnost treba biti usmjerena prema stvaranju novih načina mišljenja, življenja i razumijevanja. Dakle, može se reći da, ako je skulptura prije bila ograničene slobode, u 20. stoljeću dolazi do njezinog oslobođenja, do redefinicije skulpture i novih mogućnosti likovnog izražavanja.

Iz toga su okvira proizišla osnovna istraživačka pitanja doktorskoga rada:

- Koji su ključni trenuci u povijesti u kojima je materijal utjecao na razvoj skulpture ili promjenu njezine definicije?
- Koji se novi materijali koriste od sredine 20. stoljeća do danas i koja su njihova obilježja koja omogućavaju njihovu upotrebu u skulpturi, odnosno koji materijali imaju potencijal korištenja u budućnosti?
- Kako se skulptura redefinirala upotrebom suvremenih materijala? Kako materijal može inovirati skulpturu?

Istraživanje je započelo postavljanjem hipoteze da upotreba suvremenih materijala i tehnologija mijenja definiciju skulpture i otvara nove mogućnosti likovnog izražavanja.

Kako bi se utvrdila hipoteza i ostvario zaokruženiji odgovor na postavljena istraživačka pitanja, doktorski je rad implementiran metodologijom koja spaja znanstvenu i umjetničku metodu: kvalitativnu metodu istraživanja i umjetničku metodu eksperimenta. Rezultati istraživanja uobličeni su kroz šest istraživačkih cjelina koje su iskazane u poglavljima: *Materijali u*

kiparstvu – povijesni pregled, Materijali u kiparstvu – teorijska stajališta, Znanost o materijalima i razvoj tehničkih materijala, Vrste materijala i njihova svojstva, Istraživanje kroz vlastiti umjetnički rad i Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala.

U prvoj cjelini istraživanja, poglavlju *Materijali u kiparstvu – povijesni pregled* kvalitativnom metodom analize i sinteze predstavljen je povijesni pregled istraživanja od prapovijesti do danas. U istraživačkoj cjelini predstavljene su, uz primjere, mogućnosti kiparskih materijala i promjene u kiparstvu. U 19. stoljeću zahuktava se napredak u upotrebi različitih materijala jer se industrijska proizvodnja mijenja, koriste se nove sirovine pa se zbog toga prihvaća i različit pogled prema oblikovanju, tehnikama i materijalu. Puni zamah u autonomnosti skulpture događa se u 20. stoljeću kada kipari uistinu započinju eksperimentirati s različitim materijalima, različitom upotrebom i kombinacijama materijala u skulpturi. Zbog toga dolazi do par ključnih trenutaka u povijesti umjetnosti i potpunih preokreta u skulpturi i njenoj definiciji, dolazi do revolucije, do drukčijeg shvaćanja skulpture koje su umjetnici slijedili od renesanse, dolazi do *ready-madea*, nadrealističkih objekata, konstruktivističke i kinetičke skulpture i skulpture kao problema oblikovanja prostora. Umjetnici su okrenuti su k novim materijalima, postupcima i rješenjima, k redefiniciji skulpture.

U drugoj cjelini istraživanja, poglavlju *Materijali u kiparstvu – teorijska stajališta* teoretizira se o osnovnoj definiciji skulpture i elementima koji ju čine, odnosno o dva osnovna elementa, a to su masa i prostor. Shvaća se da svaka skulptura koja postoji u trodimenzionalnom prostoru izrađena od nekog materijala ima masu, dok je prostor taj koji pripada oblikovanju skulpture. Ostali elementi skulpture su površina, volumen, svjetlost i boja. Razmatra se gdje se događa promjena definicije skulpture upotrebom suvremenih materijala i na koji način se skulptura formira, odnosno deformira. Shvaća se da se pojavom industrijske revolucije skulptura više ne ograničava na tradicionalne kiparske materijale. Dolazi se do zaključka da tehnologija i materijali, koji su jedna od posljedica napretka tehnologije, postaju najvažniji čimbenici promjene u modernizmu i avangardi. Od prijelaza 20. stoljeća skulpturi se fokus pozornosti pomaknuo, dolazi do shvaćanja da su prostorna obilježja bitna, razvija se novi pojam skulpture, prvo kao forma, nakon toga kao struktura i naposljetku kao mjesto, a potom se o skulpturi razmišlja i kao konceptu. Iz ovog poglavlja zaključuje se da je umjetnost u domeni kiparske discipline tijekom 20. stoljeća dinamični i promjenjivi spoj ideja, pristupa, tehnika i materijala

koji izazivaju promjene klasičnih okvira i postojano prkose ustaljenim pojmovima o tome što je skulptura.

U trećoj cjelini rada, poglavlju *Znanost o materijalima i razvoj tehničkih materijala* predstavljeno je na koji način i kako je došlo da razvoja materijala od empirijskih otkrića do danas uz sva znanja iz fizike i kemije, kemijskog inženjerstva, graditeljstva, strojarstva i sličnih inženjerskih grana poput metalurgije, znanosti i tehnologije prerade i proizvodnje metala i legura. Istraživanje koje je provedeno primjenom kvalitativne metode istražuje što su materijali, a što nova disciplina Znanost o materijalima i inženjerstvo materijala te kako ona se formirala, koliko je široko područje i koliko brzo raste. Razumije se da je znanost o materijalima specifično polje znanosti i inženjerstva te da je važno da novi materijal poima osjetno novi sastav, struktura i svojstva, znatno novi postupak proizvodnje i oblikovanja i nova područja primjene u odnosu na klasične materijale. Shvaća se da će se novi, suvremeni materijali nastaviti stvarati i alternirati s trenutnima koji nisu adekvatni po svojim svojstvima, sastavu ili proizvodnji.

Četvrta cjelina istraživanja *Vrste tehničkih materijala i njihova svojstva* proučava tehnološke materijale koji se koriste u industrijskoj proizvodnji u kojoj izbor materijala ovisi o složenosti proizvodnje proizvoda, o uporabnim i proizvodnim svojstvima. Shvaća se da je zbog percepcije mogućnosti upotrebe materijala u kiparstvu potrebno znati i osnovne podjele i svojstva tehničkih materijala te se zbog toga dobiva uvid u podjele tehničkih materijala koji se dijele na metale, nemetale i sintetirane materijale, a prema strukturi i osnovnim svojstvima dijele se i na metale, polimere, keramičke i kompozitne materijale. Nadalje, rade se podjele metala na čelike, željezne ljevove, neželjezne metale, legure neželjeznih metala i na plemenite metale, objašnjava se da su keramički materijali anorganski materijali sastavljeni od metalnih i nemetalnih elemenata spojenih ionskim i/ili kovalentnim vezama te da su polimeri, za koje se smatra da su umjetno proizvedeni i da su nastali u 20. stoljeću, nastali prije 16. stoljeća kada su stvoreni prirodni polimeri, biopolimeri, organski polimeri i prirodni anorganski polimeri. Tumači se da su kompozitni materijali konglomerati materijala i da se sastoje od kombinacije dviju ili više komponenti: osnovne mase, matrice i ojačala, dodatka. Materijali koji podjelom pripadaju u kompozitne materijale su plastike očvrsnute vlaknima, ugljični kompoziti, sintetirani kompoziti, lijevani kompoziti, drvo i beton. Iznose se informacije vezane za porast inovativnih,

suvremenih materijala i tehnologija, odnosno specijalnih pametnih materijala, materijala koji mijenjaju svoju mikrostrukturu i svojstva pod djelovanjem okolnih uvjeta i koji imaju značajno novi sastav, struktura i svojstva, bitno novi postupak proizvodnje i oblikovanja i nova područja primjene u odnosu na tradicionalne materijale (nanomaterijali, aerogelovi). Obuhvaćaju se mogućnosti koje pružaju filamenti za 3D pisalice koji su široko rasprostranjeni u uporabnom smislu. Dolazi se do zaključka da se krug mogućnosti izbora materijala neprestano i znatno širi te da je uporaba materijala u velikom porastu i još uvijek nije u potpunosti istražena.

Peta cjelina, *Istraživanje kroz vlastiti umjetnički rad* analiza je umjetničkih djela Margarete Lekić u kojoj umjetnica predstavlja vlastitu umjetničku praksu koja je napisana u formi umjetničke izjave o radu. Autorica se bazično bavi skulpturom, instalacijama i video-umjetnošću uz korištenje suvremenih tehnologija. U ranijim radovima bavila se prostorom, konstrukcijom i dekonstrukcijom u skulpturi, istraživala je odnos publike s umjetničkim radom. Izrađuje fizički iskustvene skulpture uz korištenje mehaničke i elektroničke tehnologije. Njeni su umjetnički radovi usmjereni na eksperiment, istraživanje i inovaciju kako bi proširila i transformirala vlastiti rad. Praktično umjetničko istraživanje dovršava s najobuhvatnije predstavljenim radom u ovome istraživanju, serijom skulptura pod nazivom *Gumeni beton 1*, *Gumeni beton 2* i *Gumeni beton 3*. Sve tri skulpture sadržavaju mehanizme koji služe dokazivanju fleksibilnosti najbitnijeg dijela skulpture, novokreiranog fleksibilnog kompozita betona. Umjetnica redefiniranjem komponenti materijala korištenog za izradu skulpture ne postiže ništa novo u smislu forme ili upotrebe metala, senzora i elektromotora, nego postiže opstajanje umjetničkog rada u svrhu potvrđivanja istraživanja materijala i otkrivanja nove vrste materijala, skulpturu koja je redefinirana upotrebom novog materijala.

Javnim predstavljanjem serije skulptura pod nazivom *Gumeni beton* na izložbi u galeriji u Zagrebu umjetnica će ostvariti vidljivost novoostvarenog kompozitnog materijala kao neophodnog dijela koncepta skulpture. Izložbu će popratiti društvene i medijske mreže.

Šesta cjelina obuhvaća istraživanje pod nazivom *Redefinicija skulpture upotrebom suvremenih materijala* u kojoj se objašnjava pojam redefinicije i skulpture u užem smislu, da je skulptura statični trodimenzionalni objekt, i širem smislu, da je skulptura umjetnički predmet, specifični objekt, skup objekata, prostorna instalacija, otvoreni koncept, fenomen umjetnosti. Pojašnjava se što riječ redefiniranje znači u likovnoj interpretaciji, koji se materijali mogu koristiti u

kiparstvu, da novi kiparski materijali mogu biti novi i kada predstavljaju inovacije i temelj za razvoj postojećih medija i shvaća se da skulptura nije fiksni termin koji se odnosi na trajno ograničenu kategoriju objekata. Kroz reprezentativne primjere ukazuje se na neizbježnu redefiniciju skulpture, napuštanje tradicionalnih likovnih postupaka, mijenjanje statusa kipara kroz mijenjanje statusa kiparskog djela. Shvaća se da se opseg pojma skulpture širi, da umjetnici iz znanosti i industrije unose u kiparstvo nove materijale i tehnike, da dolazi do dekonstrukcije skulpture, do transformacije skulpture u samostalno, skulpturalno i prostorno sredstvo izražavanja.

U navedenim istraživačkim cjelinama interdisciplinarnim isprepletanjem umjetničkih i teorijskih sagledavanja u kiparstvu, materijala u kiparstvu i mijena kojih su suvremeni materijali uzročnici ostvaren je cilj istraživanja: kroz ključne momente koji su utjecali na razvoj skulpture, kroz pregled materijala i njihovih obilježja i kroz reprezentativne primjere inozemnih i hrvatskih teoretičarki i teoretičara, umjetnica i umjetnika prikazati na koji se način upotrebom suvremenih materijala mijenjala definicija skulpture. Kvantitativna analiza spoznaja iz interdisciplinarnih područja doprinijela je shvaćanju kako se skulptura redefinirala upotrebom suvremenih materijala, osvijestila ideju kako materijal može inovirati skulpturu i dovela do realizacije autoričinog vlastitog umjetničkog rada.

Ovim su istraživanjem obuhvaćeni, imenovani i teorijski pojašnjeni ključni momenti i reprezentativni primjeri umjetnika i umjetnica i materijala koji su se koristili, koji se koriste i koji će se koristiti čime se dobila jasnija formulacija upotrebe suvremenih materijala u kiparstvu, shvaćanja da se definicija skulpture mijenja i da dolazi do novih spoznaja i mogućnosti u domeni discipline kiparstva.

Sintetizacija momenata u povijesti korištenja materijala u kiparstvu, vrste i podjele materijala koji se koriste i koji imaju potencijal korištenja u budućnosti te pojašnjenja kako materijal može inovirati skulpturu ostat će trajni doprinos u shvaćanju redefinicije skulpture i otvoriti nove mogućnosti likovnog izražavanja, razvijanje novih umjetničkih pravaca generacijama umjetnika koji će se odvažiti integrirati sve nove i, za sada, nepoznate tehnologije i pristupe.

9. LITERATURA

ADDINGTON, SCHODEK (2005)

Addington, D. M., Schodek, D. L. (2005). *Smart Materials and New Technologies For the architecture and design professions*. Oxford: Harvard University, Architectural Press An imprint of Elsevier Linacre House.

ANTONELLI (1995)

Antonelli, P. (1995) *Mutant Materials in Contemporary Design. The Museum of Modern Art*. New York: Department of Publications, the Museum of Modern Art.

ARACHIGE (2010)

Arachige, D., (2010) *Prehistoric Venuses and Puberty Rites*, Current Anthropology.

ARDEN (2007)

Arden, P. (2007). *Kontekstualna umetnost*. Novi sad: Muzej suvremene umetnosti Vojvodine.

ASHBY (2002)

Ashby, M.F. (2002) *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection*. Oxford: Butterworth–Heinemann.

BAGO, MAJCEN LINN, OSTOIĆ (2010)

Bago, I., Majcen Linn, O., Ostoić, S. (2010.). *Kontejner- Curatorial Perspectives on the Body, Science and Technology*. Berlin: Revolver Publishing.

BARRETT (2008)

Barrett, T. (2008). *Why ist that Art*. New York: Oxford University Press.

BESLAĆ (2002)

Beslač, J. (2002). *Beton u novom stoljeću*. Građevinar vol. 54 br. 1, Zagreb: Hrvatski savez građevinskih inženjera. str. 15. – 22.

BONATO, ŠABALJA (2012)

Bonato, J., Šabalja, Đ. (2012). *Tehnološki razvoj i prve primjene polimernih materijala*, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci. Pomorstvo, Znanstveni časopis pomorskih istraživanja, br. 26/2, str. 307-313.

BOROVAC (2006)

Borovac, I. (2006). *Opća povijest umjetnosti*. Zagreb: Mozaik knjiga.

BOURRIAUD (1998)

Bourriaud, N. (1998). *Relational Aesthetics*. Dijon: Les Presse Du Reel.

BRUNEU et al. (2006)

Bruneau, P., Torelli, M., Barral, X., Altet, (2006.) *Sculpture*, Volume 1, Köln: Taschen.

CEYSSON et al. (2006)

Ceysson, B., Bresc-Bautier, G., Fagiolo dell' Arco, M., Souchal, F., (2006). *Sculpture*, Volume 2, Köln: Taschen.

CHEVALIER, GHEERBRANT (1987)

Chevalier, J., Gheerbrant, A. (1987). *Rječnik simbola: mitovi, sni, običaji, geste, oblici, likovi, boje, brojevi*. Zagreb: Nakladni zavod Matice hrvatske.

CLEBOIS, DROTH (2011)

Clerbois, S., Droth, M. (ur.) (2011). *Revival and Invention: Sculpture through its Material Histories*. Bern: Peter Lang AG.

ČATIĆ (2003)

Čatić, I. (2003). *Tehnika – temelj kulture*. Zagreb: Graphis.

ČATIĆ (2005)

Čatić, I. (2005). *Nova tehnološka revolucija - Nanotehnologija blagodat ili prokletstvo za čovječanstvo*. Zagreb: Vjesnik.

ČATIĆ et al. (2010)

Čatić, I., Barić, G., Cvjetičanin, N., Galić, K., Godec, N., Grancarić, A.M., Katavić, I., Kovačić, T., Raos, P., Rogić, A., Rujnić-Sokele, M., Vranješ, N., Vrsaljko, D., Andričić, B. (2010). *Polimeri – od prapočetaka do plastike i elastomera*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Tehničko veleučilište, Karlovac, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Split: Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Slavonski Brod: Sveučilište J. J. Strossmayer, Strojarski fakultet, SR Njemačka: WOCO Bad Soden-Salmunster. str. 59-70.

DAMJANOV (2008)

Damjanov, J. (2008). *Likovna umjetnost 2*. Zagreb: Školska knjiga.

DAMJANOV et al. (1965)

Damjanov, J., Radulić, K., Brajević, D., Manasteriotti, V., Lisinski, H., (1965). *Umjetnost*. Zagreb: Panorama.

DENEGRI (2006)

Denegri, J., (2006). *Ivan Kožarić*, Sisak and National Library and Reading Room of Sisak, Sisak. Zagreb: Matica hrvatska.

DUBY, DAVAL (1996)

Duby, G., Daval J. L., (1996). *Sculpture: From Antiquity to the Present Day*. Taschen.

DUNCAN (1993)

Duncan, C. (1993). *The Aesthetics of Power: Essays in Critical Art History*. New York: Cambridge University Press.

FILETIN (2000)

Filetin, T. (2000). *Pregled razvoja i primjene suvremenih materijala*. Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju.

FILETIN (2002)

Filetin, T. (2002). *Neki trendovi razvoja i primjene materijala*. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, str 3.-23.

GEBHARDT (2012)

Gebhardt, A. (2012). *Understanding Additive Manufacturing, Rapid Prototyping- Rapid Tooling – Rapid Manufacturing*. Munich: Carl Hanser Verlag.

GRUJOVIĆ et al. (2011)

Grujović, N., Borota, J., Šljivić, M., Divac, D., Ranković, V. (2011). *Art and design optimized 3d printing*. Srbija: 34th Serbia International Conference on Production Engineering, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering.

GUSEV, REMPEL (2004)

Gusev, A. I., Rempel, A. A. (2004). *"Preface" in Nanocrystalline Materials*. Cambridge: Cambridge International Science Publishing.

GUY (1976)

Guy, A.G. (1976). *Essentials of Materials Science*. New York: McGraw–Hill.

HORNBOGEN, MERTMANN (1996)

Hornbogen, E., Mertmann, M. (1996). *Intelligent Materials, Composites and Systems*. Proceedings of the 1st Int. Conference MATEH, Opatija. Str. 1-11.

HORVAT PINTARIĆ (1963)

Horvat Pintarić, V. (1963). *Materiologija i prostor u suvremenoj skulpturi*. Čovjek i prostor, Udruženje hrvatskih arhitekata, br.17, str. 168-173.

HRIVNJAK, ZRNIK (1993)

Hrivnjak, I., Zrnik, J. (1993). *Suvremeni razvoji unaprijeđenih i novih materijala*. Metalurgija, vol. 32, br. 4, str.157-166.

HERZOG (2009)

Herzog, J. (2009). *Strategija mentorskog rada*. Školski vjesnik: časopis za pedagoški teoriju i praksu. Tematski broj 65, str.1-392, str. 21.

HORVAT PINTARIĆ (1970)

Horvat Pintarić, V. (1970). *Vjenceslav Richter*. Zagreb: Grafički zavod Hrvatske.

HUMMELL (1998)

Hummell, R.E. (1998). *Understanding Materials Science: History, Properties, Applications*. New York: Springer.

JANOVIĆ (1997)

Janović, Z. (1997). *Polimerizacija i polimeri, HDKI – Kemija u industriji*. Zagreb: Croatica Chemica Acta, Vol. 71 No. 3, 1998.

JANOVIĆ (2000)

Janović, Z. (2000). *Trends in Polymeric Materials*. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti Hrvatske.

JANSON (1999)

Janson, H.W. (1999). *Historija umetnosti, Pregled razvoja likovnih umetnosti od praistorije do danas*. Beograd: Oour izdavački zavod Jugoslavija Iro prosveta.

KASSABIAN et al. (2017)

Kassabian, P., Cranston, G., Lee, J., Helmick, R., Rodrigo, S., (2017). *Fabricate, 3d Metal printing as structure for architectural and sculptural projects*, UCL Press.

KOŠEVIĆ (1996)

Košević, Ž. (1996). *Predgovor monografije Kožarić*. Zagreb: Naprijed.

KOLJANIN (2017)

Koljanin, A. (2017) katalog izložbe Šuma. Zagreb: Knjižnice grada Zagreba.

KRAUSS (1985)

Krauss, R. E. (1985). *Kiparstvo u proširenom polju; Richard Serra*. Massachusetts, London: The originality of the Avant-Garde and other modernist myths, The MIT press Cambridge. Prijevod: Veselica S. Quorum: časopis za književnost. str. 309.

LI et al. (2017)

Li, Y., Fu, Q., Yang, X., Berglund, L. (2017). *Transparent wood for functional and structural applications*. Published by the Royal Society

MEIBODI et al. (2017)

Meibodi, M. A., Bernhard, M., Jipa, A., Dillenburger, B. (2017). *Fabricate, The smart takes from the strong: 3d printing stay-in-place formwork for concrete slab construction*, UCL Press.

MUZENSKI, FLORES-VIVIAN, SOBOLEV (2014)

Muzenski, S. W., Flores-Vivian, I., Sobolev, K. (2014). *The Development of Hydrophobic and Superhydrophobic Cementitious Composites*. USA: University of Wisconsin-Milwaukee 4th International Conference on the Durability of Concrete Structures, Purdue University.

OETTINGER (2001)

Oettinger, A. G., (2001). *Knowledge Innovations, The Endless Adventure. Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, str. 12.

ORAIĆ TOLIĆ (2011)

Oraić Tolić, D., (2011). *Akademsko pismo*, Zagreb: Naklada Ljevak.

PHILIP (1997)

Philip, B. (1997). *Made to Measure - New Materials for the 21st Century*. USA: Princeton University Press.

PILIPOVIĆ (2012)

Pilipović, A. (2012). *Utjecaj parametara izrade na svojstva polimernog prototipa, doktorski rad*. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

POČANIĆ (2017)

Počanić, P., (2017). *Dehijerarhizacija u umjetnosti Vjerneslava Richtera*, Kvartal : kronika povijesti umjetnosti u Hrvatskoj, Vol. 14 br. 3-4.

PRESTON (2013)

Preston, F. (2013). *Printing with a greener ink*. The World Today, Vol. 69, No. 5, Royal Institute of International Affairs.

RITTER (2007)

Ritter, A. (2007). *Smart materials (in architecture, interior architecture and design)*. Berlin: Birkhäuser.

ROBERTSON, McDANIEL (2013)

Robertson, J., McDaniel C. (2013). *Themes of contemporary art: visual art after 1980*. Oxford, New York: Oxford University Press.

ROGERS (1993)

Rogers, C. A. (1993). *Intelligent material systems-the dawn of a new material age*. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 4. Str. 4–12.

ROGIĆ, ČATIĆ, GODEC (2008)

Rogić, A., Čatić, I., Godec, D. (2008). *Polimeri i polimerne tvorevine*. Zagreb: Društvo za plastiku i gumu.

RUS (1971)

Rus, Z., (1971). *Razgovor sa I. Kožarićem*. Zagreb: Život umjetnosti br. 14.

SMITH (1986)

Smith, W. (1986). *Principles of Materials Science and Engineering*. New York: McGraw–Hill.

SPILLMAN, SIRKIS, GARDINER (1996)

Spillman, W. B. Jr, Sirkis, J. S., Gardiner, P. T. (1996). *Smart materials and structures: what are they?*. Multidisciplinarni časopis: Smart Materials and Structures, Vol. 5 br. 3. Str. 247–254.

SRHOJ (2015)

Srhoj, V. (2015). *Šezdeset najzbuđljivijih godina hrvatskog kiparstva*, Časopis Odjela za povijest umjetnosti Sveučilišta u Zadru, "Ars Adriatica" 5/2015. Str. 248-253.

ŠERCER, JERBIĆ, FILETIN (2008)

Šercer, M., Jerbić, B., Filetin T. (2008). *Brza izgradnja prototipova i alata*. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

ŠIMAT BANOV (2013)

Šimat Banov, I. (2013). *Hrvatsko kiparstvo od 1950. do danas*. Zagreb: Naklada Ljevak.

ŠUVAKOVIĆ (2005)

Šuvaković, M. (2005). *Pojmovnik suvremene umjetnosti*. Zagreb: Horetzky.

TARLE, MAROVIĆ, PANDURIĆ (2012)

Tarle, Z., Marović, D., Pandurić, V. (2012). *Contemporary concepts on composite materials*. Zagreb: Department of Endodontics and Restorative Dentistry, School of Dental Medicine, University of Zagreb, Rad 514 Medical Sciences, 38, str. 23-38.

TONFAR (2007)

Tonfar, F. (2007). *Tehnički materijali 1*. Zagreb: Školska knjiga.

VAN KREVELEN (1997)

Van Krevelen, D. W. (1997). *Properties of Polymers (3rd ed.)*. Amsterdam: Elsevier.

VESELI, GOLUBIĆ (2012)

Veseli, D., Golubić, S. (2012). *Utjecaj razvoja materijala na razvoj proizvoda*. Hrvatska: Tehnički glasnik vol. 6, str. 112-21.

VLAJIĆ (2007)

Vlaić, Z. (2007). *Osnove tehničkih materijala*. Zagreb: Hermes.

WACHOWIAK, KARAS (2009)

Wachowiak, M. J., Karas, B. V. (2009). *3d Scanning and replication for museum and cultural heritage applications*. Journal of the American Institute for Conservation, Vol. 48, No. 2, Taylor & Francis, Ltd. on behalf of The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works. Str. 141-158.

WHITEHOUSE (2012)

Whitehouse, D., (2012). *Glass: A Short History*, Washington: Smithsonian Books.

WILSON (2002)

Wilson, S. (2002). *Information Arts: Intersections of Art, Science, and Technology*. Cambridge: Leonardo books, The MIT Press.

ZEC (2016)

Zec, D. (2016). Katalog izložbe *Umjetna priroda*. Osijek: Muzej likovnih umjetnosti

ZWIRNER (2016)

Zwirner, D. (2016). *Richard Serra Forged Steel*. New York: David Zwirner Books | Steidl.

ŽUPAN (1999)

Župan, I. (1999). *Nepresušna vitalnost kiparskog naboja*. Život umjetnosti, Institut za povijest umjetnosti: str. 61 – 62.

MREŽNI IZVORI:

ARTIAN (2016)

Innovation through an artist's work (2016). The Artian, kompanija za kreativnost i inovaciju.

URL: <https://theartian.com/2015/11/26/innovation-through-an-artists-work/> (23.8.2019.)

ARTFUL (2016)

Understanding Donatello's David: a 5 minute lesson (2016). Artful videos, edukacijski video.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=d7gHaoeAB6w> (23.8.2019.)

BRADLEY (2015)

Bradley, D. (2015) članak *3D printing transparent glass*. Časopis *Materials today*. Volume 18, Issue 10, str. 531-532.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702115003417> (25.7.2018.)

BRITANNICA

Službene stranice enciklopedije Britannica.

URL: <https://www.britannica.com/technology/zoetrope> (8.10.2018.)

BHUSHAN JINDAL (2018)

Bhushan Jindal, B. (2018) članak *Concrete Cloth: An Innovative Versatile Construction Material*. Časopis *Trends in Civil Engineering and its Architecture*, Volume 1 - Issue 5, str. 117-120.

URL: <https://lupinepublishers.com/civil-engineering-journal/fulltext/concrete-cloth-an-innovative-versatile-construction-material.ID.000123.php> (6.8.2019.)

CAMBRIDGE

Cambridge rječnik, službene mrežne stranice Cambridge University press.

URL: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/redefine> (15.7.2019.)

CHAYKA (2012)

Chayka, K. (2012) članak *What's happening?*. magazin za igru i interaktivnost Killscreen

URL: <https://killscreen.com/articles/whats-happening/> (24.8.2019.)

COLLISHAW

Collishaw, M., osobna mrežna stranica umjetnika.

URL: <https://matcollishaw.com/works/all-things-fall/> (8.10.2018.)

CRTALIĆ (2009)

Crtalić, M. (2009.) *Living Dead (Globalizacija podsvjesti)*

URL: <http://stari.kontejner.org/living-dead-globalization-of-the-subconscious--> (4.11.2018.)

CULTURENET (2008)

Najava izložbe *Slobodne veze XVI: Rachel Whiteread i Gregor Schneider*. Culturenet.hr, web centar hrvatske kulture.

URL: <https://www.culturenet.hr/default.aspx?id=16563> (10.9.2019.)

CULTURENET (2015)

Najava izložbe *Žižić/Kožul: Inflatable Realities / Stvarnost na napuhavanje*. Culturenet.hr, web centar hrvatske kulture.

URL: <https://culturenet.hr/default.aspx?id=66718> (10.9.2019.)

D'HAENENS, VERBEECK, STRIVAY (2016)

D'haenens, M.; Verbeeck, M.; Strivay, D. (2016) esej *The Collection of Nicolas Schöffer: From the Artist's Studio to the Museum*. Getty Conservation Institute, ICOM-CC Modern Materials and Contemporary Art Working Group, Museo del Novecento.

URL: <http://www.getty.edu/publications/keepitmoving/theoretical-issues/14-dhaenens/#essay-text> (1.11.2018.)

ENCYCLOPEDIA OF ART (2008)

Encyclopedia of art (2008) *Sculpture History Origins, Evolution: Famous Sculptors*. (ur.) Collins, N.

URL: <http://www.visual-arts-cork.com/sculpture-history.htm> (14.10.2018.)

FACIO, MOSQUERA (2013)

Facio, D.S.; Mosquera, M.J. (2013) članak *Simple Strategy for Producing Superhydrophobic Nanocomposite Coatings In Situ on a Building Substrate*. Časopis *Applied Materials and Interfaces*, Volume 5, Issue 15, str. 7517-7526.

URL: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am401826g?journalCode=aamick> (6.8.2017.)

FEILDEN et al. (2016)

Feilden, E.; Ferraro, C.; Giuliani, F.; Vandeperre, L.; Saiz, E. (2016) članak *Progress in novel and unexpected areas*. Časopis *Materials today*. Volume 19, Issue 9, str. 544-545.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702116303030> (8.10.2018.)

HANSMEYER, DILLENBURGER

Hansmeyer, M.; Dillenburg, B., osobna mrežna stranica autora.

URL: <http://www.digital-grotesque.com/> (8.10.2018.)

HORČICOVA

Horčicova, M., osobna mrežna stranica umjetnice.

URL: <https://monikahorcicova.wordpress.com/prace/> (8.10.2018.)

HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA

Hrvatska enciklopedija Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža, on-line izdanje

URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=14198> (8.8.2019.)

HJP

Hrvatski jezični portal, internetski distribuirana rječnička baza hrvatskoj jezika

URL: http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=dlpkXBY%3D (8.8.2019.)

KAPROW

Kaprow, A., osobna mrežna stranica umjetnika.

URL: <http://www.allankaprow.com>

KONOPKA (2019)

Konopka, D. (2019) esej *Sculpture*. Službene mrežne stranice The Chicago School of Media Theory.

URL: <https://lucian.uchicago.edu/blogs/mediatheory/keywords/sculpture/> (25.6.2019.)

KUHAR (2014)

Kuhar, R., (2014) doktorski rad *Diskontinuitet u skulpturi*. Akademija likovnih umjetnosti u Zagrebu. Sveučilište u Zagrebu.

URL: https://bib.irb.hr/datoteka/815915.Diskontinuitet_u_skulpturi_objava.pdf (28.7.2018.)

LABARRE (2011)

Labarre, S., (2011) članak *Now you can do 3-Dprinting out of sawdust*. Časopis Fast Company.

URL: <https://www.fastcodesign.com/1663532/now-you-can-do-3-d-printing-out-of-sawdust> (8.10.2018.)

LEE (2016)

Lee, T. (2016) članak *This Custom Machine 3D Prints Incredible Ceramic Sculptures*. Časopis Make: Magazine.

URL: <http://makezine.com/2016/09/22/3d-printing-ceramics-self-built-3d-printer/> (8.10.2018.)

LIPPARD, CHANDLER (1967)

Lippard, L. R.; Chandler, J., (1967) esej *The Dematerialization of Art*. Str. 46-50. Prva objava bila je u časopisu Art International. 12:2. str. 31-36.

URL: <http://cast.b-ap.net/arc619f11/wp-content/uploads/sites/8/2011/09/lippard-theDematerializationofArt.pdf> (17.7.2019.)

MATCHAR (2015)

Matchar, E. (2015) članak *This Concrete Can Absorb a Flood*. Časopis Smithsonian.

URL: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/concrete-can-absorb-flood-180956830/> (7.8.2017.)

MICHALOUS

Michalous, I., osobna mrežna stranica umjetnika.

URL: <http://www.michalous.com/> (27.3.2018.)

MICHALOUS, VAN RODEN (2017)

Michalous, I.; van Roden, M. (2017) članak *Spirited Skies project: Silica Aerogel in Art and Design Applications*. Mrežne stranice Cambridge University Press, Volume 2, Issue 57 (Nanomaterials), str. 3491-3497.

URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/mrs-advances/article/spirited-skies-project-silica-aerogel-in-art-and-design-applications/F6C1B577330CADF98A64E71B306AAE8A> (27.3.2018.)

MUSTAPIĆ (2013)

Mustapić, A. (2013) članak *Potaknuti duh kiparstva*. Časopis Zarez, dvotjednik za društvena i kulturna zbivanja 440.

URL: <http://www.zarez.hr/clanci/potaknuti-duh-kiparstva> (1.11.2018.)

NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY (2016)

Nanyang Technological University (2016) članak *New bendable concrete that is stronger and more durable*. Mrežne stranice Science X Network.

URL: <https://phys.org/news/2016-08-bendable-concrete-stronger-durable.html> (7.8.2017.)

ORDOVAS

Ordovas, službena mrežna stranica privatne galerije.

URL: <https://www.ordovasart.com/artist/carl-andre/> (25.6.2019.)

ORELJ (2015)

Orelj, K. (2015) tekst za izložbu *Inflatable Realities*. Muzej suvremene umjetnosti u Zagrebu. Platforma Nomad.

URL: <http://nomad.hr/projects/zizic-kozul-inflatable-realities-in-front-of-museum-of-contemporary-art-zagreb> (6.8.2017.)

PATEL (2015)

Patel, P. (2015) članak *Helping Concrete Heal Itself*. Časopis ASC Central Science. Volume 1, Issue 9, str.470-472.

URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4827669/> (6.8.2017.)

QINSHIHUANG'S MUSEUM

Službene mrežne stranice Emperor Qinshihuang's Mausoleum Site Museum.

URL: <http://www.bmy.com.cn/2015new/index.htm> (15.7.2019.)

SIMPSON, HUNTER, AYTUG (2015)

Simpson, J.; Hunter, S.R., Aytug, T. (2015) članak *Superhydrophobic materials and coatings: A review*. Časopis Reports on Progress in Physics 78(8):086501.

URL: https://www.researchgate.net/publication/280115341_Superhydrophobic_materials_and_coatings_A_review (6.8.2017.)

ŠUVAKOVIĆ (2011)

Šuvaković, M. (2011) Video pojmovnik umjetnosti i teorije 20. stoljeća. Skulptura 1. dio. Epizoda 19. Grupa ANTIJARGON u suradnji sa Tkh i ART TV.

URL: <https://vimeo.com/37557155> (25.6.2019.)

THOMAS (2012)

Thomas, G.P. (2012) članak *What is Aerogel? Theory, Properties and Applications*. Časopis AZO Materials. Mrežna publikacija za Materials Science community.

URL: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6499> (25.7.2018.)

VRANČIĆ (2012)

Vrančić, T. (2012) članak *Polimer aerogel visoke čvrstoće/Nevjerojatna svojstva i široka mogućnost primjene*. Građevinar 11/2012. Časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera. Str. 981.-982.

URL: http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE_64_2012_11_981-984_GM.pdf (25.7.2018.)

WARDE-ADAM (2013)

Warde-Adam, D. (2013) članak *Ghost House*. Internacionalni umjetnički časopis Apollo.

URL: <https://www.apollo-magazine.com/house/> (6.8.2017.)

WOODS (2011)

Woods, T. (2011) članak *Aerogels: Thinner, Lighter, Stronger*. NASA's Glenn Research Center. Službene stranice National Aeronautics and Space Administration.

URL: <https://www.nasa.gov/topics/technology/features/aerogels.html> (24.7.2018.)

WURM

Wurm, E., osobna mrežna stanica umjetnika.

URL: <https://www.erwinwurm.at/artworks.html> (4.11.2018.)

10. PRILOZI

10.1. Popis i izvori slikovnih priloga

Slika 1: *Venera iz Lespuguea*, 26000.-20000. g.pr.Kr., <http://arheon.org/paleoliticke-venere/> (27.7.2018.)

Slika 2: *Tri skulpture faraona Sesotrisa III*, oko 1850.g.pr.Kr. <https://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2013/03/ARTH110-3.3-SculpturesofSensuretIII.pdf> (14.10.2018.)

Slika 3: *Ženska glava, iz Uruka*, oko 3500-3000. pr.Kr., <http://valerijab.pgsri.hr/rad/sumeranska-umjetnost/> (4.5.2019.)

Slika 4: *Akadski kralj Sargon iz Ninive*, 22.-23.st.pr.Kr., <https://beckchris.wordpress.com/visual-arts/best-works-of-art-of-all-time-the-critics-picks/> (14.10.2018.)

Slika 5: *Vojnici od terakote*, 210.g.pr.Kr., <http://www.scienzamente.com/storia/studiate-le-armi-dellesercito-dei-guerrieri-di-terracotta/1465/> (1.11.2018.)

Slika 6: *Vojnici od terakote*, 210.g.pr.Kr., <https://www.onthegotours.com/au/China/Best-Places-To-Visit/Terracotta-Warriors/> (26.7.2018.)

Slika 7: *Sv. Ivan Evanđelist*, detalj, 1475–1485. godine, preuzeto iz Clerbois, S., Droth, M. (ur.) (2011). *Revival and Invention: Sculpture through its Material Histories*. Bern: Peter Lang AG.

Slika 8: autor nepoznat, *Apolon s lirom*, 2. st.pr.Kr., <https://www.museoarcheologiconapoli.it/en/sculptures/> (18.7.2019.)

Slika 9: Antoine Coysevox, *Poprsje kardinala Mazarina*, 17. stoljeće, preuzeto iz DUBY, G., DAVAL J. L., (1996). *Sculpture: From Antiquity to the Present Day*. Taschen.

Slika 10: Charles de Groff, *Poprsje Maora*, 1768., preuzeto iz Clerbois, S., Droth, M. (ur.) (2011). *Revival and Invention: Sculpture through its Material Histories*. Bern: Peter Lang AG.

Slika 11: Donatello, *David*, oko 1440-1460., <http://www.italianrenaissance.org/donatello-david/> (4.5.2019.)

Slika 12: Thomas Vinçotte, *poprsje Leopolda II.*, 1900. preuzeto iz Clerbois, S., Droth, M. (ur.) (2011). *Revival and Invention: Sculpture through its Material Histories*. Bern: Peter Lang AG.

Slika 13: Medardo Rosso, *Pazikuća*, 1883., <https://frenchsculpture.org/en/sculpture/1516-the-concierge> (15.10.2018.)

Slika 14: Antoine Benoist, *Louis XIV*, 1705., <http://www.journal18.org/issue3/antoine-benoists-wax-portraits-of-louis-xiv/> (23.8.2019.)

Slika 15: Edgar Degas, *Mala plesačica*, 1878.-1881., https://www.huffpost.com/entry/degas-little-dancer-camille-laurens_n_5bec3dc5e4b0783e0a1ed801?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAANncFmS8FsPKpVW0sz_mKQubB9dRGvf ejmv5PoDS47fGz_wPlbxusImu-t72x664F-uhFA2a4AMWHyG7lK51hjFvp0fVqdGtpC6B0ArDkixcSKBLaMLuTg78HLXZysJkSUKVh7e5OBYZ16YHQ18_8GLyjmtUcWFr_LTQLTfxjmM1 (17.7.2019.)

Slika 16: Robert Gober, *Bez naziva*, 1990., <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/737590> (24.8.2019.)

Slika 17: Umberto Boccioni, *Dinamizam konja u trku+kuće*, 1914., <https://www.guggenheim.org/artwork/580> (30.6.2018.)

Slika 18: Marcel Duchamp, *Fontana*, 1917., <https://www.tate.org.uk/art/artworks/duchamp-fountain-t07573> (30.7.2018.)

Slika 19: Alexander Calder, *Bez naziva*, 1937., <https://www.tate.org.uk/art/art-terms/m/mobile> (23.8.2018.)

Slika 20: Nicolas Schöffer, *CYSP I*, 1956., <http://www.artelectronicmedia.com/artwork/cysp-1> (1.11.2018.)

Slika 21: Allan Kaprow, *Hram jabuke*, 1960., <http://igotchalk.blogspot.com/> (24.8.2019.)

Slika 22: Alem Korkut, *Memento mori*, 2001., fotografiju je ustupio autor (22.5.2017.)

Slika 23: Alem Korkut, *Memento mori*, 2001., fotografiju je ustupio autor (22.5.2017.)

Slika 24: Marijan Crtalić, *Living Dead (Globalizacija podsvjesti)*, 2003.
<http://stari.kontejner.org/living-dead-globalization-of-the-subconscious--> (4.11.2018.)

Slika 25: Marijan Crtalić, *Living Dead (Globalizacija podsvjesti)*, 2003.
<http://stari.kontejner.org/living-dead-globalization-of-the-subconscious--> (4.11.2018.)

Slika 26: Marijan Crtalić, *Living Dead (Globalizacija podsvjesti)*, 2003.,
<http://stari.kontejner.org/living-dead-globalization-of-the-subconscious--> (4.11.2018.)

Slika 27: Erwin Wurm, *Jednominutna skulptura, Bez naziva (Dvostruko)*, 2002.,
<https://www.artsy.net/artwork/erwin-wurm-untitled-double> (4.11.2018.)

Slika 28: Erwin Wurm, *Jednominutna skulptura, Organizacija ljubavi*, 2007.
<https://publicdelivery.org/erwin-wurm-one-minute-sculptures/> (4.11.2018.)

Slika 29: Constantin Brancusi: *Beskrajni stup, verzija I*, 1918.,
<https://www.nybooks.com/daily/2018/07/28/the-ascetic-beauty-of-brancusi/> (10.6.2019.)

Slika 30: Naum Gabo, *Konstrukcija kroz avion (Konstrukcija na avionu)*, 1937.,
<https://www.nationalgalleries.org/art-and-artists/57988/construction-through-plane-construction-plane> (10.6.2019.)

Slika 31: Henry Moore, *Velika naslonjena figura*, 1984.,
<https://www.spectator.co.uk/2019/05/moores-art-has-never-looked-better-henry-moore-at-houghton-hall-reviewed/> (10.6.2019.)

Slika 32: Marry Miss, *Perimetri/Paviljoni/Mamci*, 1978.,
<http://marymiss.com/projects/perimeterspavilionsdecoys/> (9.11.2018.)

Slika 33: Donald Judd, *Bez naziva (Šest kocki)*, 1974.
<https://artsearch.nga.gov.au/detail.cfm?irn=14962> (25.6.2019.)

Slika 34: Carl Andre, *Poluga*, 1966. <https://2.bp.blogspot.com/-pYkZQP-iflY/VVXhQEKhKNI/AAAAAAB6Ww/gC5wbZ-02Qo/s1600/04%2BCarl%2BAndre%2B.%2BLever%2B.%2B1966.jpg> / 10.6.2019.

Slika 35: Marc Quinn, *Sirena*, 2008., <http://marcquinn.com/artworks/single/siren1>
(18.7.2018.)

Slika 36: Primjeri tehničke keramike čija je namjena izolacija u elektrotehnici,
<http://www.eti.hr/pdf-katalozi-2> (17.7.2018.)

Slika 37: Wang Yuyang, *Dah- ured za financije*, 2013.,
<https://www.designboom.com/art/wang-yuyang-breathing-series-finance-department-at-art-basel-in-miami-beach-12-30-2013/> (11.9.2018.)

Slika 38: Wang Yuyang, *Dah- ured za financije*, 2013.,
<https://www.designboom.com/art/wang-yuyang-breathing-series-finance-department-at-art-basel-in-miami-beach-12-30-2013/> (11.9.2018.)

Slika 39: Wang Yuyang, *Dah- ured za financije*, 2013.,
<https://www.designboom.com/art/wang-yuyang-breathing-series-finance-department-at-art-basel-in-miami-beach-12-30-2013/> (11.9.2018.)

Slika 40: Jean- Francois, *Sve mora otići*, 2014., <http://timbourne.blogspot.com/2015/06/at-saatchi-gallery.html> (23.7.2018.)

Slika 41: Neven Bilić, *Dva slušača*, 2006., fotografiju je ustupio umjetnik (19.7.2018.)

Slika 42: Stjepan Gračan, *Bez naziva XL*, 1981., <https://radio.hrt.hr/radio-osijek/clanak/monografija-o-autoru-osjeckog-setaca/72863/> (18.7.2018.)

Slika 43: Xavier Veilhan, *Thomas Bangalter & Guy Manuel de Homem Christo*, 2015.,
https://www.perrotin.com/fr/exhibitions/xavier_veilhan2-music/2052 (18.7.2018.)

Slika 44: Xavier Veilhan, *Thomas Bangalter & Guy Manuel de Homem Christo*, detalj, 2015.,
<https://meganinsaintemaxime.com/2015/03/13/daft-punk-unmasked-by-xavier-veilhan/>
(18.7.2018.)

Slika 45: Prozirno drvo, <https://architizer.com/blog/practice/materials/material-lab-windows-clear-wood/> (18.7.2018.)

Slika 46: Dušan Džamonja, *Spomenik revolucije*, 1967.
http://farm8.static.flickr.com/7265/7541766748_e2682935a4.jpg (10.8.2017.)

Slika 47: Rachel Whiteread, *Kuća*, 1993. <https://www.apollo-magazine.com/house/>
(6.8.2017.)

Slika 48: *ConFlexPave*,
http://cdn.wonderfulengineering.com/wp-content/uploads/2016/10/Scientists-from-NTU-Singapore-Invent-Bendable-Concrete-ConFlexPave_Image-00.jpg (6.8.2017.)

Slika 49: Usporedba tradicionalnog i savitljivog betona,

<https://3c1703fe8d.site.internapcdn.net/newman/gfx/news/hires/2016/1-newbendablec.jpg> /
(6.8.2017.)

Slika 50: *Topmix Permeable*, <https://i.stack.imgur.com/52Eor.jpg> (6.8.2017.)

Slika 51: Primjer betona bez i sa super hidrofobom,

<http://sinogracechem.en.aftrade.com/Concrete+nano+super+hydrophobic+coating%2Fwater-proof+top+coating/pid4390596.htm> (6.8.2017.)

Slika 52: Primjer zacjeljivanja betona, <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-0022a1df8fbdde8e1ece7dfe2bec187> (6.8.2017.)

Slika 53: Primjer upotrebe betonske tkanine, http://nunainnovations.com/concrete_cloth.html
(2.5.2018.)

Slika 54: Presjek betonske tkanine,

<https://www.exploratorium.edu/publicspaces/blog/concrete-canvas> (2.5.2018.)

Slika 55: Siobhan Hapaska, *Ljubav*, 2016. (http://www.kerlingallery.com/exhibitions/siobhan-hapaska_1) (2.5.2018.)

Slika 56: Damir Žižić i Kristian Kožul, *Stvarnost na napuhavanje (Inflatable Realities)*, primjer pucanja betona, 2014.,

<http://www.sibenik.in/upload/novosti/2015/06/2015-06-04/41857/aaa.jpg> (6.8.2017.)

Slika 57: Damir Žižić i Kristian Kožul, *Stvarnost na napuhavanje (Inflatable Realities)*, 2014.
<http://www.nomad.hr/members/kristian-kozul> (6.8.2017.)

Slika 58: Aerogelom zaštićene šibice od plamena, <https://inhabitat.com/exciting-advances-in-insulation-with-aerogel/> (25.7.2018.)

Slika 59: Savitljivi polimerni aerogel, https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2017/ip_4.html
(25.7.2018.)

Slika 60: Ioannis Michaloudis, *Stalo mi je, stalo mi je...*, 2002.,
http://www.michalous.com/en_index.htm (27.3.2018.)

Slika 61: autor nepoznat, primjer izrade reljefa u silicijskom aerogelu,
<https://carbonnanotube.deviantart.com/art/Aerogel-carving-314021056> (27.3.2018.)

Slika 62: Proces izrade kuće izrađene 3D pisačem, <https://qz.com/924909/apis-cor-can-3d-print-and-entire-house-in-just-one-day/> (25.7.2018.)

Slika 63: Primjer kuće izrađene 3D pisačem, <http://kleef.asia/blog/tag/3d-printed-home/> / (25.7.2018.)

Slika 64: Primjer 3D ispisanih objekata od šećera,
<https://www.3dsystems.com/culinary/gallery> (25.7.2018.)

Slika 65: Primjer ispisa od a) PLA i b) ABS filamenta,
<http://ordek.greenfixenergy.co/printing-abs/cubex-3d-printing-blog-pla-vs-abs-printing.html> / (25.7.2018.)

Slika 66: Čaša izrađena od PETT-a, <http://ordek.greenfixenergy.co/t-glase-3d-printing/3d-printed-clear-shot-glass-online-3d-printing.html> (25.7.2018.)

Slika 67: Primjer 3D ispisa TPE filamenta, <http://www.rapidmade.com/3d-printed-rubber-products-gaskets-seals-plugs-connectors-covers/> (25.7.2018.)

Slika 68: Primjer brončanog filamenta, <https://www.youtube.com/watch?v=AU8WvGveNj4> (8.10.2018.)

Slika 69: Primjer bakrenog filamenta, <https://www.matterhackers.com/store/3d-printer-filament/colorfabb-copperfill-metal-filament-1.75mm-075-kg> (8.10.2018.)

Slika 70: Primjer mesinganog filamenta, <https://www.3ders.org/articles/20130926-shapeways-introducing-polished-brass-and-raw-brass-3d-printing-materials.html> (8.10.2018.)

Slika 71: Primjer drvnog filamenta <https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/> (8.10.2018.)

Slika 72: Primjer glinenog filamenta, <http://www.3dprintpulse.com/ceramic/filament/?open-article-id=3064164&article-title=ceramics-3d-printing---original-motivation&blog-domain=blogspot.com&blog-title=3d-printer-users> (8.10.2018.)

Slika 73: SemiFlex, <https://www.3ders.org/articles/20160106-ninjatek-introduces-two-new-industrial-3d-printing-materials-cheetah-and-armadillo.html> (8.10.2018.)

Slika 74: Lay-Felt, <https://www.3ders.org/articles/20141027-german-scientists-turn-to-3d-printing-technology-to-create-artificial-textiles.html> (8.10.2018.)

Slika 75: Lay-Tekks, <https://www.3ders.org/articles/20141027-german-scientists-turn-to-3d-printing-technology-to-create-artificial-textiles.html> (8.10.2018.)

Slika 76: Lay-Fomm, <https://www.youtube.com/watch?v=2w-9KvBHago> (8.10.2018.)

Slika 77: Matt Collishaw i Sebastian Burdon, Sve pada, 2015.,
<http://www.creativenot.com/all-things-fall-3d-printed-zoetrope-by-mat-collishaw/>
(8.10.2018.)

Slika 78: Matt Collishaw i Sebastian Burdon, Sve pada, detalj, 2015.,
<http://www.artnau.com/2015/05/zoetrope-mat-collishaw/> (8.10.2018.)

Slika 79: Michael Hansmeyer i Benjamin Dillenburger, Digitalna groteska I, 2013.,
http://www.michael-hansmeyer.com/projects/digital_grotesque_info2.html?screenSize=1&color=1#undefined
(8.10.2018.)

Slika 80: Michael Hansmeyer i Benjamin Dillenburger, Digitalna groteska II, 2017.,
http://www.michael-hansmeyer.com/projects/digital_grotesque_info2.html?screenSize=1&color=1#undefined
(8.10.2018.)

Slika 81: Margareta Lekić, *Kartonske kutije*, 2007., iz arhive umjetnice

Slika 82: Margareta Lekić, *Kartonske kutije*, 2007., iz arhive umjetnice

Slika 83: Margareta Lekić, *Papirnate kocke*, 2007., iz arhive umjetnice

Slika 84: Margareta Lekić, *Papirnate kocke*, 2007., iz arhive umjetnice

Slika 85: Margareta Lekić, *Spužve*, 2008., iz arhive umjetnice

Slika 86: Margareta Lekić, *12x12x12*, 2007., iz arhive umjetnice

Slika 87: Margareta Lekić, *Problem 1*, 2005., iz arhive umjetnice

Slika 88: Margareta Lekić, *Problem 2*, 2005., iz arhive umjetnice

Slika 89: Margareta Lekić, *Problem 3*, 2005., iz arhive umjetnice

Slika 90: Margareta Lekić, *Dekonstrukcija problema*, 2005., iz arhive umjetnice

Slika 91: Margareta Lekić, *Paviljon*, 2010., iz arhive umjetnice

Slika 92: Margareta Lekić, *Paviljon*, 2010., iz arhive umjetnice

Slika 93: Margareta Lekić, *Rat*, serija radova *Iz ladica*, 2009., iz arhive umjetnice

Slika 94: Margareta Lekić, *Hommage Rebecca Horn*, serija radova *Iz ladica*, 2009., iz arhive umjetnice

Slika 95: Margareta Lekić, *Bradostvarač*, serija radova *Iz ladica*, 2009., iz arhive umjetnice

Slika 96: Margareta Lekić, *Čovjek/Životinja*, 2016., iz arhive umjetnice

Slika 97: Margareta Lekić, *Čovjek/Životinja*, 2016., iz arhive umjetnice

Slika 98: Primjer ConFlexPave betona i nemogućnosti vraćanja u prvotni oblik,
<http://media.ntu.edu.sg/NewsReleases/Pages/newsdetail.aspx?news=ae52df54-ad8b-4a26-b57c-edda67be8cf0> (11.11.2018.)

Slika 99: Margareta Lekić, *Gumeni beton*, primjer betona i njegove mogućnosti vraćanja u prvotni, „ravni“ oblik, 2018., iz arhive umjetnice

Slika 100: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1*, detalj, 2018., iz arhive umjetnice

Slika 101: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1*, detalj, 2018., iz arhive umjetnice

Slika 102: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1*, 2018., iz arhive umjetnice

Slika 103: Margareta Lekić, *Gumeni beton 2*, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 104: Margareta Lekić, *Gumeni beton 2*, detalj, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 105: Margareta Lekić, *Gumeni beton 2*, detalj, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 106: Margareta Lekić, *Gumeni beton 3*, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 107: Margareta Lekić, *Gumeni beton 3*, detalj, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 108: Margareta Lekić, *Gumeni beton 3*, detalj, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 109: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1,2,3*, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 110: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1,2,3*, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 111: Margareta Lekić, *Gumeni beton 1,2,3*, 2019., iz arhive umjetnice

Slika 112: Robert Smithson, *Spiralna brana*, 1970.,
https://www.robertsmithson.com/earthworks/spiral_jetty.htm (24.2.2019.)

Slika 113: Joseph Beuys, *Lojna stolica*, 1964. i 1985., <http://flavorwire.com/229315/10-very-temporary-art-works/9> (24.2.2019.)

Slika 114: Ivan Kožarić, *Ličanin 1*, 1954., preuzeto iz Šimat Banov, I. (2013). *Hrvatsko kiparstvo od 1950. do danas*. Zagreb: Naklada Ljevak.

Slika 115: Ivan Kožarić, *Glava 2*, 2005., preuzeto iz Šimat Banov, I. (2013). *Hrvatsko kiparstvo od 1950. do danas*. Zagreb: Naklada Ljevak.

10.2. **Popis i izvori tabličnih priloga**

Tablica 1: *Osnovna svojstva tehničkih materijala*, Vlaić, Z. (2007). *Osnove tehničkih materijala*. Zagreb: Hermes, str. 7.

Tablica 2: *Podjela tehničkih materijala*, Vlaić, Z. (2007). *Osnove tehničkih materijala*. Zagreb: Hermes, str. 6.

Tablica 3: *Glavne vrste tehničkih materijala*, Margareta Lekić

Tablica 4: *Podjela čelika prema kemijskom sastavu*, Vlaić, Z. (2007). *Osnove tehničkih materijala*. Zagreb: Hermes, str. 41.

Tablica 5: *Podjela obojenih metala*, Tonfar, F. (2007). *Tehnički materijali 1*. Zagreb: Školska knjiga, str.81.

Tablica 6: *Podjela i primjena polimera*, Margareta Lekić

Tablica 7: *Komponente kompozita*, Margareta Lekić

ŽIVOTOPIS

Margareta Lekić rođena je 9. lipnja 1982. 2002. godine upisuje Akademiju likovnih umjetnosti u Zagrebu, odsjek Kiparstvo. Diplomirala je na Kiparskom odsjeku u klasi red. prof. Stjepana Gračana 2007. godine. 2005. pohađa jedan semestar na Sveučilištu Indiana u Pennsylvaniji (IUP, Indiana, PA, SAD). 2010. godine je sudionik umjetničke rezidencije CEC ArtsLink Residency na Massachusetts College of Art and Design u Bostonu, MA, SAD. 2013. godine odlazi na umjetničku rezidenciju u Cite international des arts u Pariz u Francusku. 2018. u sklopu Erasmus+ mobilnost nastavnog osoblja odlazi na Universidad Rey Juan Carlos u Madrid u Španjolsku. Od 2008. do 2012. zaposlena je kao vanjski suradnik na kiparskom odsjeku na Akademiji likovnih umjetnosti u Zagrebu, Sveučilišta u Zagrebu. 2016. zaposlena je u zvanju asistenta, a od 2017. je u zvanju umjetničkog suradnika na Akademiji za umjetnost i kulturu u Osijeku. Od 2018. zaposlena je u zvanju vanjskog umjetničkog suradnika na Građevinskom i arhitektonskom fakultetu u Osijeku. Izlagala je na dvadeset i dvije samostalne i pedeset i pet skupnih izložbi u zemlji i inozemstvu. Radovi joj se nalaze u sljedećim fundusima i zbirkama: u Muzeju likovnih umjetnosti u Osijeku, u Pučkom otvorenom učilištu u Dugom Selu, u Nexe Grupi u Vinkovcima, u Croatia osiguranju u Zagrebu, u Gradskom muzeju Bjelovar u Bjelovaru i u Zavičajnom muzeju Našice u Našicama. Dobitnica je sljedećih nagrada: nominacija, Najbolja hrvatska igračka, Festival igračaka (Ivanić Grad, 2015.), zlatna medalja, 39. Inova, međunarodna izložba inovacija (Osijek, 2014.), nominacija Eco-Excellence Award, NCW (CA, SAD, 2014.), otkup rada, 3D mutacija logotipa, Croatia osiguranje (Zagreb, 2008.)/ Rektorova nagrada, Sveučilište u Zagrebu (Zagreb, 2007.)/ Druga nagrada "Pasijska baština" (Zagreb, 2006.)/ posebna Rektorova nagrada za "Jelsa- Punta 2005.", Sveučilište u Zagrebu (Zagreb, 2006.)/ pobjednik natječaja za dizajn grand prixa "One Take Film Festival" (Zagreb, 2006.)/ Pohvala Akademije likovnih umjetnosti (Zagreb, 2003., 2004., 2005. i 2006. godine). Godine 2005., 2009. i 2013. finalistica je nagrade Essl Award, Essl Museum (Beč, Austrija).