

FITOKIBORZI ĆE POMOĆI LJUDIMA U BUDUĆNOSTI

PHYTOCYBORGS WILL HELP PEOPLE IN THE FUTURE

Prof.dr.sc. Gojko Nikolić

Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska, profesor u mirovini

SAŽETAK

Jedan od novijih trendova u svijetu je projektiranje i izgradnja zgrada *treehouse*, koje su bogato oplemenjene zelenilom od bilja, grmova do stabala. Prednosti su mnogostruke. Biljke na tim zgradama osiguravaju bolje klimatske uvjete. Smanjuju potrošnju energije zimi za grijanje i ljeti za hlađenje. Osiguravaju bolju kvalitetu zraka. Pozitivno utječu na psihičko zdravlje stanara. O biljkama treba voditi brigu. Treba ih zalijevati, prihranjivati, usmjeravati njihov rast, obrezivati i čistiti od otpalog lišća i životinja koje se nastanjuju na biljkama. Pokrenut je projekt *Flora Robotica* s ciljem automatiziranog održavanja biljaka. Namjera je istraživanje i stvaranje simbiota robota i biljke, koji bi preuzeo tu ulogu. Izradom *biljke kiborga* odnosno *fitokiborga* mogla bi se ostvariti i „komunikacija“ s biljkama te stvoriti brojne mogućnosti utjecaja na kontrolirani razvoj biljaka.

Ključne riječi: *treehouse, zelene zgrade, Elowan, biljka kiborg, fitokiborg, Flora Robotica*

ABSTRACT

One of the new trends in the world is the design and construction of *treehouse* buildings, which are enriched with greenery from plants, shrubbery to trees. The benefits are numerous. Plants on these buildings provide better climatic conditions. They reduce energy consumption for heating in winter and for cooling in summer. They provide better air quality. They have a positive effect on the mental health of tenants.

Plants should be taken care of: watered, fertilized, guided, pruned and cleaned of fallen leaves and animals that inhabit them. Project *Flora Robotica* was launched with the aim of automated plant maintenance. The intention is to conduct aresearch and create a symbiote of robots and plants, which would take on this role. With creation of a cyborg or *phyto*cyborg plant, „communication“ with plants could be achieved, and numerous possibilities of influencing the controlled development of plants could be created.

Keywords: *treehouse, green buildings, Elowan, cyborg plant, phyto*cyborg, *Flora Robotica*

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Danas vjerojatno nikoga ne treba posebno uvjeravati da mnoge čovjekove aktivnosti negativno utječu na prirodu, čije posljedice izazivaju klimatske poremećaje. Oni su toliko značajni da već utječu na naš život. Sada se na razne načine traže rješenja i mogućnosti kako ublažiti nastale štete. To je dugotrajan proces u kome moraju sudjelovati sve zemlje. Na UN-ovoj klimatskoj konferenciji COP26 u Glasgowu 2021. pregovarači su postigli određene dogovore što treba poduzeti. Time su usmjerili ulaganja bilijuna dolara u zaštitu šuma, u postrojenja za proizvodnju obnovljive energije i druge projekte za borbu protiv klimatskih promjena. Dogovori nisu onakvi kakvi su bili predloženi i potrebni zbog velikog otpora proizvođača fosilnih goriva, kao i metana. [1]

2. DIREKTNNA PRIMJENA RJEŠENJA IZ PRIRODE

2. DIRECT APPLICATION OF SOLUTIONS FROM NATURE

Priroda je neiscrpní spremnik provjerenih rješenja koja milijunima godina uspješno funkcioniraju. Ona mogu pomoći u osmišljavanju obnavljanja ekološkog sustava i održivog gospodarstva. Prirodna rješenja (eng. Nature-based solutions) su jedan do novijih inovativnih koncepata strateškog korištenja prirode u svrhu rješavanja ekoloških i gospodarskih problema. Ti se problemi mogu svesti na najznačajnije kao što su: klimatske promjene, proizvodnja hrane, osiguranje pitke vode, osiguranje zdravlja, smanjenje rizika od prirodnih katastrofa. [2]

Valja naglasiti razliku između potpuno prirodnih rješenja i onih tehničkih rješenja inspiriranih prirodom, koje obično svrstavamo u bionička rješenja (BIONIKA = BIOlogija + tehNIKA). To su inovativna rješenja proizvoda ili procesa proizvodnje prema uzoru na biološke procese u prirodi (primjerice čičak traka, ljepljive rukavice poput macaklinovih površina nogu, tkanina otpornih na vodu prema lotosovom listu i niza drugih rješenja). U njih spadaju i tehnička rješenja koja koriste vjetar, morske valove, sunčeve zrake i razlike temperatura mora za dobivanje električne energije. Tim rješenjima smanjuju se emisije stakleničkih plinova.



Slika 1 Dva stambena tornja „Bosco Verticale“ u Milanu, izgrađena 2014. [7]

Figure 1 Two residential towers „Bosco Verticale“ in Milan, built in 2014. [7]

Sada su u fokusu interesa i direktna primjena rješenja iz prirode koja se razvijaju vlastitim ritmom rasta. Rješenja objedinjavaju različite ideje zelenih infrastruktura prilagođene i upravljane temeljem ekosustava. Prema konceptu *ThinkNature* najveći je izazov osigurati rješenja koja bi ostvarila kombinaciju samoodržive prirode s urbanom sredinom. Time bi se ostvarilo spajanje prirode i grada. Osigurao bi se život s prirodom u zajednicama otpornijim na klimatske promjene, uz čišći zrak i dovoljne zalihe pitke vode. [2]

Primjeri takvih rješenja su postavljanje zelenih krovova na zgrade, oblaganje zgrada zelenilom i stvaranje „zgrade stabla“ (engl. Treehouse). [3] Značajno je i uklapanje što više zelenila i parkova u urbane sredine. Koncept izgradnje zgrada sa zelenilom sigurno je novi kvalitetniji iskorak skladnog življenja s prirodom u gusto izgrađenom urbanom okruženju. Ti se trendovi obično opisuju riječima „direktno preseljenje prirode u urbane sredine“, odnosno „povratak čovjeka prirodi“, a rješenja obilježavaju kao „farme na krovu“, „nebeski vrtovi“, „urbane šume“ i sl. Rješenja su prihvatljiva i zbog spoznaje da biljke smanjuju potrošnju energije i smanjuju temperaturu na vrućim mjestima. Istraživanja su pokazala da biljke na krovu reflektiraju oko 30 % sunčeve svjetlosti, i apsorbiraju oko 50 %. Zgrada je hladnija uz manje utrošene energije. Provedeni eksperimentalni rezultati pokazuju da zeleni krovovi mogu smanjiti potrošnju energije ljeti za 97 % i zimi za 42 %. [4]

Biljke upijaju kišnicu koja se slijeva niz njih, prije nego što dođe u kanalizacijski sustav. Time se smanjuje razina podzemnih voda i rizik od preopterećenja kanalizacijskog sustava i mogućih poplava.

Ova su rješenja zdravija za stanovnike, u fizičkom i psihičkom pogledu. Takva rješenja *Treehouse* postoje ili su u fazi projektiranja u mnogim gradovima i zemljama poput Toronta, Montreala, New Yorka, Chicaga, Stuttgarta, Pariza, Singapura i Hong Konga, a grade se i u Australiji, Novom Zelandu, Širi Lanki, Indiji i Filipinima. [5]

Melbourne provodi „Strategiju urbanih šuma“ kojom želi upravljati promjenom i zaštititi se od moguće ranjivosti na klimatske promjene. [2]

Najbolje ilustriraju takva rješenja slike tih građevina „obraslih“ zelenilom poput dva stambena bloka „Bosco Verticale“ u Milanu izgrađena 2014. Talijanski arhitekta Stefano Boeri projektirao je ta iznimna zdanja visine 110 i 76 metara. [6] To je nova ideja nebodera, gdje drveće i ljudi koegzistiraju. Na zgradi je zasađeno oko 1000 stabala, 5000 grmova i oko 10000 vrsta cvjetnog bilja, slika 1. Vijeće za visoke zgrade i urbano stanište (CTBUH) proglasilo ga je najboljom visokom zgradom u svijetu u 2015. godini. [7]

Ovo zelenilo na ovako visokom tornju izgleda fascinantno, postiže izvrsnu izolaciju zgrade, a samim time, kako je već rečeno, smanjuju potrošnju energije potrebne za zagrijavanje i hlađenje prostora. Ta dva zelena tornja dominantna su na milanskom obzoru i najavljuju moguću budućnost takvih stambenih objekata. [6]

Također je često prikazivano rješenje „Treehouse“, u stambenom naselju Bukit Timah smješteno u najzapadnijem dijelu središnje regije Singapura, slika 2.



Slika 2 „Treehouse“, u stambenom naselju Bukit Timah u Singapuru [3]

Figure 2 "Treehouse", in the residential area of Bukit Timah in Singapore [3]

Investitori smatraju da je Treehouse, eko-nadahnut stambeni razvoj, koji je postavio i definirao novu eru skladnog življenja s prirodom u gusto izgrađenom urbanom okruženju Singapura. [3]

Kurt Kohlstedt osnivač publikacije *WebUrbanist* za online urbanu arhitekturu, umjetnost i dizajn, skeptičan je oko ovog trenda. Smatra to izuzetno zahtjevnim građevinskim pothvatom, budući da je za dodatnu težinu biljaka potrebna jača betonska i čelična armatura. Pri tome ukazuje da se mora uzeti u obzir i dodatna opterećenja vjetrom i njihanje stabala. Visoke temperature i hladnoća mogu uništiti biljke. Također o biljkama se treba brinuti. Treba ih zalijevati, presađivati, prihranjivati, podrezivati, treba prostor čistiti od otpalog lišća, nečistoća životinja nastanjenih u bilju i na drveću. Iako avangardni arhitekti diljem svijeta projektiraju vrlo impresivne „zelene“ zgrade nadahnute rješenjima iz prirode, Kohlstedt smatra da je njihova masovnija izgradnja nerealna. Smatra da su znatno skuplje za gradnju, te za održavanje. [7]

Unatoč relativno većih ulaganja, dugoročno gledano, koristi mogu biti mnogo veće, u usporedbi s bilo kojom drugom uobičajenom građevinskom strukturom. Smanjeni troškovi energije i emisije ugljika značajne su prednosti takvih projekata. Možda će neka buduća tehnička rješenja, uz ove prednosti, opravdati ulaganja i biti prihvaćena na tržištu. Takvo mišljenje ima i Alex Lawrie s University of Technology Sydney. [8, 9]

3. BILJNI KIBORZI (FITOKIBORZI)

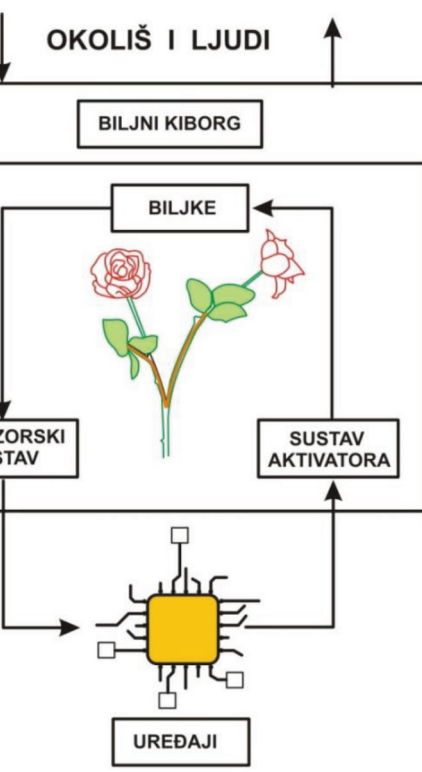
3. *PLANT CYBORGS* (*PHYTOCYBORGS*)

Opisana direktna primjena prirodnih rješenja na zgradama u urbanim sredinama traži složeni sustav održavanja biljaka. Dvije su skupine poslova. U prvu spada zalijevanje, prihranjivanje, te usmjeravanje i korekcije rasta biljaka. Druge vrste poslova su podrezivanje i čišćenje. Za poslove zalijevanja, prihranjivanja i usmjeravanja rasta biljaka traže se rješenja primjenom automatskih uređaja, odnosno robota. Druge vrste poslova i dalje će za sada trebati obavljati vrtlari ili sami stanari.

To djelomično rješavanje poslova održavanja biljnog pokrova zgrade automatizacijom bit će velika pomoć i olakšanje kod takvih kompleksnih sustava zgrada.

Robotizacija se nastoji ostvariti direktnim povezivanjem biljaka i robota, stvaranjem hibrida. Osnovna ideja na kojoj su razrađeni takvi sustavi je spoznaja da sva živa bića, na neki način, osjećaju utjecaj okoline i njemu se prilagođavaju. Biljke su bio-električni aktivni sustavi. Njihovi bio-elektrokemijski signali se pobuđuju i provode između površine tkiva biljke i stabljike. Nastali su kao posljedica vanjskih podražaja poput svjetla, gravitacije, mehaničkih podražaja, temperature, ozljede i drugih utjecaja iz okoline. Napredak u elektronici i znanosti o materijalima omogućio je izradu vrlo osjetljivih senzora. Brojnim pokusima uspjelo se povezati podražaje u biljkama sa senzorskim sustavom robota. Time se ostvarila simbioza biljaka i mehaničkog uređaja. Temeljem tih signala roboti obavljaju određeni rad, a povratno utječu i na biljku. Stvoren je integralni sustav automatiziranih mehatroničkih uređaja i biljaka, svojevrсни „biljke kiborzi“ ili „fitokiborzi“, slika 3. [10, 11]

U Massachusetts Institute of Technology (MIT), uspjeli su povezati prirodne i digitalne sustave te tako stvoriti nove vrste hibridnih uređaja. Takav uređaj nazvan je Elowan, slika 4. Koristili su samohodnog robota s kotačima na kojem je smještena biljka, u čije su stabljike i lišće ugrađene elektrode. [12] Preko elektroda primaju se slabi bio-električni signali, koje biljka proizvodi pod utjecajem svjetlosti i drugih podražaja iz okoline.



Slika 3 Shematski prikaz povezivanja biljnih senzorskih sustava i elektroničkog sustava robota (dorađena slika prema [11])

Figure 3 Schematic overview of the connection of plant sensor systems and the electronic system of the robot (modified image according to [11])

Signali se pojačavaju i usmjeravaju na pokretanje robota, približavajući ili usmjeravajući ga prema izvoru svjetlosti. Elowan je kibernetički oblik života, biljka je u izravnom dijalogu sa strojem. Ovom simbiozom biljke se uključuju izravno u digitalni svijet. Omogućeno je i praćenje zdravlja biljke. [10, 12]

Slika 4 Elowan, hibrid biljke i robota-kibernetički oblik života [10]

Figure 4 Elowan, a hybrid of a plant and a robot - cybernetic life form [10]

Istraživanja ukazuju da umjesto izrade potpuno tehničkih sustava, veće su mogućnosti korištenja sposobnosti koje postoje u biljkama stvaranjem hibrida, odnosno *biljnog kiborga* ili *fitokiborga* poput Elowana. [10]

Ovakvim kibernetičkim sustavom mogu se poticati fiziološke aktivnosti kao što su rast i apsorpcija vlage. U eksperimentalnim rješenjima, elektrode su umetnute u stabljiku i tlo, te list i tlo. Slabi signali su se pojačavali i slali robotu za njegovo pokretanje u odgovarajućim smjerovima (slika 4). To bi omogućilo da oni budu odgovorni za nužne interakcije i njihovu održivu primjenu u razvoju biljaka. [10, 11]

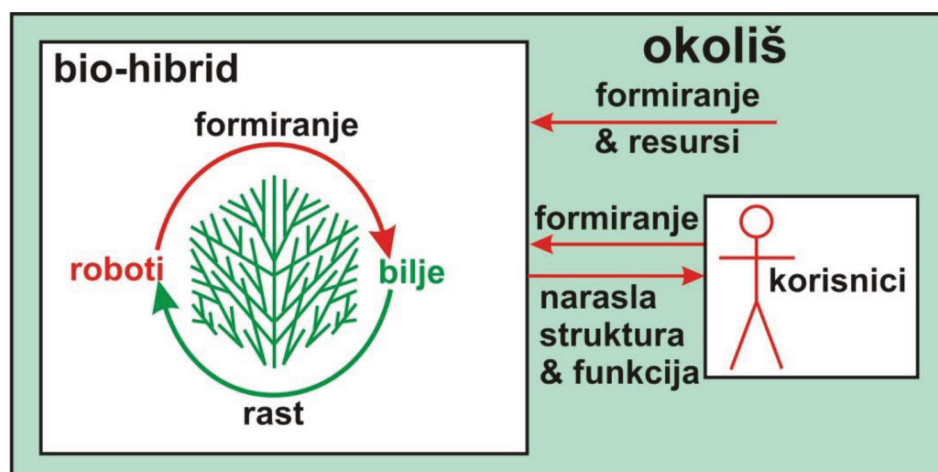
Kako bi ta istraživanja bila iskorištena za uzgoj biljaka, pokrenut je i EU projekt *Flora Robotica od travnja 2015. do ožujka 2019. godine*. Cilj projekta *Flora Robotica* bio je stvaranje takvog kibernetičkog sustava. Okupilo je znanstvenike raznih područja od biologije, elektronike, robotike i informatike. Jedna od ideja kod ovih bio-hibrida je dodjela jednake uloge robotima i biljkama u cilju stvaranja visoko integriranih, simbiotskih sustava. Omogućeno je proučavanje tih „mješovitih sustava“ umjetnog života, interakcija sa živim organizmima i bolje razumijevanje njihovog adaptivnog ponašanja. [4, 13, 14]

Bio-hibridni sustav reagira na prirodne podražaje iz okoline npr. svjetlost, gravitaciju, vlagu, kao i na umjetne podražaje koje nameće robot, slika 5. [14]

Robotski dio sustava *Flora Robotica* zadužen je za provedbu procesa umjetnog rasta biljaka. Tome služe odgovarajuće skele.

Moduli robota mogu kontrolirati biljke odgovarajućim podražajima koji iskorištavaju različite tropizme biljaka, odnosno gibanja biljaka ili njihovih organa savijanjem. Omogućeno je stvaranje samoorganizirajućih kontrolnih mehanizama proizašlih iz interakcije robota i biljaka. Robotski modul pričvršćen je na biljku, te se pomiče kretanjem i rastom biljke. [14]

Robotski sustav *Flora Robotica* ima strukturu skela, sastavljene od štapova i čvorova, slika 6. Čvorovi su mjesta spajanja štapova. U štapovima je ugrađena elektronika s malim autonomnim uređajima. Sastoje se od procesnih i komunikacijskih uređaja, sustava za dobivanje energije solarnim ćelijama, senzora i aktuatora. Oko skela se isprepliću stabljike biljke. Tako je nastao bio-robotski sustav. Senzori reagiraju na signale biljke koji nastaju promjenama u okolini. Od ugrađenih senzora interesantni su 3D akcelerator i 3D magnetometar za informaciju o orijentaciji štapova i mjerenje vibracija. U štapovima ugrađeni su i senzori temperature, kapacitivni senzori dodira za otkrivanje biljaka penjačica pričvršćenih na štapu. Također postavljeni su i prsteni sa četiri integrirana senzora ambijentalnog svjetla i infracrvenih senzora blizine koji detektiraju listove. Na platformu ili na tlo oko bio-hibridnog postrojenja postavlja se niz senzora poput senzora okoliša, elektrofizioloških senzora, fotosintetskih senzora, fluidnih senzora kao i aktuatora. Aktuatori su namijenjeni za održavanje biljke poput zalijevanja, dodavanja kemijskih spojeva za prihranjivanje, osiguranje odgovarajuće svjetlosti i temperature. [14]



Slika 5 Shematski prikaz bio-hibridnog sustava (dorađena slika prema [14])

Figure 5 Schematic overview of the bio-hybrid system (modified image according to [14])

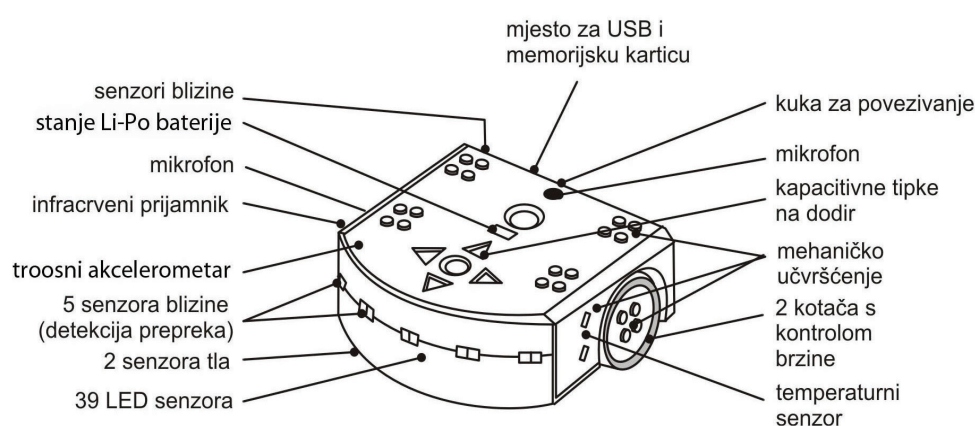


Slika 6 Prototip štapova i čvorova bez ugrađene elektronike u projektu *Flora Robotica* [14]

Figure 6 Prototype of rods and nodes without built-in electronics in the *flora robotics* project [14]

Štapovi imaju RGB LED diode i vibracijski motor. LED diode služe za istraživanje utjecaja svjetla na biljku. Vibracijski motor simulira vanjski dodir (seizmonastiju) za poticanje pomaka biljnih organa. [14]

Roboti su samoorganizirani pokretni uređaji. Biljke stvaraju trajne strukture koje nisu ograničene mogućnostima rasta. Jedan od prijedloga za kontrolu rasta biljaka u kolektivnom okruženju je primjena strategije kolektivne inteligencije. U tom smislu osigurala bi se međusobna suradnja robotskih modula uz dugoročno učenje temeljem povratnih informacija i prilagodbe novim situacijama. [14]



Slika 7 Robot *Thymio II* koji se koristi kod projekta *Flora Robotica* (skica izrađena prema [15])

Figure 7 *Thymio II* robot used in the *Flora Robotica* project (sketch made according to [15])

Projekt *Flora Robotica* kao robotsku platformu koristi robot *Thymio II*. To je mali edukacijski robot s velikom količinom senzora, te raznim mogućnostima kretanja. Reagira na dodir i svjetlo. Alat za vizualno programiranje generira programe na jeziku Aseba, koji se zatim mogu dodatno proširiti. Razvijen je u suradnji između Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne i Ecole Cantonale d'Art de Lausanne, slika 7. [15]

Primjena bio-hibridnih sustava *Flora Robotica* namijenjena je za arhitektonske projekte *treehouse*, kao što su „zeleni“ zidovi, krovovi i balkoni, kako bi se osigurala funkcionalnost objekta. Oni bi s biljkama omogućili stvaranje potrebne sjene, odnosno zaštite od sunca, te kontrolu kvalitete zraka. Jednog dana ti će roboti, kada bude veći broj izgrađenih zgrada *treehouse*, moći održavati to zelenilo. Takav napredak omogućio bi stvaranje *treehouse* prilagođenih potrebama ljudi s kojima bi mogli ostvariti i „komunikaciju“. „Zeleni zid“ imao bi programirane „rupe“ za osiguranje svjetla, koje bi svojim radom osigurali ovi kibernetički sustavi. [4, 13, 14]

Arhitekta budućnosti zanimaju ova moguća rješenja obzirom na ukupnu bio masu i njen rast na zgradama. Još uvijek uzgoj hibrida biljaka i robota za veličine zgrada *treehouse* u stvarnom svijetu nije moguć kroz ovaj projekt. Ipak ovom „digitalnom prisutnošću“ omogućuje se ljudima da steknu uvid u problematiku razvoja biljaka neposrednom komunikacijom. Glavni doprinos ovog projekta je razvoj metodologije stvaranja bio-hibridnog, samoorganizirajućeg sustava za rast biljaka uz pomoć robota. [13, 14, 16, 17]

4. REFERENCE

4. REFERENCES

- [1.] Rudeš T.: Što je zapravo dogovoreno u Glasgowu, a što nije: Ovo je pet postignuća i pet negativnih posljedica klimatskog summita, dostupno na <https://www.jutarnji.hr/life/znanost/sto-je-zapravo-dogovoreno-u-glasgowu-a-sto-nije-ovo-je-pet-postignuca-i-pet-negativnih-posljedica-klimatskog-summita-15120148>, objavljeno 14.11.2021.
- [2.] Milišić Bogunović E.: Prirodna rješenja za klimatske promjene, dostupno na <https://prilagodba-klimi.hr/prirodna-rjesenja-za-klimatske-promjene/>, objavljeno 26.1.2021.
- [3.] Treehouse, dostupno na <https://addp.sg/project/treehouse/>, pristup 4.11.2021.
- [4.] BRINGING NATURE IN: HOW PLANTS AND GREEN SPACES BENEFIT YOUR BUILDING, dostupno na <https://controlyourbuilding.com/blog/entry/bringing-nature-in-how-plants-and-green-spaces-benefit-your-building>, objavljeno 13.6.2017.
- [5.] Velazquez A.: Green Walls Becoming More Popular In Singapore Buildings, dostupno na <https://www.greenroofs.com/2019/05/01/green-walls-becoming-more-popular-in-singapore-buildings/>, objavljeno 1.5.2019.
- [6.] Cecile : Nature is Back in Town!, dostupno na <http://www.excitingthingsonly.com/nature-is-back-in-town/>, objavljeno 13.10.2011.
- [7.] Kohlstedt K.: Renderings vs. Reality: The Improbable Rise of Tree-Covered Skyscrapers, dostupno na <https://99percentinvisible.org/article/renderings-vs-reality-rise-tree-covered-skyscrapers/>, objavljeno 4.11.2016.
- [8.] Mishra P.K.: The Importance of Green Buildings in Contemporary India, dostupno na <http://bwsmartcities.businessworld.in/article/The-Importance-of-Green-Buildings-in-Contemporary-India/03-07-2020-293584/>, objavljeno 3.7.2020.
- [9.] Miletic B.: Is it time to finally start putting a price on green infrastructure?, dostupno na <https://www.architectureanddesign.com.au/features/features-articles/is-it-time-to-finally-start-putting-a-price-on-gre>, pristup 12.11.2021.
- [10.] Elowan: A plant-robot hybrid, MIT Media Lab, dostupno na <https://robohub.org/elowan-a-plant-robot-hybrid/>, objavljeno 9.12.2018.
- [11.] Cyborg Botany: Exploring In-Planta Cybernetic Systems for Interaction, dostupno na <https://harpreetsareen.com/research>, pristup 19.11.2021.
- [12.] Aouf R.S.: MIT "cyborg botany" researcher builds plant-robot hybrid called Elowan, dostupno na <https://www.dezeen.com/2018/12/07/mit-elowan-cyborg-botany-plant-robot-hybrid/>, objavljeno 7.12.2018.
- [13.] Flora Robotica, dostupno na <https://www.florarobotica.eu/>, pristup 15.11.2021.
- [14.] Hamann H. at al.: Flora Robotica - Mixed Societies of Symbiotic Robot-Plant Bio-Hybrids, Conference Paper, December 2015, DOI: 10.1109/SSCI.2015.158, <https://www.researchgate.net/publication/287210438>
- [15.] Thymio, dostupno na <https://www.robot-advance.com/EN/art-thymio-1194.htm>, pristup 15.11.2021.
- [16.] Societies of Symbiotic Robot-Plant Bio-Hybrids as Social Architectural Artefacts, dostupno na https://www.researchgate.net/publication/287210438_Flora_Robotica_-_Mixed_Societies_of_Symbiotic_Robot-Plant_Bio-Hybrids/figures?lo=1, pristup 15.11.2021.
- [17.] Klisović J.: Intervju s Igorom Čatićem: Avatari su odavno među nama – Prirodni ljudi će nestati za nekoliko desetljeća!, dostupno na <http://tris.com.hr/2014/04/i-catic-avatari-su-odavno-medu-nama-prirodni-ljudi-ce-nestati-za-nekoliko-desetljeća/>, objavljeno 24.4.2014.

AUTOR · AUTHOR

● **Gojko Nikolić** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 3, No. 2, 2015.

Korespondencija · Correspondence

gojko.nikolic@ttf.hr