

Odgovorno (pre)oblikovanje živega sveta iz domače biodelavnice

Abstract

The responsible (re)design of the living world from the home bio-workshop

The article explores how the modern movement of do-it-yourself biology, DIYbio or biohackers, which some experts compare to the early garage personal computing and hacker movement in the 80s of the 20th century, could, by combining a broad design approach and traditional hacker ethic, contribute to a more responsible (re)design of organisms for human purposes within the framework of modern biotechnology and synthetic biology. The first part examines how the rapid development of new information and biotechnology tools has led to the emergence of the modern DIYbio movement and the rise of biohacks, and how the new tools of synthetic biology, such as CRISPR, point to even more radical and to the amateur community accessible possibilities for shaping the living world, including humans, which also opens questions regarding safety and responsible use. The second part highlights the importance of a broad design approach entering the sphere of biotechnology and synthetic biology and its intertwining with biohacker values and art, which could be important for ensuring better safety and responsibility in the use of new biotechnological capabilities. It also suggests the possibility of the DIYbio movement influencing the biotechnology business and public research and academic sphere by encouraging a biohacker design approach among the young and amateur biologists and biotechnologists. In the conclusion it emphasizes the importance of interdisciplinary cooperation for shaping a creative and societally broadly desirable bio-designer future.

Keywords: design, biohacking, CRISPR, do-it-yourself biotechnology, synthetic biology

Toni Pustovrh is an Assistant Professor at the Department of Cultural Studies and a researcher at the Centre for Social Studies of Science at the Faculty of Social Sciences of the University of Ljubljana. (toni.pustovrh@fdv.uni-lj.si)

Povzetek

Avtor članka raziskuje, kako bi sodobno gibanje naredi-si-sam biologije, DIYbio oz. gibanje biohekerjev, ki ga nekateri strokovnjaki primerjajo z zgodnjim garažnim osebnim računalništvom in hekerskim gibanjem v 80. letih 20. stoletja, z združevanjem širokega oblikovalskega pristopa in tradicionalne hekerske etike, lahko pripomoglo k odgovornejšemu (pre)oblikovanju organizmov za človeške namene v okviru sodobne biotehnologije in sintezne biologije. V prvem delu proučuje, kako je z naglim razvojem novih informacijskih in biotehnoških orodij prišlo do nastanka sodobnega DIYbio gibanja in pojava biohekerjev ter kako nova orodja v sintezni biologiji, kakršno je CRISPR, nakazujejo še radikalnejše in širši skupnosti amaterjev dostopne možnosti za oblikovanje živega sveta, vključno s človekom, pri čemer odpirajo tudi vprašanja o varnosti in odgovorni rabi. V drugem delu obravnava vstop in pomen širokega oblikovalskega pristopa v sfero biotehnologije in sintezne biologije ter njegovo prepletanje z biohekerskimi vrednotami in umetnostjo, kar bi bilo lahko pomembno za zagotavljanje boljše varnosti in odgovornosti pri rabi novih biotehnoških zmoglosti. Nakazuje tudi možnosti vpliva DIYbio gibanja na biotehnoško podjetniško ter javno raziskovalno in akademsko sfero prek spodbujanja oblikovalskega biohekerskega pristopa pri mladih in amaterskih biologih in biotehnologih. V sklepu poudarja pomen interdisciplinarnega sodelovanja za oblikovanje kreativne in družbeno širše zaželene biooblikovalske prihodnosti.

Ključne besede: oblikovanje, biohekerstvo, CRISPR, biotehnologija naredi-si-sam, sintezna biologija

Toni Pustovrh je raziskovalec na Centru za proučevanje znanosti in docent na katedri za kulturologijo, Fakulteta za družbene vede, Univerza v Ljubljani. (toni.pustovrh@fdv.uni-lj.si)

Sintezna biologija, biotehnologija naredi-si-sam in CRISPR

Čedalje hitrejši napredek znanosti in tehnologije, predvsem na področju informacijske tehnologije, genomike in biotehnologije, omogoča razvoj čedalje bolj zmogljivih orodij za (pre)oblikovanje živih bitij na ravni njihovega osnovnega gradbenega in razvojnega načrta, torej njihovega genoma. V tem pogledu je sintezna biologija eno najobetavnejših in za nekatere tudi kontroverznih področij, ki naj bi dolgoročno omogočilo inženiranje širokega razpona živih bitij in njihovih sestavnih delov za človeške namene. Čeprav v znanstveni skupnosti ni široko sprejete definicije, lahko sintezno biologijo na splošno opredelimo kot inženiranje bioloških sestavnih delov in sistemov, ki ne obstajajo v naravi, ter inženirsko preoblikovanje obstoječih bioloških komponent za ustvarjanje sistemov, ki opravljajo za človeka uporabne funkcije (OECD, 2014). S tem se odpirajo široke možnosti za gensko inženiranje rastlin in živali z želenimi lastnostmi, kot so oblikovanje mikroorganizmov za proizvodnjo goriv, zdravil, materialov in različnih kemikalij, za stvaritev bioloških senzorjev in filtrov, pri ljudeh pa za zdravljenje različnih gensko pogojenih bolezni in dolgoročno morda tudi možnosti za krepitev in večanje fizičnih in umskih zmožnosti zdravih ljudi.

S hitrim razvojem v sintezni biologiji in na sorodnih področjih genskega inženiringa z upadanjem cen prihaja do naraščajoče komercialne dostopnosti čedalje bolj zmogljivih orodij za biološko inženiranje oz. oblikovanje, kar omogoča širšo demokratizacijo in decentralizacijo, torej dostopnost in razširjenost zmožnosti za (pre)oblikovanje živih bitij z oblikovanjem njihove DNK. S tem tehnološkim trendom se je začelo v zadnjem desetletju širiti in krepiti tudi gibanje garažne biologije oz. naredi-si-sam biologije, *DIYbio* (*Do-It-Yourself Biology*), ki ga nekateri strokovnjaki primerjajo z začetki osebnega računalništva oz. vzponom amaterskih programerjev in hekerjev v 80. letih 20. stoletja, vendar tokrat na področju oblikovanja lastnosti živih bitij namesto digitalnih programov. Posamezniki, ki se amatersko, ljubiteljsko in zunajinstitucionalno ukvarjajo z biotehnološkim eksperimentiranjem v domačih delavnicah in provizoričnih garažnih laboratorijih, se že nekaj časa povezujejo v fizično sicer široko razpršene skupnosti, kjer izmenjujejo metode, izsledke in dobre prakse, predvsem v ZDA in tudi v Evropi pa se že združujejo v delovnih skupinah in v skupnostnih laboratorijskih prostorih (*DIYbio*, 2015a). V tako imenovanih (bio)hekerskih prostorih posamezniki plačujejo članarino za uporabo prostorov in opreme, ki jo ponekod delno sponzorirajo univerze, raziskovalni inštituti ali podjetja na področju sintezne biologije in biotehnologije. Med bolj znanimi naredi-si-sam skupnostnimi laboratorijskimi prostori v ZDA sta na primer *bioCURIOUS* v Kaliforniji in *Genspace* v New Yorku, v Evropi *London Biohackspace*, prostore za organizacijo bioloških poskusov in delavnic pa imamo tudi v Sloveniji,

v iniciativi BioTehna v sklopu Galerije Kapelica.¹ Osrednji cilj gibanja naredi-si-sam biologije je prenesti biološko in biotehnoško eksperimentiranje iz akademskega okolja v širšo skupnost državljanov-znanstvenikov, pri čemer je glavno vodilo prosto širjenje znanja po vzoru digitalnih odprtokodnih in hekerskih gibanj, s katerimi se DIYbio pogosto povezuje in prepleta.

Pozitivni vidiki tega trenda so trenutno predvsem v izobraževanju državljanov o zmožnostih in potencialih biotehnologije in genomike, premagovanju instinktivnega strahu in odpora pred »igranjem boga z živimi bitji« ter v motiviranju predvsem mladih kot bodočih raziskovalcev in znanstvenikov. Nekateri v tem amaterskem gibanju vidijo tudi možnosti za procesne inovacije in nove znanstvene preboje ter njihov prenos v podjetništvo (Boustead, 2008). Bolj vizionarski posamezniki pa v njem vidijo začetke naredi-si-sam biooblikovalske prihodnosti, kjer si bo lahko vsakdo po želji oblikoval živa bitja po meri kar v lastnem domu, naj gre za mikrobe, rastline ali živali. Tako naj bi sčasoma od preprostih »šolskih« poskusov s fermentiranjem in varjenjem s preprosto izolacijo DNK in obarvanjem mikroorganizmov prešli do točke, kjer bomo lahko sami oblikovali ali pa vsaj naročili kulture mikroorganizmov, ki nam bodo v udobju lastnega doma proizvajale gorivo ali elektriko iz odpadnih in organskih materialov, sintetizirale zdravila, materiale in druge uporabne kemikalije, čistile strupene in odpadne snovi iz vode in tal, vrtičkarji in kmetovalci pa si bodo lahko sami oblikovali rastline in živali z najbolj zelenimi lastnostmi.

Še bolj radikalne oz. vizionarske podskupine garažnih biotehnologov oz. biohekerjev pa za predmet svojega biološkega raziskovanja in eksperimentiranja uporabljajo kar lastno telo.² Tako številni amaterski (samo)raziskovalci preizkušajo različne psihoaktivne učinkovine z namenom optimizacije in krepitev svojih umskih, še zlasti kognitivnih sposobnosti, spet drugi eksperimentirajo s preprostimi kibernet-skimi vsadki, ki oddajajo radijske signale, ali omogočajo spremljanje telesnih funkcij (Coward, 2015). Garažne biotehnoške aplikacije za človeško telo so za zdaj še zelo omejene, številni biohekerji pa pričakujejo, da bodo sčasoma lahko razvili oz. začeli uporabljati napredne oblike genske terapije in inženiringa za preoblikovanje lastnosti in zmožnosti človeškega telesa, ki bodo omogočale vse, od krepitev fizičnih in umskih zmogljivosti, pa do podaljševanja zdravega življenjskega razpona.

Morda se zdi, da je takšna radikalna naredi-si-sam biohekerska prihodnost še zelo oddaljena, če ne popolnoma nerealna, vendar pa je nedavni pojav novega orodja za genomsko inženiranje dodobra spremenil obete za prihodnost bio-

¹ Takole pišejo na svoji spletni strani: »BioTehna je prostor, kjer netimo radovednost, eksperimentiramo in raziskujemo zanimive povezave med naravo in tehnologijo. Tu umetniki in znanstveniki kreativno in inovativno združujejo žive materiale z inženirskimi rešitvami in tako spodbujajo razmišljanje in zavest o svetu, v katerem bomo živeli v bližnji prihodnosti.«

² To je podskupina tako imenovanih »grinderjev«, hekerjev teles, protokiborgov ter eksperimentatorjev z nootropiki (učinkovinami, ki naj bi spodbujale kognitivne zmožnosti) in stimulacijo možganov z električnim tokom (glej npr. Pustovrh, 2014).

tehnološkega inženiringa. Gre za CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*), sistem, ki je naravno prisoten v določenih mikrokih kot del obrambnega oz. imunskega sistema proti virusom (Dolenc, 2015). V izolirani in spremenjeni obliki raziskovalcem in biotehnologom omogoča dokaj natančno, hitro in preprosto dodajanje, blokiranje ali spreminjanje posameznih delov DNK na več mestih v genomu hkrati, obenem pa je izjemno poceni v primerjavi s starejšimi metodami genomskega inženiranja, zato se naglo uveljavlja kot standardno orodje v večini laboratorijev (Ledford, 2015).³

CRISPR naj bi tako pospešil razvoj tako rekoč vseh že prej omenjenih potencialnih aplikacij na področju sintezne biologije in biotehnologije, njegov potencial za preoblikovanje človeškega genoma pa so pokazali kitajski znanstveniki, ki so opravili za mnoge etično sporne ali vsaj kontroverzne poskuse spreminjanja genoma na človeških zarodkih (Liang in dr., 2015). Čeprav so bili zarodki po poskusih uničeni in je raziskava pokazala predvsem, da je metoda še vedno dokaj nenatančna, saj je vodila do neželenih sprememb v drugih delih genoma, je v mednarodni znanstveni skupnosti zbudila burne odzive, ki so segali od pozivov za popolno opustitev takšnega eksperimentiranja, z argumentom, da bi lahko vodilo k neterapevtskim, krepitvenim posegom, do moratorijev na vnašanje trajnih sprememb v genom potomcev, a le dokler ne bodo rešena vprašanja, povezana z varnostjo in zanesljivostjo takšnih posegov (Cyranoski, 2015).⁴

Kot je razvidno iz teh odzivov in pozivov k naglemu oblikovanju regulativnih okvirov, so dejansko le redki raziskovalci pričakovali tako hiter nastanek metode, kakršna je CRISPR, verjetno pa je, da bo povzročila še večjo demokratizacijo in dostopnost orodij za genski inženiring, tudi v skupnosti amaterskih, garažnih, naredi-si-sam biotehnologov. Tako kot so v prosti prodaji že dolgo dostopni kompleti za preprosto biotehnološko eksperimentiranje v lastnem domu, kakršen je na primer Amino (Stinson, 2015a), je trenutno v delu komplet za naredi-si-sam genomsko inženiranje bakterij z orodjem CRISPR, ki ga prek kampanje *indiegogo* pripravljajo raziskovalci v Nasinem laboratoriju za sintezno biologijo (Blain, 2015).

Naraščajoča dostopnost radikalnih zmožnosti za preoblikovanje živih bitij torej nakazuje aktualna vprašanja, povezana z varnostjo, odgovornostjo in zaželenostjo biotehnoloških inovacij, še posebno kadar poteka v zunajinstitucionalnem, amaterskem okolju. Kot članek argumentira v nadaljevanju, je morda ravno oblikovalski pristop, ki je do določene mere že prisoten v biohekerski skupnosti, tisti dejavnik, ki lahko skupaj s hekersko etiko zagotovi večjo kreativnost, kot tudi varnost in odgovornost v prihajajoči biotehnološki družbi ter z upoštevanjem funkcionalnih, estetskih, ekonomskih in družbenopolitičnih dimenzij biotehnološkega oblikoval-

³ Orodje cinkovih prstov, ki so ga uporabljali pred tem, na primer stane okrog 5000 dolarjev, medtem ko so stroški orodja CRISPR okrog 30 dolarjev.

⁴ Podobni pozivi nekaterih strokovnjakov in nevladnih organizacij se sicer že več let pojavljajo tudi v zvezi s sintezno biologijo oz. biotehnologijo na splošno (glej na primer ETC Group, 2007).

skega procesa in objekta morda pozitivno vpliva tudi na akademsko raziskovanje in biotehnoško podjetništvo.

Biohekerji, oblikovalci organizmov in odgovorno oblikovanje

Ne glede na oceno realnosti napovedi o tem, ali bodo garažni biotehnologi in biohekerji lahko kdaj dosegli znatne inovacije s preoblikovanjem genoma mikroorganizmov, rastlin, kompleksnejših živali in morda celo lastnega, človeškega genoma, se v zadnjih letih krepijo vprašanja, povezana z varnim in odgovornim delom v domačih biotehnoških delavnicah. Razprava o varnosti na področju sintezne biologije v okviru uradnih raziskovalnih laboratorijev je sicer že v polnem teku, na primer s priporočili za varno rabo aplikacij CRISPR, ki bi lahko omogočile večjo verjetnost prenosa spremenjenih genov na potomce in s tem naglo razširitev na celotno populacijo v le nekaj generacijah. Tu gre predvsem za aplikacije, usmerjene v preoblikovanje genomov, na primer za izkoreninjenje komarjev in odpravo malarije, odpravo odpornosti proti pesticidom in herbicidom pri škodljivcih ali za odpravo invazivnih vrst v lokalnem okolju (Kenneth in dr., 2014), kar bi seveda lahko vplivalo tudi na širše ekosisteme in življenjska omrežja v njih. Poleg vprašanj o varnosti je bilo zastavljenih tudi veliko vprašanj o obsežnejših transformativnih etičnih, pravnih in družbenih implikacijah biotehnoškega preoblikovanja organizmov s sintezno biologijo (APSF, 2011). Manj pa je za zdaj jasnega o najustrežnejšem pristopu za zagotavljanje varnosti in odgovornosti v široko razpršeni mreži amaterskih biohekerjev in v zasebnih zagonskih biotehnoških podjetjih.

Ravno glede skrbi o varnosti oz. o možnosti dvojne rabe⁵ orodij sintezne biologije v razpršenem, neinstitucionalnem okolju je bilo gibanje DIYbio nekaj časa celo pod drobnogledom ameriškega FBI, medtem ko je v zadnjem času prevladalo strokovno mnenje, da so kakršne koli resne aplikacije še precej oddaljene ter da je najboljši pristop k zagotavljanju varnosti opazovanje in spremljanje stanja tehnike. Kljub skrbem in zahtevam po splošni regulaciji ali celo prepovedi, ki jih še vedno izražajo nekatere varnostne službe, kritične okoljevarstvene organizacije in deli javnosti, pa je morda ravno gibanje DIYbio zaradi svojega ideološkega ozadja in razvojne zgodovine najprimernejše, da vnese vrednote družbene odgovornosti in humanističnega oblikovalskega pristopa tudi v širšo znanstveno skupnost, ki se ukvarja s sodobnim biotehnoškim (pre)oblikovanjem živih bitij na ravni njihove-

⁵ Vprašanja, povezana z varnostjo, se po navadi nanašajo na nenamerno ali namerno stvaritev in sprostitve patogenih organizmov v okolje oz. med prebivalstvo. Vprašanje dvojne rabe se nanaša na sočasno možnost uporabe večine tehnoloških aplikacij za ustvarjalne oz. civilne namene ter za destruktivne oz. vojaške namene. Enaka biotehnoška orodja bi bilo tako mogoče uporabiti na primer za stvaritev novega antibiotika ali pa za oblikovanje nove vrste virusa gripe z visoko smrtnostjo in nalezljivostjo.

ga genoma. Prvi argument v prid temu je širok oblikovalski pristop k delu v biohekerski skupnosti, drugi pa je njena specifična pozicija v znanstveno-raziskovalnem ekosistemu.

Z razvojem sintezne biologije in gibanja DIYbio je v zadnjih letih namreč prišlo do znatnih sprememb pri samem pristopu v biologiji. Nekoč je bila njena tradicionalna naloga opazovanje, opisovanje in razumevanje živega sveta, zdaj pa se pomika k inženiranju in oblikovanju organizmov. Biohekerji tako postajajo oblikovalci organizmov, ne zgolj v strogo inženirskem pogledu, temveč tudi v kreativnem smislu in odgovornem humanističnem pristopu, ki upoštevatata širše razsežnosti biotehnološkega preoblikovanja družbe in sveta. Kot piše Stinson (2015b), se nova zagonska podjetja, kakršno je na primer Ginkgo BioWorks, ki se nahajajo nekje med gibanjem DIYbio in institucionalno raziskovalno skupnostjo, pojmujejo kot mešanica biotehnoloških zagonskih podjetij, raziskovalnih laboratorijev in skupine ljubiteljskih biohekerjev. V takšnih okoljih naraščajoča avtomatizacija inženiranja DNK omogoča ločitev procesa stvaritve oz. produkcije in procesa oblikovanja, kar odpira večje možnosti za razmišljanje o mogočih pristopih in smereh oblikovanja, kot tudi o širših implikacijah specifičnih aplikacij za družbo.

Gre za podobno delitev dela kot med arhitekti in gradbeniki, med oblikovanjem oz. načrtovanjem in izvedbo. V takšnem pristopu prihaja do čedalje tesnejšega povezovanja in prepletanja med inženirskimi, oblikovalskimi in umetniškimi pristopi, kot tudi družboslovno-humanističnimi vidiki, ki poudarjajo pomen na človeka osredinjenega oblikovanja in upoštevanja širših etičnih, pravnih in družbenih vplivov specifičnih oblik aplikacij. Predvsem v Evropi se je vzpostavilo močno sodelovanje med biohekerji in umetniki, ki družno raziskujejo implikacije sintezne biologije in novih biotehnologij ter jih kritično predstavljajo širši javnosti. Med bolj opaznimi je na primer vsakoletni festival BioFiction (2014),⁶ ki združuje tematske animirane in dokumentarne filme, bioumetniške instalacije in biotehnološke poskuse, na področju bioumetnosti in bioeksperimentiranja pa je v Sloveniji močno dejavna tudi mednarodno priznana Galerija Kapelica.

Biohekerji kot biologi oz. biološki inženirji oblikujejo čedalje bolj celosten pogled na implikacije svojega dela prav zaradi sodelovanja z umetniki in oblikovalci, od katerih privzemajo njihova orodja in načine razmišljanja. Kot nakazuje že sama oznaka bioheker, sta tako pristop kot samo gibanje DIYbio tesno povezana s hekerskim pristopom, kulturo in etiko v računalništvu. Od njega je privzelo klasične hekerske vrednote, kot so deljenje, odprtost, decentralizacija, prost dostop do znanja in opreme ter zavezanost izboljševanju sveta (Levy, 1984), torej etično držo, ki v akademskem in podjetniškem svetu ni ravno vedno v ospredju. Vrsta kongresov predstavnikov posameznih skupin DIYbio je leta 2011 vodila do dveh podobnih delovnih verzij etičnih kodeksov za biohekerje, ki poudarjata transpa-

⁶ V ožjem obsegu je festival v začetku leta 2015 gostoval tudi v ljubljanski Stari mestni elektrarni, glej Bunker, 2015.

rentnost, varnost, odprt dostop, izobraževanje, poigravanje, miroljubne namene, skrb za okolje, odgovornost in skupnost (DIYbio, 2015b). Pomemben vidik je sama skupnost biohekerjev, za katero bi bilo ustreznejše, kot poudarjajo nekateri člani, da se ne bi imenovala *naredi-si-sam* biologija temveč *naredimo-si-skupaj* biologija, tako v smislu skupnega dela oz. sodelovanja kot skupnega razpravljanja o zaželenih razvojnih smereh in ciljih. Tesno je povezana tudi z biopunkersko miselnostjo, ki vključuje tehnoprogresivne ali transhumanistične⁷ elemente, družbeno in politično angažiranost ter umetniški pristop. S povezovanjem tako širokega in obenem raznolikega oblikovalskega pristopa si prizadeva preseči strogo ekonomsko in tehnološko gnano smer (pre)oblikovanja živega sveta in družbe ter vključiti širše razmišljanje o estetiki, humanističnih vrednotah in družbeni angažiranosti v smislu (bio)tehnološkega izboljševanja sveta ter sočasnega opozarjanja na morebitne negativne posledice.

Glede položaja DIYbio gibanja je velik del njegovih prvotnih ustanoviteljev tesno povezan z institucionalnimi laboratoriji in akademsko sintezno biološko skupnostjo oz. v njej zaseda položaje vodilnih raziskovalcev ter tako poleg znanstvene vloge opravlja tudi družbeno angažirano vlogo spodbujanja neinstitucionalnega in amaterskega raziskovanja v okviru prenosa (bio)znanosti med državljane.⁸ Prav tako je med amaterskimi biohekerji veliko mladih, med katerimi bodo številni v prihodnosti postali institucionalno zaposleni raziskovalci in (bio)podjetniki, nekateri pa že zdaj stojijo v obeh sferah. V tem pogledu je torej mogoče pričakovati ali vsaj upati, da bo prek teh povezav oblikovalska miselnost v širokem pomenu besede kot tudi družbena odgovornost in angažiranost sčasoma vsaj do neke mere prodrla tudi v akademsko oz. znanstveno in podjetniško skupnost. Naredi-si-sam bio gibanje je prav tako tesno povezano z mednarodnim tekmovanjem iGEM (*international Genetically Engineered Machine*, mednarodno tekmovanje v gensko inženiranih strojih), na katerem si študenti, podjetniki in biohekerji prizadevajo razviti aplikacije s sintezno biološkim pristopom, ob tem pa upoštevajo oz. obravnavajo tudi t. i. »človeške prakse«, ki se nanašajo na etične, pravne in družbene implikacije njihovega dela (iGEM, 2015). Na tekmovanju, ki je leta 2010 obsegalo že 130 ekip z vsega sveta, so prvo mesto nekajkrat zasedli tudi slovenski študenti.

V zvezi z odgovorno rabo novih tehnologij in tehnoloških zmožnosti je morda smiselno omeniti nov javnopolitični pristop oz. okvir odgovornega raziskovanja in inoviranja (*Responsible Research and Innovation*) v EU, ki si prizadeva spodbujati »etično sprejemljive, trajnostne in družbeno zaželene izide v inovacijskem procesu

⁷ Transhumanizem je filozofska smer oz. gibanje, ki potrjuje zaželenost reševanja temeljnih človeških problemov z rabo naprednih tehnologij, kar med drugim zajema tudi preoblikovanje človeškega telesa z namenom odprave degenerativnega staranja ter krepitev in razširjanje človeških fizičnih in umskih zmožnosti, medtem ko je tehnoprogresivizem bolj levo oz. socialistično usmerjena ter v določenem pogledu tudi bolj zmerna smer transhumanizma.

⁸ Angl. *Citizen Science*, državljanska znanost, ki si različno prizadeva za večjo znanstveno pismenost in amatersko eksperimentiranje med državljani na vseh področjih znanosti.

in tržnih izdelkih» (Von Schomberg, 2012: 9). Vseeno pa gre pri tem za obsežen in zato nujno tudi splošen in dokaj ohlapen pristop, implementiran z nadnacionalne ravni, od zgoraj navzdol. Verjetno je, da bo zajel predvsem velike akterje na javnem raziskovalnem in akademskem področju, vprašanje pa je, kolikšno mero odgovornosti oz. odgovornega pristopa bo dejansko vnesel v praktično delo posameznega raziskovalca, laboratorija ali podjetja. Če upoštevamo nagel razvoj novih orodij na področju biotehnologije, je dokaj verjetno, da se bosta njihova dostopnost in širjenje nadaljevala tudi v prihodnje, kar pomeni, da bomo potrebovali predvsem pristop od spodaj navzgor, na ravni posameznih raziskovalcev, ki tvorijo (amaterske) raziskovalne skupnosti. Ravno tu pa se zdi, da bi bil lahko najučinkovitejši biohekerski pristop, ki združuje oblikovalsko miselnost z družbeno odgovornim in angažiranim delovanjem za boljši svet, obenem pa razmišlja tudi o morebitnih negativnih vplivih in alternativnih, na človeka osredinjenih razvojnih poteh. V sklopu odprte skupnosti omogoča medsebojni nadzor in preverjanje, zaradi bolj vključujoče in odprte naravnosti pa podpira tudi raznolikost in drugačnost. Končno se je biohekerska skupnost tudi sama angažirala v oblikovanju lastnih skupnostnih etičnih kodeksov, ki so prosto dostopni (DIYbio, 2015b). Morda bo torej DIYbio gibanje, skupaj z oblikovalskim pristopom pripomoglo k varnejši in odgovornejši rabi in razvoju naprednih biotehnoških orodij in aplikacij v institucionalnem in podjetniškem okolju, tudi če samo ne bo proizvedlo nikakršnih radikalnih znanstvenih in tehnoloških inovacij in prebojev.

Sklep

Naraščajoče znanstvene in tehnološke zmožnosti nam v čedalje večji meri omogočajo temeljno spreminjanje lastnosti in funkcij organizmov ter postopno postavljajo tako rekoč ves živi svet, vključno s človekom, v sfero oblikovanja. V tem okviru še posebej izstopa sintezna biologija, ki jo nekateri strokovnjaki štejejo za eno temeljnih razvojnih področij rastočega biogospodarstva, kot tudi za temeljno transformativno silo v prihodnjih desetletjih (Church in Regis, 2012). Z možnostjo spreminjanja in oblikovanja živih bitij, med katera spada tudi človek, pa se ne zastavljajo le vprašanja o varnosti in učinkovitosti, temveč tudi o odgovornosti, sprejemljivosti in zaželenosti. Oblikovalski pristop k inženiranju organizmov, ki ga počasi omogočata avtomatizacija in delitev dela v sintezni biologiji oz. biotehnologiji, tako ne prinaša le možnosti vnosa večje kreativnosti, estetskih vidikov in razširjanja prostora mogočih aplikacij, temveč tudi humanističnega, na človeka in na širše družbene vplive osredinjenega pristopa. Drew Endy, eden vodilnih sinteznih biologov in promotorjev širšega dostopa do biotehnoškega raziskovanja, tako pravi, da pri svojih predmetih ne uči več osnovnih metod manipuliranja in sestavljanja DNK, temveč oblikovalski pristop k inženiranju genoma, torej razmišljanje o tem, kaj je s sodobnimi metodami, kot je CRISPR, mogoče in tudi družbeno najbolj zaže-

leno oblikovati (Stinson, 2015b). Združevanje veščin in znanja (bio)znanstvenikov in oblikovalcev tako na eni strani prinaša znatno razširitev oblikovalskih zmožnosti z živimi, organskimi materiali, na drugi pa v znanstveni oz. raziskovalni pristop vnaša razmišljanje o estetiki, uporabnosti in družbenih vprašanjih. Oblikovalski pristop v povezavi z biohekerskimi vrednotami, kot so transparentnost, varnost, odprti dostop, miroljubni nameni in izobraževanje, lahko pomembno pripomore k oblikovanju ustvarjalnega in odgovornega pristopa bodočih oblikovalcev organizmov oz. biooblikovalcev.

V tem pogledu je viden tudi pomen preseganja tradicionalne ločenosti ali celo sovražnosti med posameznimi znanstvenimi disciplinami, še posebno med naravoslovnimi in tehničnimi znanostmi ter družboslovjem in humanistiko, v obliki pravega interdisciplinarnega ali celo transdisciplinarnega sodelovanja, ki v času naprednih tehnologij ni pomembno le za doseganje novih znanstvenih in tehnoloških prebojev, temveč za zagotavljanje bolj človeške in pozitivne prihodnosti. Takšno sodelovanje pa je dejansko lažje v zunajinstitucionalnih prostorih laboratorijev DIYbio, kjer se družijo biohekerji z raznolikimi ozadji in znanjem, a s skupnimi cilji, kot pa v že tradicionalno disciplinarno zamejenih akademskih prostorih. V tej povezavi bo morda prav tako, kot je v preteklih desetletjih hekersko gibanje s svojo etiko in vrednotami pripomoglo k oblikovanju sodobnih računalnikov in predvsem k bolj odprtemu in za uporabnike dostopnemu spletu, tudi sodobno biohekersko gibanje pripomoglo k bolj odprtemu in odgovornemu biotehnološkemu svetu prihajajočih desetletij.

Literatura

- APSF (ALFRED P. SLOAN FOUNDATION, US DEPARTMENT OF ENERGY, WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTER FOR SCHOLARS) (2011): *Issues arising from Synthetic Biology: What Lies Ahead?* Dostopno na: www.synbioproject.org/site/assets/files/1265/social_issues_synthetic_biology_report.pdf (23. november 2011).
- BLAIN, LOZ (2015): *Do-it-yourself CRISPR genome editing kits bring genetic engineering to your kitchen bench.* Dostopno na: www.gizmag.com/home-crispr-gene-editing-kit/40362 (17. november 2015).
- BIOCURIOS. Dostopno na: <http://biocurious.org> (20. november 2015).
- BIOFICTION (2014): *Science Art Film Festival 2014.* Dostopno na: <http://bio-fiction.com/2014> (23. november 2015).
- BIOTEHNA. Dostopno na: <http://biotehna.org> (19. november 2015).
- BOUSTEAD, GREG (2008): The Biohacking Hobbyist. *SEED Magazine*. Dostopno na: http://seedmagazine.com/content/article/the_biohacking_hobbyist (24. november 2015).
- BUNKER (2015): *Biofiction@Ljubljana.* Dostopno na: <http://www.bunker.si/slo/archives/11558> (20. september 2016).

- COWARD, CAMERON (2015): CyberPunk Yourself – Body Modification, Augmentation, and Grinders. *Hackaday*. Dostopno na: <http://hackaday.com/2015/10/12/cyberpunk-yourself-body-modification-augmentation-and-grinders> (20. november 2015).
- DOLEC, SAŠO (2015): CRISPR - biotehnologija prihodnosti. *Kvarkadabra*. Dostopno na: www.kvarkadabra.net/crispr-biotehnologija-prihodnosti (19. november 2015).
- CHURCH, GEORGE C. IN ED REGIS (2012): *Regenesi: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. New York: Basic Books.
- CYRANOSKI, DAVID (2015): Ethics of embryo editing divides scientists. *Nature* 519: 272.
- DIYBIO (2015a): *Local Groups*. Dostopno na: <http://DIYbio.org/projects> (19. november 2015).
- DIYBIO (2015b): *Codes*. Dostopno na: <http://DIYbio.org/codes> (23. november 2015).
- ETC GROUP (2007): *Extreme Genetic Engineering: An Introduction to Synthetic Biology*. Dostopno na: <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/602/01/synbioreportweb.pdf> (24. november 2015).
- GENSPACE. Dostopno na: <http://genspace.org/> (20. november 2015).
- IGEM. Dostopno na: http://igem.org/Main_Page (24. november 2015).
- KENNETH A. OYE, KEVIN ESVELT, EVAN APPLETON, FLAMINIA CATTERUCCIA, GEORGE CHURCH, TODD KUIKEN, SHLOMIYA BAR-YAM LIGHTFOOT, JULIE MCNAMARA, ANDREA SMIDLER IN JAMES P. COLLINS (2014): Regulating gene drives. *Science* 345(6197): 626–628.
- LEDFORD, HEIDI (2015): CRISPR, the disruptor. *Nature* (522): 20–24. Dostopno na: <http://www.nature.com/news/crispr-the-disruptor-1.17673> (18. november 2015).
- LEVY, STEVEN (2001): *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*. New York: Penguin Books.
- LIANG, PUPING, YANWEN XU, XIYA ZHANG, CHENHUI DING, RUI HUANG, ZHEN ZHANG, JIE LV, XIAOWEI XIE, YUXI CHEN, YUJING LI, YING SUN, YAOFU BAI, ZHOU SONGYANG, WENBIN MA, CANQUAN ZHOU, JUNJIU HUANG (2015): CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes. *Protein & Cell* 6(5): 363–372.
- LONDON BIOHACKSPACE. Dostopno na: <https://london.hackspace.org.uk/> (20. november 2015).
- OECD (2014): *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*. Paris: OECD Publishing.
- PUSTOVRH, TONI (2014): The neuroenhancement of healthy individuals using tDCS: some ethical, legal and societal aspects. *Interdisciplinary description of complex systems* 12(4): 270–279. Dostopno na: <http://indecs.eu/2014/indecs2014-pp270-279.pdf> (20. november 2015).
- STINSON, LIZ (2015a): Amino's Cool Bio Kit Is Like the Easy-Bake Oven of Bioreactors. *Wired*. Dostopno na: <http://www.wired.com/2015/11/aminos-cool-bio-kit-is-like-the-easy-bake-oven-of-bioreactors> (17. november 2015).
- STINSON, LIZ (2015b): Move Over, Jony Ive – Biologists Are the Next Rock Star Designers. *Wired*. Dostopno na: http://www.wired.com/2015/11/move-over-jony-ivebiologists-are-the-next-rock-star-designers/?mbid=nl_111815 (19. november 2015).

2015).

VON SCHOMBERG, RENE (2012): Prospects for Technology Assessment in a framework of Responsible Research and Innovation. V *Technikfolgen abschätzen lehren: Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden*, M. Dusseldorp in R. Beecroft (ur.), 39–61. Wiesbaden: VS Verlag.