

3D SPAUSDINIMAS IR ADITYVIOJI GAMYBA. POVEIKIS DARBUOTOJŲ SAUGAI IR SVEIKATAI (DSS)

Ižanga

Šis straipsnis apie 3D spausdinimą parengtas Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūros (EU-OSHA) vardu. Jame nagrinėjami tam tikri esminiai klausimai, susiję su naujai besivystančio 3D spausdinimo pramonės sektoriaus teikiamomis galimybėmis ir iššūkiais darbdaviams, darbuotojams ir naujiems verslininkams, kurie dirba iš namų arba neformalioje darbo vietoje. Šio diskusijoms skirto dokumento paskirtis – supažindinti su 3D spausdinimu ir išnagrinėti jo galimą poveikį esamai ir naujai darbo aplinkai. Galiausiai, atsižvelgiant į esamus darbdavio ir darbuotojo santykius ir naujas, neformalias savarankiško verslo aplinkybes, bus pateiktos tam tikros Europos lygmens rekomendacijos dėl priemonių, kurių galima imtis siekiant užtikrinti, kad 3D spausdinimas vyktų saugesnėje, sveikesnėje ir poreikius atitinkančioje darbo aplinkoje.

Kas yra 3D spausdinimas?

3D spausdinimas yra inovacijų ir kūrybos pramonės srityje populiarus žodis. Vis dėlto tiksliai jo prasmė plačiai visuomenei vis dar nėra aiški. Adityvioji gamyba, darbatalio gamyba, sparti prototipų gamyba, skaitmeninė gamyba – tai skirtingi šios naujos technologijos pavadinimai¹. Dėl visiškai kompiuterizuoto produktų projektavimo ir gamybos proceso 3D spausdinimas yra didesnio skaitmeninės gamybos proceso sudedamoji dalis². Vis dėlto sąvokos „3D spausdinimas“ vartojimas apibendrinant įvairią naują skaitmeninę produkciją, pvz., CNC (kompiuterinio skaitmeninio valdymo) frezavimo staklės, lazeriniai pjaustytuvai, kompiuteriniai plieno braižytuvai ir pan., yra klaidinantis. Pavyzdžiui, CNC yra tradicinis frezavimo būdas, tačiau įrenginio judesiai kontroliuojami skaitmeniniu būdu. Nors visos išvardytos technologijos leidžia taip pat laisvai išgauti formas ir unikalias savybes, naudojant daugumą skaitmeninės gamybos būdų kietosios medžiagos dalis pašalinama frezuojant, pjaunant arba raižant. 3D spausdinimo atveju produktas kuriamas pagal eskizą, pridėdant medžiagą. Todėl tiksliausias apibūdinimas būtų adityvioji gamyba³. Ateityje šios dvi skaitmeninės technologijos (subtraktyvioji ir adityvioji) bus naudojamos lanksčiai: CNC įrenginys ir robotų technika gali būti lengvai transformuojami iš subtraktyviosios į adityviąją gamybą, tiesiog pakeičiant galvutę.

Šiame straipsnyje sąvoka „3D spausdinimas“ bus vartojama tik apibūdinant skirtingas produktų, kurie egzistuoja tik kompiuterinės rinkmenos forma, gamybos technologijas, ir šią rinkmeną naudojantis įrenginys kloja medžiagos sluoksnius tol, kol suformuojamas galutinis produktas⁴. Visas šis procesas prasideda nuo produkto dizaino kompiuteryje. Šis kompiuterinio projektavimo dokumentas (CAD rinkmena) iš esmės yra ne kas kita kaip sudėtingas spausdinimo darbas.

Kaip tai veikia?

Kompiuteriu sukurtas dizainas skaitmeniniu būdu padalijamas į tūkstančius sluoksnių; šis padalijimas vyksta naudojant programinę įrangą, kuri parengia dizainą spausdinimui. Kitas galimas būdas parengti skaitmeninę produkto rinkmeną – esamo objekto 3D skenavimas. Šie duomenys gali būti transformuoti į spausdinimo darbą, naudojant specialią programinę įrangą. Tokių skenerių galima kaina – nuo 50 iki 50 000 EUR. Stalinis 3D spausdintuvas kainuoja apie 1 000 EUR.

1 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

2 <http://www.wired.co.uk/article/digital-fabrication>

3 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

4 <http://additivemanufacturing.com/basics/>

Profesionalus 3D spausdintuvas, skirtas prototipams kurti ir ribotos serijos gamybai, kainuoja nuo 2 000 iki 20 000 EUR. Norint esamą didelio masto gamybą pakeisti 3D spausdinimu, regione gali prireikti 1 mln. EUR ar didesnių investicijų.

Esamą 3D spausdinimo technologiją sudaro du skirtingi techniniai procesai. Poveikis, kurį jie turės būsimam projektavimui, prekių gamybai ir paskirstymui, taip pat yra skirtingas: surišimo būdas naudojamas ypač pažangioje profesionalioje pramonėje, o išgavimo būdas yra ne toks išbaigtas ir dažnai naudojamas vartotojų rinkoje, taip pat pagal principą „iš apačios į viršų“ 3D spausdinimo srityje vykdomiems eksperimentams⁵.

Surišimas

Taikant surišimo būdą naudojama spausdinimo galvutė (joje yra lazeris, ultravioletinių spindulių (UV) šviesos diodas, šildytuvas ir t.t.), kuri padeda surišti išpurškiamą sintetinę medžiagą. Taikant šį būdą, užtikrinama geresnė kokybė, be to, galima naudoti įvairesnes medžiagas. Šiuo atveju taip pat būtinos aukštesnio lygio žinios ir tikslumas, be to, šis būdas yra brangesnis. Šie 3D spausdintuvai, kaip ir naudojamos medžiagos, yra brangesni. Todėl surišimas yra dažniausiai naudojamas ypač pažangiuose ir (pusiau) pramoniniuose procesuose.

Išspaudimas

Taikant išspaudimo būdą, naudojama rišamoji medžiaga, kuri išspaudžiama tiksliai derant laiko ir erdvės parametrus. Tai yra labiausiai paplitęs procesas, naudojamas 3D spausdintuvuose su atvirojo kodo įranga ir vartotojams prieinamuose 3D spausdintuvuose, kurie paprastai rinkai pateikiami kaip iš faneros lakštų surenkami spausdintuvai (pvz., „Makerbot“, „Ultimaker“, „Airwolf“). Išspaudžiama medžiaga gali būti skystis, milteliai, sintetiniai siūlai arba organinė medžiaga, pvz., keramika arba guma. Dauguma šių spausdintuvų parduodami kaip „pasidaryk pats“ priemonių rinkiniai. Gamyba yra greitesnė ir pigesnė, tačiau galutinis produktas yra ne toks išbaigtas.

Senos ir naujos medžiagos

Sintetinis plastikas buvo pirmoji 3D spausdinimo veikloje naudota medžiaga. Per pastaruosius 10 metų medžiagų, kurias galima naudoti 3D spausdintuvuose, gerokai padaugėjo. Dabar taip pat yra plačiai naudojamos tradicinės medžiagos, kaip antai, keramika, plienas, stiklas ir net medis. Tyrimai rodo, kad darbalaukio 3D spausdintuvai spausdinimo metu gali išmesti pavojingas itin smulkias kietąsias daleles (mažesnes nei 100 nm dalelės) ir tam tikrus pavojingus lakiuosius organinius junginius, nors iki šiol atlikta labai mažai bandymų su siūlų ir 3D spausdintuvų deriniais⁶.

Pramoninio 3D spausdinimo srityje naudojamos medžiagos skiriasi nuo medžiagų, kurios naudojamos namų aplinkoje. Pastaruoju atveju dažniausiai naudojama: biologiškai skaidi polipienu rūgštis (PLA) ir akrilnitrilo butadieno stirenas (ABS), kuris yra iš naftos pagamintas plastikas; jį naudojant išskiriama daugiau toksiškų medžiagų. Naudojant PLA, rekomenduojama užtikrinti ventiliaciją, o ABS atveju ventiliavimas yra būtinas⁷.

Pramoniniame 3D spausdinimo procese dažniausiai naudojamas skysčio ir miltelių formos poliamidas (pvz., nailonas), kuris yra iš naftos pagamintas plastikas. Kaitinimo metu išsiskiria toksiški garai, todėl ventiliacija yra būtina. Kita vertus, dar geresnė išeitis – atverti spausdintuvą siekiant išvengti teršalų plitimo oru darbo vietoje.

Plastikinės cheminės medžiagos, pvz., epoksidinės dervos, naudojamos tiek stereolitografijoje, tiek apdorojant atspausdintų objektų paviršius. Šios medžiagos gali sukelti alerginį kontaktinį dermatitą.

⁵ <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

⁶ <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b04983>

⁷ <https://all3dp.com/pla-abs-3d-printer-filaments-compared/>

Nesukietėjusių plastikinių cheminių medžiagų negalima liesti, be to, būtina užtikrinti, kad tokios cheminės medžiagos nepatektų ant paviršių ir drabužių. Kitos cheminės medžiagos, kurios naudojamos vėlesniam apdirbimui ir paviršiaus apdorojimui, taip pat gali būti pavojingos ir su jomis taip pat reikėtų elgtis atsargiai.

Miltelių formos poliamidas kartais yra maišomas su aliuminiu (aliuminidu); nors ši medžiaga nėra tokia toksiška, dėl jos vis tiek reikia imtis specialių prevencijos priemonių, siekiant užtikrinti darbuotojų saugą ir sveikatą. Kitos pramonėje naudojamos medžiagos yra polisulfonas (PSU) ir polifenilsulfonas (PPSU), tai yra sintetiniai plastikai, dėl kurių reikalaujama imtis saugos priemonių, susijusių su ventiliavimu ir tvarkymu⁸. Sparčiausiai augantis 3D spausdinimo segmentas yra susijęs su metalo naudojimu⁹. Šioje srityje reikalaujama ventiliacijos priemonės, nes metalas naudojamas kartu su iš naftos pagamintomis sintetinėmis medžiagomis. Dėl aukštos temperatūros taip pat reikia imtis tvarkymo saugos priemonių. Kalbant apie metalo spausdinimą, pažymėtina, kad reikėtų atsižvelgti į tai, jog metalai gali būti kancerogeniniai ir, kad dėl šios priežasties dirbant su tokiais milteliais būtina naudoti kvėpavimo takų apsaugos priemones.

Naujos medžiagos yra išmaniosios medžiagos, kurios po gamybos etapo reaguoja į karštį, spaudimą arba šviesą. Nauja medžiaga yra ir nanoangliavandeniliai; tikėtina, kad ateityje jie pramonėje bus naudojami plačiu mastu. Šios aukštųjų technologijų medžiagos turi būti išsamiai ištirtos saugos atžvilgiu, nes dauguma šių medžiagų vis dar yra eksperimentinio pobūdžio¹⁰.

Kitas svarbus aspektas yra susijęs su spausdinimui naudojamų medžiagų ir atspausdintų objektų tvarkymu iki spausdinimo ir po spausdinimo. Jeigu spausdinimui naudojama miltelinė medžiaga, svarbu išvengti šių miltelių plitimo, pvz., naudojant vietinę ištraukiamąją ventiliaciją, ir taip užtikrinti tinkamus darbo metodus. Taip pat kyla savaiminio (metalo) miltelių užsidegimo rizika, kurią reikia nustatyti, pvz., naudojant EX prietaisus (galimai sprogių vietų aptikimo prietaisai).

Naujos pramonės revoliucijos perspektyva

Gyvename skaitmeniniame amžiuje. Socialinės žiniasklaidos priemonės ardo tradicinės žurnalistikos pamatus¹¹. Dėl internetinės prekybos įprastos parduotuvės nutraukia veiklą, o mūsų judrios miestų teritorijos tapo ne tokios gyvybingos. Darbo aplinka keičiasi net ir internetinės prekybos srityje, nes ji tapo itin automatizuota. Robotų technika pakeis tai, kaip mes vairuojame automobilius ir tvarkome namų ūkį. Be to, 3D spausdintuvas galiausiai pakeis vartojimo prekių projektavimo, gamybos ir platinimo šiame skaitmeniniame amžiuje būdus. Pastaraisiais metais su 3D spausdinimu susiję lūkesčiai buvo tokie dideli, kad neliko nieko kito, kaip tik neišvengiama nauja pramonės revoliucija. Bent jau tokia buvo įtakingoje 12 puslapių apimties ataskaitoje, paskelbtoje 2012 m. žurnalo „The Economist“ numeryje, skelbiama idėja.



„The Economist“, 2012 m. balandžio mėn.

⁸ <http://www.stratasys.com/materials/material-safety-data-sheets/fdm>

⁹ <https://www.3dprintingmaterialsconference.com/3d-printing-materials/metals-are-the-fastest-growing-segment-of-3d-printing-metal-sales-growing-by-32/>

¹⁰ <https://www.sculpteo.com/blog/2016/09/28/top-10-future-3d-printing-materials-that-exist-in-the-present/>

¹¹ <http://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/how-journalism-faces-second-wave-disruption-technology-and-changing-audience-behaviour-0>

Tuo metu buvo spėjama, kad 3D spausdintuvai yra nauja skaitmeninė priemonė, kurią netrukus bus galima rasti kiekviename namų ūkyje. Tai reikštų masinės gamybos pabaigą. Tiksliau tariant, „The Economist“ numatė būtent popramoninę revoliuciją. Kiekvienas galėtų atsisiųsti iš interneto produkto projektines kopijas ir atsispausdinti jas namuose vienu mygtuko paspaudimu. Produktą būtų galima pakeisti, pvz., žmonės, kurių pėda yra plati, galėtų lengvai atsispausdinti šiek tiek platesnę batą. Išlaidos šiam unikaliam ir konkretiems poreikiams pritaikytam produktui pagaminti būtų tokios pat, kaip ir masinės gamybos Kinijos gamykloje, todėl tai pakenktų esamai gamybos srityje susidariusiai ekonomikos padėčiai. Nauji produktai turėtų mažesnę paklausą; galiausiai labai paplستų remonto veikla, nes sulūžusių prietaisų atsarginės dalys būtų galima lengvai pasigaminti namuose naudojant 3D spausdintuvą. Kadangi gamyba persikeltų į žmonių namus, prekių paskirstymui būtų sugaistama mažiau laiko ir energijos. Be to, būtų užtikrinta pasiūlos ir paklausos pusiausvyra, nes žmonės spausdintų tik tai, kas jiems yra reikalinga. Tai reikštų sandėliavimo ir perteklinės gamybos eros pabaigą; ši nauja pramonės revoliucija taip pat galėtų būti tausojanti aplinką¹².

Laikas, kuriuo žurnale „The Economist“ buvo paskelbtas straipsnis, nėra sutapimas. 3D spausdinimo būdas jau egzistavo XX a. 9-ojo dešimtmčio viduryje. Stereolitografiją 1984 m. patentavo Prancūzijos mokslininkas Alain Le Mehaute. Vis dėlto sąvoka „3D spausdinimas“ buvo pripažinta tik po 10 metų. Tuo metu eksperimentai su aukštųjų technologijų 3D spausdintuvais prototipams kurti ir lanksčiai gamybai vykdyti, buvo atliekami tik labai specializuotuose pramonės sektoriuose, pvz., medicininės priežiūros, automobilių gamybos ir aeronautikos. Tačiau per pirmąjį XXI a. dešimtmetį galiausiai pasiekta svarbių laimėjimų. Dabar 3D spausdinimo darbus dideliu mastu galima vykdyti ne tik naudojant plastiką, bet ir metalą, laidžiąsias medžiagas, stiklą, keramiką ir net organinius audinius. Didelės bendrovės, kaip antai „Canon“ ir „Siemens“, pradėjo tirti vartotojams prieinamą 3D spausdintuvų rinką. Amerikos bendrovė „Makerbot“ pirmą stalinį 3D spausdintuvą 2008 m. pardavė tik už kiek daugiau nei 1 000 EUR, ir dėl šios priežasties 3D spausdinimo technologija tapo prieinama plačiai visuomenei. Maždaug tuo pat metu, vykdant moksliniu tyrimu pagrįstą projektą „RepRap“ (kopijuojantis spartus prototipų kūrėjas), sukurtas paprastas stalinis spausdintuvas, kurį iš esmės sudaro plastikinės detalės, kurias galima pasigaminti naudojant stalinį spausdintuvą. Mechaninės „RepRap“ dalis galima iš anksto užsisakyti internete. Kitaip tariant, „RepRap“ yra pirmasis 3D spausdintuvas, kuris gali nukopijuoti savo dalis; šio spausdintuvo kaina kiek daugiau nei 200 EUR. „RepRap“ reikalinga programinė įranga yra atvirojo kodo programinė įranga, kurią galima atsisiųsti nemokamai.

Trumpai tariant, per dešimtmetį 3D spausdinimas iš futuristinio gamybos būdo, kurį naudojo tik kompiuterių fanatikai, pažangiausi dizaineriai ir aukštąsias technologijas turinti pramonė, virto į vyrąjančią, vartotojams prieinamą priemonę, kuri naudojama lanksčiai gamybai namuose. Arba, kaip rašyta žurnale „The Economist“, „tai buvo naujos pramonės revoliucijos pradžia“. 3D spausdinimo poveikis ekonomikai pasireiškia tiek visuomenės, tiek individo mastu. Dėl veiksmingos ir pritaikytos gamybos gali iš esmės padidėti gerovė ir pažanga. Naudojant 3D spausdinimą, sukuriama vietos lygmenis ir paklausos nulemtas, taigi ir tvaresnis, gamybos būdas. Kadangi 3D spausdinimas įsigalėjęs atvirojo kodo struktūroje, jis yra labiau prieinamas naujoms ir mažo masto inovacijoms diegiantis įmonėms, palyginti su įprasta gamybos pramone. Todėl tai bus ne tik labiau aplinką tausojanti, bet ir ne tokia šališka pramonės revoliucija, kuri suteiks galių vartotojui.

3D spausdinimo poveikį galima suskirstyti į du lygmenis.

▪ Visuomenės lygmuo

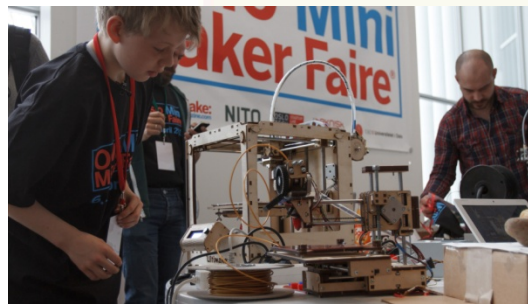
3D spausdinimas padės stiprinti socialinę įtrauktį. Kiekvienas, turintis minimalių investicijų, galės pradėti smulkų verslą iš savo namų. Tam tereikia kompiuterio, 3D spausdintuvo ir spartaus interneto ryšio. Būtinomis žiniomis ir idėjomis, o didele dalimi ir programine įranga, galima keistis nemokamai. Dėl skaitmeninės gamybos prasidėjo „kūrėjų judėjimas“, kuriame dalyvauja produktus gaminantys vartotojai. Nors kūrėjų judėjimas yra nesuderinamas su samdomu darbu, tradiciniais amatais ir moksliniais eksperimentais, 3D spausdintuvas laikomas svarbiausiu šios pasaulinės tendencijos aspektu. Kūrėjų judėjimo poveikį ekonominiu ir visuomeniniu lygmeniu vargu ar galima pervertinti. 3D spausdinimo poveikis pramoninei gamybai prilygsta platformos „Airbnb“ poveikiui viešbučių verslui –

12 <https://3dprint.com/144928/3d-printing-environmental/>

radikali dizaino, gamybos ir paskirstymo demokratizacija. Be to, 3D spausdinimo srityje taip pat negalima kontroliuoti sąlygų, kuriomis vykdoma veikla.

▪ Individualus lygmuo

Trumpai tariant, 3D spausdinimas suteikia galimybę individualiai naudotis geresniais produktais. Galima lengviau įgyvendinti individualius norus ir poreikius. Be to, produktai bus gaminami iš pakeičiamų ir parsiųsdinamų komponentų, todėl juos bus galima lengviau suremontuoti. Gaminantis vartotojas, kitaip dar vadinamas *profesionali vartotoju*, įgis daugiau galių ir galės gerinti kasdienį savo gyvenimą. Didžiausias poveikis, kurį 3D spausdinimas turės asmeniui, tikriausiai bus susijęs su jo psichologija. Kaip savo knygoje *The Craftsman* („Amatininkas“) nurodė sociologas Richard Senett, žmogui prekių gamybos poreikis yra giliai įsišaknijęs. Gamyba skatina žmogų tobulėti, stiprina pasitikėjimą savimi ir saviraišką. Kitaip tariant, esame tai, ką gaminame. Šiais moderniais laikais kūrėjų judėjimas, kuris tapo įmanomas dėl prieinamos skaitmeninės gamybos, pvz., 3D spausdinimo, suteikia žmogui savarankiškumo ir leidžia žmonėms formuoti savo gyvenimą tiek psichologiniu, tiek materialiniu požiūriu. Šis kūrėjų judėjimas dėl laisvo dalijimosi informacija ir žiniomis taip pat sudaro sąlygas kurtis naujiems socialiniams tinklams ir užtikrina sanglaudą. Šie savarankiški gamintojai renkasi pasaulinėse kūrėjų mugėse. Galima teigti, kad 3D spausdinimas siejamas su *savarankiškų gamintojų* judėjimu.



Gamintojų mugė

Vietoje revoliucijos – evoliucija

Vis dėlto, praėjus penkeriems metams nuo straipsnio žurnale „The Economist“, ši revoliucija dar neprasidėjo. Toli gražu ne. 3D spausdinimas net nėra visuotinai taikomas¹³. Bendrovė „MakerBot“ 2015 m. vos nebankrutavo, o bendrovės „RepRap“ padėtis nuo jos veiklos pradžios nedaug pagerėjo. Dėl prastai organizuoto ir fragmentuoto 3D spausdinimo pramonės pobūdžio vargu ar yra kokių nors skaičių, atspindinčių šio sektoriaus reikšmę ekonomikai Europos mastu. Vis dėlto, yra patikimų duomenų, kuriuose nurodyta, kad labiau išsivysčiusiose Europos šalyse 3D spausdintuvą faktiškai turi ne daugiau kaip 1 proc. gyventojų. Nepaisant to, dauguma 3D spausdintuvais atspausdintų produktų yra pagaminami namuose ir platinami dalijamosios ekonomikos sąlygomis. Pramoninis 3D spausdinimo mastas vis dar yra mažesnis nei gamybos namuose. Pavyzdžiui, apskaičiuota, kad visos 3D spausdinimo pramonės ekonominis indėlis Nyderlanduose 2015 m. buvo apie 45 mln. EUR, t. y. 0,005 proc. šalies bendro vidaus produkto (BVP), kuris sudaro 888 mlrd. EUR. Nėra jokių įrodymų, pagal kuriuos būtų galima teigti, kad kitose Europos Sąjungos (ES) šalyse šis skaičius yra gerokai didesnis. Vidutinis metinis 3D spausdinimo pramonės augimas per pastaruosius penkerius metus buvo 30 proc. Net jeigu šis skaičius padvigubėtų, prireiktų dar ne mažiau kaip penkerių metų, kad 3D spausdinimas galėtų konkuruoti su tokiu ekonomikos sektoriumi kaip populiariosios muzikos pramonė. 3D spausdinimo poveikį sunku nuspėti. Tačiau viena yra aišku – jis nepakeis esamos pramonės, bet ją papildys.

Susiskaldymas dėl 3D spausdinimo naudojimo didėja. Viena vertus, atsiranda nauja, labai pažangi ir lanksti pramonės šaka. Šios bendrovės veikia tokiose srityse kaip, medicininė priežiūra ir automobilių

¹³ <http://www.techrepublic.com/article/why-desktop-3d-printing-still-sucks/>

pramonės sektorius, taip pat mados ir kasdienio vartojimo produktų sektoriuose. Kita vertus, didėja mažos apimties ir kartais žemo technologinio išsivystymo bei pagal principą „pasidaryk pats“ gaminamos produkcijos kiekis. Šias labai mažas gamyklas ir pradedančiąsias įmones steigia dizaineriai, kooperatyvai, mažosios įmonės ir neformalūs tinklai. Tačiau 3D spausdinimas vis dar nėra visuotinai naudojamas platesniame vartotojų rate. Gamintojai yra arba įgudę mėgėjai, arba ankstyvieji bandytojai.

Nauja pramonė, kurioje naudojami 3D spausdintuvai

Darbdaviams atsiveriančios galimybės ir rizika

3D spausdinimas suteikia galimybę naudoti naujus verslo modelius. Londone įsikūrusi internetinė platforma „Open Desk“ net neturi gamybos padalinio. Ji siūlo baldų, kuriuos suprojektavo dizaineriai iš viso pasaulio, surinkimo paslaugas. Visi baldai yra gaminami iš medžio plokščių. Klientui pateikus užsakymą, „Open Desk“ ieško arčiausiai kliento esančios skaitmeninės gamybos darbo vietos. Kai šiai darbo vietai apmokamos gamybos išlaidos, pelną pasidalija „Open Desk“ ir dizaineris. Vargu, ar tokiomis sąlygomis tarptautiniu lygmeniu veikiančiai baldų gamybos bendrovei reikia ko nors daugiau nei pagalbos tarnybos skyriaus. „Shapeways“ yra pasaulinė bendrovė, kurioje žmonės gali atsispausdinti savo dizaino kūrinius. Profesionalūs dizaineriai taip pat gali įkelti savo dizaino kūrinius, kuriuos gali užsisakyti klientai. Pateikus užsakymą, dizaineris iš bendrovės „Shapeways“ gauna autorinį atlyginimą. Ši gamykla, kuri veikia tik esant paklausai, šiuo metu yra įsikūrusi tik Niujorke, tačiau greitai pradės veikti įvairiose pasaulio vietose.

Nauji iššūkiai bendrovėms, kurios vykdo tokio didelio masto veiklą naudodamos 3D spausdintuvus, kyla dėl darbuotojų saugos ir sveikatos¹⁴. Tarp tokių klausimų – dujų ir medžiagų poveikis, medžiagų tvarkymas, statinė elektra, judančios dalys ir slėgis¹⁵.

Be to, dėl su autorių teisėmis ir neteisėta gamyba susijusių priežasčių, būtina vykdyti griežtą darbuotojų stebėseną. Pagaminus tikslią „Žvaigždžių karų“ kopiją, gali būti pažeistos autorių teisės. Tačiau, kas yra atsakingas: dizaineris, bendrovė „Shapeways“ ar pirkėjas? Kadangi 3D spausdinimo procese reikalaujama didelio tikslumo, darbo vieta turi būti švari ir sutvarkyta, o dėl naudotojo sąsajų turi būti parengtos aiškios ir išsamios instrukcijos. Gali lengvai pasitaikyti programavimo arba spausdintuvo derinimo ir kalibravimo klaidų. Galiausiai dėl netinkamai veikiančio galutinio produkto gali būti imamasi teisinių veiksmų, nes šiuolaikinis vartotojas yra labai išprusęs.



Bendrovė „Shapeways“

Ypatingą dėmesį saugai taip pat reikia skirti tais atvejais, kai pristatomi nauji produktai. Pavyzdžiui, „De Kamermaker“ yra architektūrinio 3D spausdinimo įrenginys, kurį sukūrė Nyderlandų architektūros įmonė „DUS Architects“. Naudojant šį ypač didelį 3D spausdintuvą, galima atspausdinti 50 x 50 cm dydžio konstrukcinius elementus. Tačiau, ką tai reiškia kalbant apie statybininkų saugą? Bostone

14 <http://www.cmu.edu/ehs/fact-sheets/3D-Printing-Safety.pdf>

15 <http://www.additivemanufacturing.media/articles/changing-the-rules>

įsikūrusio Masačusetso technologijų instituto (MTI) tyrėjų grupė „Mediated Matters“, kuriai vadovauja Neri Oxman, atlieka eksperimentus su 3D spausdintinėmis konstrukcijomis, kurios yra natūralių formų ir konfigūracijos. Be to, vis labiau plinta hibridinė gamyba, kai 3D spausdintuvu atspausdinamos tik tam tikros produkto dalys.

3D spausdinimo pramonėje iš tikrųjų trūksta visuotinės standartų sistemos, kurią naudotų tiek asmenys, tiek ir besikurianti pramonė. Tai sudarys sąlygas dalintis dalimis, o tai bus naudinga užtikrinant tvarumą ir saugą.

Italijos ir Japonijos dizaino studija „Minale Maeda“ gamina gaminius „Keystones“, t. y. 3D spausdintuvu atspausdintus sujungimus, kurie leidžia jums patiems sukonstruoti savo baldą naudojant standartines medienos plokštes. Šių dalių tvirtumas ir tašumas turi būti patvirtintas ir sertifikuotas. Dažnai šiuos naujus produktus ir būdus kuria specialiai išmokyti bendrovės darbuotojai. Tačiau, kas kontroliuoja šių inovacijų autorystę? Tinkamai nereguliuojant šio klausimo, tarp darbdavio ir darbuotojo gali kilti įtampa.

Norint veikiančiame gamybos padalinyje diegti su 3D spausdinimu susijusias inovacijas reikia didelių investicijų. Privalumas yra tas, kad investicijos į formas arba specialius įrenginius, siekiant išbandyti prototipus, nebereikalingos. Nauji produktai rinkai gali būti pateikiami beveik iš karto ir patiriant santykinai mažas išlaidas. Naujos technologijos taip pat atveria naujų galimybių. Pavyzdžiui, 3D rašiklis yra spausdintuvas, kuris atrodo kaip rašiklis ir leidžia jums piešti 3D formatu. Sveikatos ir saugos sumetimais šie nauji patogūs 3D spausdintuvai turi būti kruopščiai patikrinti ir griežtai reguliuojami, nes įkaitę jie gali tapti nesaugūs. Vis dažniau šiuose rašikliuose naudojama ultravioletinė (UV) šviesa.

Dabartinė tūkstantmečio karta ypač domisi inovacijomis ir skaitmeninėmis technologijomis, pvz., 3D spausdinimu, ir šios kartos atstovų reikalavimai dėl darbo kokybės yra kitokie. Apskritai, tai reiškia, kad didės jaunų darbuotojų, turinčių kitokį požiūrį į darbą, paklausa: pirmenybę jie teikia laisvalaikiui ir savęs tobulinimui, o ne pinigams ar darbo vietos garantijai. Darbas pagal trumpalaikes sutartis yra naujas standartas. Kaip kompensacijos, jauni darbuotojai reikalauja – užtikrinti (kūrybišką) dalyvavimą ir dinamišką aplinką.

Siekiant nuolat diegti tokias inovacijas ir pokyčius, reikia be paliovos vykdyti tyrimus ir plėtrą, taip pat investuoti į aukštos kvalifikacijos darbuotojus ir tobulinti jų gebėjimus naudojantis mokymo ir švietimo programomis¹⁶.

Toliau pateiktoje lentelėje nurodomos besikeičiančios darbo sąlygos, lyginant, jas lanksčioje ir nuo paklausos priklausomoje gamyboje, naudojant 3D spausdintuvus, su esamomis įprastoje pramoninėje gamyboje.

1 lentelė. Kintančios darbo sąlygos

Tradicinė pramonė	Skaitmeninė gamyba
Hierarchija	Demokratizuota
Centralizuota	Atvira
Reguliuojama	Atsakinga
Orientuota į gamybą	Orientuota į komunikaciją
Skatinimas	Mokymas
Finansinis/darbo vietos saugumas	Laisvė ir lankstumas

16 <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/2014/3d-printing/features/future-3d-printing.html>

Poveikis darbuotojams ir jų darbo vietoms

Kalbant apie darbo vietas ateityje, pažymėtina, kad pagrindinis su 3D spausdinimu (taip pat robotų technologija ir kita automatizuota gamyba) susijęs klausimas yra toks: ar tai apskritai pakeis dabartinį darbą, ar tik pakoreguos jo atlikimo būdą? Atsakymas yra taip ir ne¹⁷.

Taip, nes naudojant mašinas bus imamas lanksčios gamybos namų sąlygomis. Amatai tampa skaitmenizuoti. Naudojant 3D spausdintuvą galima pagaminti sudėtingų ir įmantrių formų objektus, kuriuos anksčiau galėjo pagaminti tik įgudę amatininkai. 3D spausdinimo srityje pradėjus naudoti tokias medžiagas kaip metalą ir medieną, tradiciniai amatai tampa atgyvena.

Kita vertus, atsakymas yra „ne“ – tai nereikš neišvengiamai didesnio nedarbo. Pirma, 3D spausdinimo sektoriuje bus kuriamos naujos darbo vietos, pvz., aparatinės įrangos (pvz., 3D spausdintuvų) projektavimo ir gamybos srityse, be to, ir tai dar svarbiau, naujų darbo vietų atsiras programinės įrangos, kurią taikant įrenginiai galėtų atlikti įvairias užduotis, kūrimo srityje¹⁸. 3D spausdinimas taip pat gali padėti lengvai patekti į pasaulinę rinką. Kartu gamyba vis dažniau vykdoma vietos lygmeniu. Todėl darbas, kuris anksčiau buvo atliekamas mažo darbo užmokesčio šalyse, gali būti vėl atliekamas Europoje. Vadinasi, atsiras kvalifikuotų darbuotojų paklausa, nors paprastus rankų darbo gaminius gaminančių darbuotojų paklausa sumažės. Tai, taip pat, reiškia didesnę atotrūkį tarp išsilavinusių ir mažiau išsilavinusių darbuotojų.

Esminį darbo sąlygų pokytį nulems dominuojantis plastiko naudojimas 3D spausdinimo srityje. Labai svarbu užtikrinti gerą šių sintetinių medžiagų reglamentavimą ir sertifikavimą. Gamyba naudojant 3D spausdintuvą yra brangi ir užtrunka ilgai.

Kaip ir naudojant kitas skaitmenines technologijas (robotus, dirbtinį intelektą ir pan.), šias įprastas užduotis atliekantiems darbuotojams kylančios pasekmės gali būti sudėtingos. Darbas gali būti nuobodus ir labai nekūrybiškas, jį būtų galima palyginti su dažų džiūvimo proceso stebėjimu. Kartu 3D spausdinimas vis dar yra santykinai sudėtingas ir reikalauja didelio susikaupimo. Suklysti labai lengva, o mažiausios klaidos lems didelius galutinio produkto trūkumus.

Turint omenyje visas su 3D spausdinimu susijusias inovacijas, tai yra labai patrauklus pramonės sektorius. Darbuotojai, kaip ir dauguma pradedančiųjų įmonių, neskaičiuoja darbo valandų; be to, riba tarp darbo ir su darbu nesusijusios veiklos gali greitai tapti nepastebima. Dauguma 3D spausdinimo srityje dirbančių bendrovių yra neseniai įsteigtos ir sparčiai auga, todėl jų organizacinė struktūra nėra visiškai išbaigta. Personalas nuolat kinta, todėl sunku nustatyti darbuotojus vienijančią organizacinę struktūrą. Dėl to kyla klausimų, susijusių su pagrįstu atlygiu, darbo laiku ir saugiomis bei švariamis darbo sąlygomis.

Nuosavo verslo pradžia namuose

Kartu su 3D spausdinimu atsiranda nauja, neformali gamybos grandinė. Šis demokratinis „kūrėjų judėjimas“ sudaro sąlygas žmonėms pradėti nuosavą verslą namuose. Kaip ir Steve Jobs, kuris tuo metu, kai pradėjo savo bendrovės veiklą garaže, buvo patyręs kompiuterijos srityje dirbantis verslininkas, daugumai mažų bendrovių ir pradedančiųjų įmonių, vykdančių veiklą 3D spausdinimo srityje, vadovauja pusiau profesionalai. Kartu jie sudaro labai prastai organizuotą pramonės sektorių, kurį sunku reguliuoti. 3D spausdinimo srities verslininkas gali dirbti iš namų arba neformalioje biuro erdvėje (pvz., garaže), kuri nėra tinkama profesionaliai veiklai. Sunkumų kyla dėl ergonomikos, oro švaros, darbo laiko ir sveikos asmeninio ir profesinio gyvenimo pusiausvyros užtikrinimo.

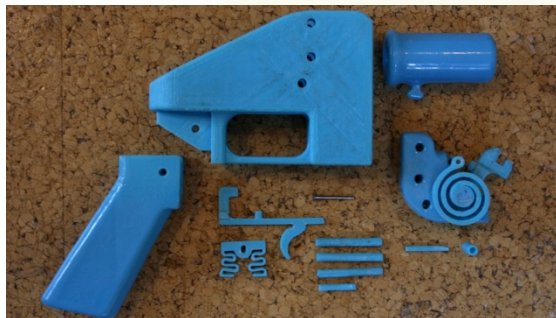
Iki šiol didžiausias iššūkis 3D spausdinimo srityje, su kuriuo susiduria savarankiškai dirbantis darbuotojas, yra neužtikrintumas dėl darbo vietos. Jeigu kiekvienas gali tapti 3D spausdinimo srities gamintoju, konkurencija tarp *minios darbuotojų* gali sukelti didelę įtampą. Paaiškęs, kad rinkoje, reguliuojant šių 3D spausdinimo paslaugų kainas, susiduriama su dideliais sunkumais. Šią ekonominę

17 <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.5437/08956308X5606193>

18 <http://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2014/09/15/demand-for-3d-printing-skills-is-accelerating-globally/&refURL=https://www.google.nl/&referrer=https://www.google.nl/>

įtampą dar labiau padidina socialinių teisių ir finansinio reguliavimo nebuvimas. Atrodo, kad kūrybiškumo pradininkai gali tapti faktine skaitmeninio proletariato klase. Šiomis *giga ekonomikos* sąlygomis, kaip tai vadinama Jungtinėse Amerikos Valstijose, savarankiškai dirbantys 3D spausdinimo srities darbuotojai nuo vieno užsakymo puola prie kito. Kyla rimtas pavojus, kad atsiras nauja šiuolaikinė keliautojų klasė. Net ir namuose įsikūręs gamintojas, kuris kontroliuoja prekių pardavimą ir jų platinimą, siūlydamas jas įsigyti tokiose interneto platformose kaip „Etsy“ arba „eBay“, nėra saugus. Nebetinkamą fiksuoto darbo laiko formatą keičia spaudimas užtikrinti kuo didesnius internetinius reitingus. Postkapitalistinės ekonomikos perspektyvos gali tapti tam tikros formos hiperkapitalizmu, kuriame daug žmonių kontroliuoja gamybą, tačiau niekas nekontroliuoja žemutinės socialinio ir ekonominio saugumo ribos.

Šios naujų rūšių mažos įmonės siūlo galimybes dirbti dinamišką, bet itin neužtikrintą darbą. Šiame greitai besivystančiame pramonės sektoriuje šios dienos inovacijos kitą dieną jau gali būti atgyvenusios. Bendrovėse, kuriose teisinė takoskyra tarp dizainerio, gamintojo ir verslininko neapibrėžta, atsakomybė už netinkamą veikimą arba prastesnę kokybę yra neaiški. Dėl to nėra užtikrintumo dėl atsakomybės. Kadangi įvairiausi produktai tapo nemokamai prieinami, juos (neteisėtai) atsisiunčiant iš interneto, neišvengiamai atsiras piratavimas ir autorių teisių pažeidimai¹⁹. Būtina nustatyti taisykles ir sudaryti patikimas darbo sutartis. Be šių teisinių klausimų, kyla ir naujų etinių dilemų. Išvaduotojo ginklas (angl. *Liberator gun*) yra pistoletas, kurį, atsisiuntus nemokamas spausdinimo instrukcijas iš interneto, galima atsispausdinti naudojantis staliniu 3D spausdintuvu²⁰.



Išvaduotojo ginklas (angl. *Liberator gun*)

Ypatingo dėmesio nusipelno „fablab“ (žodžių junginio „gamybos laboratorija“ (angl. *fabrication laboratory*) santrumpa) koncepcija, t. y. bendradarbiavimo darbo erdvė, kurioje naudojami skaitmeniniai ir analoginiai prietaisai. Gamybos laboratorija yra labai svarbi suteikiant asmenims daugiau teisių, nes leidžia sau kurti išmaniuosius prietaisus. Būtų galima teigti, kad tai yra trūkstama grandis tarp 3D spausdinimo asmeniniais tikslais namuose ir naujų įmonių. Gamybos laboratorija yra atvira plačiajai visuomenei, jeigu gamybos procesas yra dokumentuojamas. Kartu su visame pasaulyje veikiančiomis daugiau nei 250 gamybos laboratorijų (Europoje jų veikia daugiau nei 100), sukurta viena didžiausių atvirojo kodo duomenų bazių, kurioje teikiami duomenys apie 3D spausdinimą ir kitą skaitmeninę gamybą. Gamybos laboratorijų skaičius vis dar auga. Dauguma jų nesiekia pelno ir siūlo nemokamas paslaugas asmenims, pvz., kursus ir praktinius seminarus; taip pat padaugėjo komercinių gamybos laboratorijų. Kadangi šios darbo erdvės veikia neformaliu pagrindu, ne visada laikomasi būtinųjų darbo sąlygų. Kalbant apie tikslius prietaisus, pvz., lazerinius pjaustytuvus ir kompiuterizuotas gręžimo stakles, pažymėtina, kad ypatingą dėmesį būtina skirti šių darbo vietų saugai. Be to, lengva nesilaikyti minimalaus amžiaus ir maksimalaus darbo laiko reikalavimų.

19 <https://www.technologysleгалedge.com/2015/09/top-3-legal-issues-of-3d-printing/>

20 <http://www.3ders.org/articles/20151130-what-are-the-legal-aspects-of-3d-printing-a-european-law-firm-weighs-in.html>



„Fablab“

Ateities perspektyvos

Naujos inovacijos turės didelį poveikį 3D spausdinimui ir darbo aplinkai. Penkios svarbiausios inovacijos, kurios bus įdiegtos, yra:

Maistas

Lanksti gamyba ir kūrybos laisvė suteikia daug galimybių maisto pramonėje. Šiuo metu 3D spausdinimo srityje naudojami daugiausia skystieji maisto produktai, pvz., šokoladas ir blynų tešla. Artimiausioje ateityje naudojant 3D spausdinimo įrangą bus galima gaminti neapdorotus maisto produktus, kurie paskui bus apdorojami, pvz., termiškai, arba vykstant natūraliems procesams, pvz., fermentacijai arba rūgimui. Tai sukels naujų iššūkių, susijusių su higiena, sauga ir bendromis darbo sąlygomis (oro švara, ergonomika ir pan.).



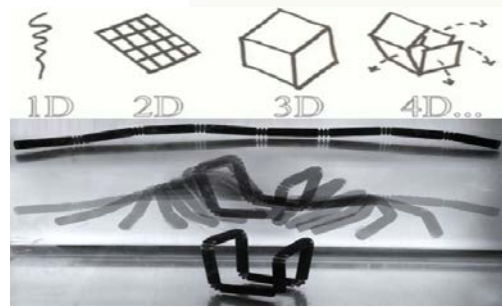
3D maisto spausdinimas

4D spausdinimas ir išmaniosios medžiagos

Išmaniosios medžiagos turi vieną arba daugiau savybių, kurias, naudojant išorinius dirgiklius (pvz., temperatūrą, jėgą, šviesą, drėgmę, pH lygį ir elektros arba magnetinius laukus), galima iš esmės pakeisti jas kontroliuojant. Jeigu šios išmaniosios medžiagos gaminamos naudojant 3D spausdintuvą, iš jų galima suformuoti objektus, kurie reaguoja į aplinką, keisdami savo formą, lietimui arba kietumo savybes. Šis procesas vadinamas 4D spausdinimu, nes objektai ilgainiui pasikeis dar kartą. Šiuos pokyčius gali lemti jautrumas šviesai, spaudimas arba temperatūra. Kai kurios iš šių medžiagų gali turėti atmintį; tai reiškia, kad jos, pasikeitus aplinkybėms, vėl grįš prie pradinės formos. Su dauguma iš šių medžiagų vis dar itin daug eksperimentuojama, o jų rizika sveikatai ir higienai nėra aiški. Raginta šią sritį reguliuoti²¹.

21 <http://journal.georgetown.edu/programmable-matter-4d-printings-promises-and-risks/>

4D spausdinimas



4D spausdinimas

Biospausdinimas

Organinių ir (arba) gyvų audinių 3D spausdinimas vadinamas biospausdinimu. Biospausdintuvuose iš biospausdinimo galvutės, kuri juda į kairę ir į dešinę, į priekį ir atgal, į viršų bei apačią, purškiamos ląstelės, stengiantis, kad jos atsidurtų tiksliai ten, kur reikia. Per tam tikrą laiką taip galima iš daugybės labai plonų sluoksnių sukurti organinį objektą²². Be ląstelių purškimo, biospausdintuvai taip pat gali išspausti tirpų gelį, kad sutvirtintų ir apsaugotų ląsteles spausdinimo metu arba pasibaigus spausdinimo procesui. Atlikta nemažai sėkmingų eksperimentų, kurių metu buvo atspausdintos gyvos medžiagos, kuriose buvo grybas arba dumbliai. Kaip ir pažangiųjų medžiagų atveju, dėl šio būdo kyla rizika sveikatai ir higienai. Be to, dėl to kyla ir etinių klausimų²³.



Biospausdinimas

Nanospausdinimas

Derinant 3D spausdintuvą su nanotechnologijomis, objektus bus galima formuoti nano arba molekulių lygmeniu. Teoriškai tai reiškia, kad naudojant adityviąją gamybą, bus įmanoma iš bet kokios rūšies medžiagos pagaminti bet kokios formos ar dydžio objektą. Tačiau šis būdas vis dar yra teorinio pobūdžio; negalima daryti jokių spėjimų dėl nanospausdinimo poveikio darbo aplinkai.

²² <http://www.explainingthefuture.com/bioprinting.html>

²³ <http://www.computerworld.com/article/2486998/emerging-technology/bio-printing-human-parts-will-spark-ethical--regulatory-debate.html>

Išvados

Tikėtina, kad 3D spausdintuvai neturės didelio kasdienio poveikio fizinei saugai darbo vietoje. Tam tikra rizika išliks, tačiau mažai tikėtina, kad atsiras naujų rizikos rūšių, susijusių su fizine sauga. Galiausiai tai tik įrenginys, kurio valdymas rankiniu būdu yra palyginti ribotas. Be to, dauguma 3D spausdinimo srityje naudojamų medžiagų yra žinomos, taigi žinomas ir jų poveikis sveikatai, kurį daro išmetamos dujos, medžiagos, medžiagų tvarkymas ir statinis elektros krūvis.

Vis dėlto poveikis darbuotojo gerovei gali būti didelis. Kyla nauja rizika, susijusi su neužtikrintumu dėl darbo vietos, darbo valandomis, atsakomybe, darbo monotonija ir rutina, naujovių įsisavinimu, pasitelkiant mokymo ir švietimo programas, ir galiausiai saugumo rizika, kuri kyla dėl eksperimentinės įrangos naudojimo. Ypač rekomenduojama, kad į šiuos pokyčius darbo aplinkoje būtų reaguojama Europos, o ne nacionaliniu lygmeniu, nes 3D spausdinimas yra pasaulinės ekonomikos reiškinys. Reaguojama turėtų būti trimis lygmenimis.

1. Stebėseną ir tikrinimą

Kokių inovacijų galima sulaukti artimiausiu metu? Kokia tikimybė, kad ši inovacija bus įgyvendinta dideliu mastu? Ar šis būdas yra patentuotas arba kitaip apsaugotas? Kas yra atsakingas už netinkamo veikimo atvejus? Ar galima atsekti panaudotas medžiagas?

Tai tik keletas kilsiančių klausimų. Norint stebėti pokyčius 3D spausdinimo srityje, reikia nuolat palaikyti dialogą su pramonės įmonėmis. Lengviausiai ir pigiausiai tai galima padaryti sukūriant internetinę platformą, kurioje gali dalyvauti ir darbuotojai, ir darbdaviai. Bendravimo su pavieniais asmenimis, pvz., profesionaliais vartotojais (savarankiškai gaminantys vartotojai), ir jų stebėsenos tikslais galima pasinaudoti plačiu Europos gamybos laboratorijų tinklu.

2. Reguliavimas ir sertifikavimas

Dėl dinamiško, pagal principą „iš apačios į viršų“ veikiančio ir kartais eksperimentinio 3D spausdinimo pobūdžio būtinas reguliavimas. Sertifikavimas galėtų būti patikima priemonė. Šiuo metu šį sertifikavimą atlieka tik aukštųjų technologijų bendrovės, labai saugančios gamybos būdus, kurie buvo sukurti investuojant daug lėšų. Jų komercinės paslaptys ir turimi patentai apskritai neprisideda prie 3D spausdinimo reguliavimo. 3D spausdinimo reguliavimas darbo aplinkoje turi būti užtikrinamas dėl toliau nurodytų priežasčių.

▪ Kokybės ir saugos kontrolė

3D spausdinimui nuolatinę įtaką daro naujų būdų ir medžiagų kūrimas. Dėl to kyla saugos rizika, susijusi su 3D spausdintuvais ir pagamintomis prekėmis.

▪ Atsakomybė

Naudojant naujus būdus ir medžiagas, gali kilti darbdavių ir darbuotojų konfliktų dėl intelektinės nuosavybės ir kūrybinės nuosavybės. Be to, atsižvelgiant į tai, kad dizainai (iš esmės) yra nemokamai prieinami internete, kyla naujų rūšių rizika, susijusi su autorių teisių pažeidimais ir atsakomybe, jei produktas netinkamai veikia arba yra prastesnės kokybės. Gali reikėti parengti standartines sutartis ir konsultuotis su teisininkais.

▪ Darbuotojų gerovė

Veikimas pasaulinės ekonomikos sąlygomis ir dinamiškose pradedančiosiose įmonėse, kuris būdingas 3D spausdinimo sektoriui, gali kelti įtampą darbuotojams, kuriems keliami didesni reikalavimai, susiję su darbo laiku, lankstumu ir atsakomybe. Kadangi 3D spausdinimo sektorių iš esmės sudaro pradedančiosios įmonės ir naujų rūšių labai mažos gamyklos, mažai darbuotojų jungiasi į įprastas profesines sąjungas.

- **Darbuotojų sauga ir sveikata**

Medžiagų naudojimas ir teršalai gali kelti pavojų sveikatai.

- **Neužtikrintumas dėl darbo vietos**

Pramonės sektoriuje, kuriame diegiama daug inovacijų, neužtikrintumas dėl darbo vietos gali būti labai didelis. Šį neužtikrintumą galima sumažinti suteikiant mokymosi galimybių darbuotojų kvalifikacijai tobulinti.

- **Dalyvavimas**

Darbas su automatizuotais įrenginiais, pvz., 3D spausdintuvais, gali būti nuobodus ir kelti įtampą. Mokymas gali turėti teigiamos įtakos darbuotojo motyvacijai. 3D spausdinimo sektoriaus darbuotojai paprastai būna santykinai jauni. Darbdaviai taip pat turėtų imtis papildomų priemonių, kad išlaikytų darbuotojų motyvaciją – dalytis atsakomybe ir pasiūlyti lanksčias darbo sąlygas.

3. Mokymas ir švietimas

Be iššūkių, susijusių su individualia darbo aplinka, 3D spausdinimo sektoriuje taip pat atsiveria neįtikėtinos galimybės apskritai didinti lygybę darbo rinkoje. Gyvename žinių visuomenėje, kuri yra pagrįsta tinklaveika ir technologijomis. Skirtumai tarp žmonių, kurie gali naudotis technologijomis ir turi žinių apie technologijas, ir tų, kurie to neturi, didėja. Tačiau kartu su 3D spausdinimu ir pagrindiniu kūrėjų judėjimu, internete galima nebrangiai ir gana paprastai įgyti žinių. Svarbiausi šio kūrėjų judėjimo tinklai yra gamybos laboratorijos. Bendradarbiaujant su gamybos laboratorijomis mokymo ir švietimo paslaugų teikimo srityje, galima sumažinti didėjantį technologinį atotrūkį, kuris padės užtikrinti tolygesnę darbo rinką. Tai ypač svarbu atsižvelgiant į Europos ekonomines aplinkybes, turint omenyje, kad pagrindiniai tikslai yra individualumas, atvirumas ir inovacijos.

Tolesniam skaitymui

- *Printing Things. Visions and Essentials for 3D Printing.* Dries Verbruggen (editor). ISBN 9783899555165. Gestalten, 2015
- *Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive.* Lucas Evers & Bas van Abel (editors). ISBN 9789063692599. BIS Publishers, 2011
- *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World.* Jeremy Rifkin. ISBN 9780230341975. St. Martin's Griffin, 2013
- *Fabricated: The New World of 3D Printing.* Hod Lipson & Melba Kurman. ISBN 9781118350638. Abe Books, 2013
- *Makers: The New Industrial Revolution.* Chris Anderson. ISBN 9780307720962. Crown Business Publishers, 2012
- *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.* Mark Hatch. ISBN 9780071821124. MacGraw-Hill Education, 2013
- *3D Printing: The Next Industrial Revolution.* Christopher Barnatt. ISBN 9781484181768. Create Space Independent Publishers, 2013
- *Postcapitalism: A Guide to our Future.* Paul Mason. ISBN 9781846147388 Allen Lane Publishers, 2011

Šis diskusijoms skirtas dokumentas parengtas remiantis ilgesnio straipsnio, kurį parengė Jeroen Junte, santrauka, ir jame pateikiamos agentūros ryšių punktų tinklo suformuluotos išvalgos.

Šį straipsnį užsakė Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA). Jo turinys, taip pat išreikštos nuomonės ir (arba) pateiktos išvados, yra parengtos tik autoriaus (autorių) ir nebūtinai atspindi EU-OSHA nuomonę.