

KAKO DOSEČI TEHNOLOŠKO ZRELOST? OD INSTRUMENTALNEGA K REFLEKSIVNEMU OCENJEVANJU TEHNOLOGIJ

Slavko Splichal

Uvod

Tehnologija spreminja svet, toda kako lahko zagotovimo, da bo svet spreminjal tehnologijo v pozitivno smer? Čeprav so si to vprašanje zastavljali v vseh obdobjih, pa je postalo posebej pereče v času, ko tehnološki napredek poteka z izjemno hitrostjo in s težko predvidljivimi posledicami, zaradi česar ga je težko, če ne nemogoče, usmerjati in regulirati z družbenimi posegi. Veliki podatki, napredna analitika, umetna inteligenca, strojno učenje in internet stvari spreminjajo ne le gospodarstvo, ampak skoraj vse vidike življenja v globalnem merilu. Opredmetene in neopredmetene, družbene in epistemske tehnologije postajajo vse bolj prepletene.¹ Ta preobrazba vpliva tudi na naše kognitivne zmožnosti, načine, kako se učimo, komuniciramo, zaznavamo in izražamo mnenja in čustva, sprejemamo presoje in odločitve ter delujemo individualno in kolektivno. Ključno ostaja vprašanje, kdo (lahko) usmerja tehnološke rešitve, ki povzročajo te spremembe ter ustvarjajo tako pomembne priložnosti kot grožnje.

Leta 2017 je McKinsey Global Institute pripravil informativno sporočilo za digitalni vrh EU v Talinu, v katerem je opredelil deset »imperativov za Evropo« za »obvladovanje digitalne priložnosti« in »pripravo na prihodnost dela«. Dokument poudarja potrebo po oživitvi gospodarske rasti, povečanju poslovne dinamike, vlaganju v umetno inteligenco in druge nastajajoče tehnologije ter izboljšanju »naložb v človeški kapital, vključno s STEM, spretnostmi in z učenjem«, vendar nobeden od teh »imperativov« ne upošteva širših posledic teh procesov in kolektivnih družbenih interesov ter pomena družbenih tehnologij (McKinsey Global Institute 2017). Kljub temu pa ta razmišljanja pomembno vplivajo na mehanizme financiranja v EU in posameznih državah, ki dajejo prednost komercialni upravičenosti nastajajočih tehnologij, pozabljajo pa na kritične dejavnike, kot so trajnostnost, socialna pravičnost in družbena blaginja ter etična občutljivost. Tak pristop podpira prakse velikih tehnoloških podjetij, ki z dobički, ki jim jih prinaša prevladujoči položaj na trgu, zlahka prehitujejo akademske raziskovalne skupine pri izvajanju revolucionarnih raziskav in postavljajo raziskovalne prioritete. Ker delujejo v svetovnem merilu, je njihov vpliv na globalni tehnološki razvoj večji kot pa vpliv posameznih držav ali nadnacionalnih regulativnih organov, kar ustvarja dodatne težave političnim upravljavskim strukturam.

Ta prispevek obravnava neutemeljeno zanemarjanje nekomercialnih vidikov (ocenjevanja) tehnološkega razvoja, zlasti v kontekstu politik ocenjevanja 'priprav-

ljenosti tehnologije' (*technology readiness*). Predlagano je bolj družbeno konstruktivno vključevanje novih znanstvenih spoznanj v realno okolje z razvojem okvira za razreševanje raziskovalnih in družbenih izzivov pri konceptualizaciji in ocenjevanju usklajenosti novih tehnologij z družbenimi vrednotami. S tem naj bi prišli do učinkovitega razreševanja teh vprašanj in zagotovili, da tehnološki napredek ne bo služil le kapitalskim interesom, ampak prispeval tudi k širšemu družbenemu dobremu in razreševanju perečih družbenih problemov.

Prizadevanje za uveljavitev širšega razumevanja tehnološke pripravljenosti ali zrelosti je bistveno v obdobju, ko je postala govorica o TRL razvojna mantra, ki absolutizira 'pripravljenost tehnologije' in zanemarja 'tehnološko pripravljenost' družbe, povsem pa spregleduje družbene tehnologije. Medtem pa naraščajoče okoljske krize, nacionalni populizmi ter nenehni konflikti in vojne opozarjajo, da kljub znatnim naložbam v materialne tehnologije najbolj pereči problemi človeštva ostajajo nerešeni ali se celo zaostrojujejo.

Analiza primerov konceptualizacije tehnološke pripravljenosti in družbenih tehnologij jasno razkriva omejitve modela TRL in njegove konceptualne vrzeli ter nakazuje možnosti za njihovo preseganje. Da bi vrzeli odpravili, se prispevek osredinja na kritična vprašanja, ki zadevajo:

- konceptualizacijo 'pripravljenosti tehnologije' in 'tehnološke pripravljenosti';
- prenos metodologije ocenjevanja tehnologij iz organizacijskega (korporacijskega) v družbeno okolje;
- možnosti za preseganje omejitev modela TRL z vključevanjem nematerialnih vidikov v ocenjevanje pripravljenosti tehnologije (ne le vpliva na okolje);
- razvoj in družbeni vpliv epistemskih in družbenih tehnologij;
- spodbujanje družboslovnih znanosti k razvoju družbenih tehnologij in tehnološke zrelosti.

'PRIPRAVLJENOST TEHNOLOGIJE' IN 'TEHNOLOŠKA PRIPRAVLJENOST'

Razmislek o prizadevanjih za spodbujanje širšega razumevanja tehnološke razvitosti na splošno in posebej na področju financiranja znanstvenoraziskovalnih projektov začnemo z razlikovanjem med dvema pristopoma k ocenjevanju odnosa med tehnologijo in družbenim okoljem. Sodobna prizadevanja za uveljavitev širšega razumevanja in ocenjevanja tehnološke in družbene zrelosti presegajo idejo »pripravljenosti tehnologije« in spodbujajo usklajevanje novih tehnologij z družbenimi vrednotami ter podpirajo družbeno konstruktivno integracijo novih znanstvenih spoznanj v realnem okolju.

Izhodišče je kritika enostranske konceptualizacije devetstopenjskega modela 'pripravljenosti tehnologije' (*»Technology Readiness Levels«*) in razlikovanje med dvema pristopoma k ocenjevanju odnosa med tehnologijo in družbenim okoljem, ki ju predstavljata angleška – v slovenščino nekoliko okorno prevedljiva – izraza *»technology readiness«* (TRL) in *»technological readiness«*.²

Vendar je med 'pripravljenostjo tehnologije' in 'tehnološko pripravljenostjo' pomembna pomenska razlika (pustimo ob strani, ali je 'pripravljenost' najustreznejša

ustreznica za »*readiness*«; v slovenščini lahko govorimo o izdelanosti, dovršenosti ali razvitosti tehnologije).³ Medtem ko 'pripravljenost tehnologije' označuje pripravljenost določenih tehnologij za uporabo, 'tehnološka pripravljenost' postavlja v ospredje širši kontekst razvoja in uporabe novih tehnologij, ki vključuje ne le razvoj in uvajanje novih tehnologij, temveč tudi podporno družbeno infrastrukturo in potrebe, uporabniške kompetence, zakonodajne okvirje ipd. Ti dve pojmovanji bistveno dopolnjuje ideja 'družbene tehnologije', ki vključuje družbene mehanizme in prakse, ki pomagajo spodbujati družbeno preobrazbo in izhajajo iz spoznanj družboslovnih znanosti.

Pripravljenost tehnologije pomeni stanje ali raven pripravljenosti določenih tehnologij za uvedbo ali uporabo. Pogosto se nanaša na oceno učinkovitosti integracije specifične iznajdbe ali inovacije v obstoječe sisteme ali procese, zlasti tržne. To razumevanje je pretežno omejeno na industrijsko inženirsko okolje, kar vodi do ožjega dojemanja tehnologije kot zgolj orodja za proizvodnjo materialnih dobrin.

Tehnološka pripravljenost pa poudarja širši kontekst pripravljenosti tehnologije, ki zajema pripravljenost širšega 'tehnološkega okolja', kar vključuje družbeno infrastrukturo in potrebe, uporabniške spretnosti in izkušnje ter regulativne okvire, skratka, pripravljenost družbe za sprejem določene tehnologije. Družbena pripravljenost za sprejemanje tehnologije je lahko ključnega pomena za njeno uspešno uveljavitev, saj tehnologije ne delujejo v družbenem vakuumu, temveč zahtevajo podporno sprejemno okolje, v katerem lahko učinkovito zadovoljujejo individualne in kolektivne potrebe.

Razlikovanje je neposredno povezano s konceptualizacijo tehnologije v širšem smislu – kot uporabo raznovrstnih znanstvenih spoznanj, orodij, tehnik in procesov za ustvarjanje, razvoj in izboljšanje izdelkov, storitev ali sistemov za zadovoljevanje različnih človeških potreb in reševanje problemov. Medtem ko je v ožjem pomenu tehnologija omejena na industrijsko-inženirsko okolje oz. proizvodnjo, je v širšem pomenu povezana z upravljanjem in s spreminjanjem (človekovega) življenja in okolja.

Vzpon digitalnih tehnologij, kot so internet stvari, umetna inteligenca, sistemi blockchain ter digitalni trgi in platforme, je v preteklih desetletjih širil naše razumevanje tehnologije onkraj gole 'pripravljenosti tehnologije', kar je spodbudilo kritična pojmovanja, ki se osredinjajo na uporabnike tehnologije in njihovo funkcionalnost. Analize uporabniškega vidika tehnologij se osredinjajo na latentne tehnološke potencialne (»*affordances*«, v slovenščini bi morda lahko rekli *omogočilnosti*) – možnosti delovanja ali potencialne uporabe, ki jih določajo materialne omejitve, nameni proizvajalcev ali percepcije uporabnikov. Ta pristop ne proučuje samo, kako tehnologije spodbujajo in olajšujejo določeno uporabo, ampak tudi, kako uporabniki ustvarjalno prilagajajo tehnologije v vnaprej nepredvidenih okoliščinah.

V analogiji s Tönniesovo razpravo o človekovem odnosu do materialnih predmetov, ki je lahko organski ali refleksiven, lahko za tehnologijo rečemo, da je ne konstituira le materialni objekt tega odnosa, ampak tudi odnos sam – naša »družbena volja«. Kot je pokazal že Tönnies (1887/1999), je ravno naš voljni odnos do predmetov oziroma opredmetene lastnine tisti, ki razkriva bistvene značilnosti družbene strukture, v kateri živimo. Kompleksnost tega odnosa zahteva tudi temu ustrezen širši in večdisciplinarni pristop k ocenjevanju 'primernosti tehnologije', ki upošteva možne – želene in neželene – družbene posledice razvoja in uporabe tehnologije.

Večina tradicionalnih tehnologij spada v kategorijo 'snovnih tehnologij' – izdelane so iz lesa, kovine in drugih materialnih sestavin, ki omogočajo in omejujejo načine uporabe. Vendar pa obstajajo tudi nesnovne tehnologije, ki prav tako lahko pomembno vplivajo na človekovo delovanje. Še več, 'trde' opredmetene tehnologije ne bi bile možne brez ustreznih 'mehkih' neopredmetenih tehnologij, ki zagotavljajo znanje, metodologije, postopke in storitve za učinkovito rabo človeških virov in optimizacijo proizvodnih procesov pri razvoju in uporabi izdelkov in storitev.

Primeri novodobnih mehkih tehnologij so informacijsko-komunikacijske tehnologije, kot so algoritmi umetne inteligence, ki vodijo odločanje, družabni mediji, ki oblikujejo komuniciranje in družbeno interakcijo, ali digitalne valute, ki spreminjajo ekonomske transakcije. V sodobnosti družbene tehnologije vsekakor vključujejo tudi »tehnologije družbenih omrežij«, vendar njihov obseg močno presega zgolj spodbujanje »omrežnih odnosov med njihovimi uporabniki« ali »uporabe tehnoloških naprav, kot so pametni telefoni, ki vplivajo na družbene interakcije in vedenje tako, da vplivajo na komunikacijo iz oči v oči in družbene signale« (Science Direct b. l.). Med nesnovne tehnologije spadajo tudi bolj tradicionalne preddigitalne družbene tehnologije, kot so mnenjske poizvedbe, deliberativne poizvedbe ali model univerzalnega temeljnega dohodka, prav tako pa najrazličnejša pravila in regulatorni sistemi, običaji in norme, ki vplivajo na delovanje družb.

Tehnologija mnenjskih poizvedb uporablja statistične metode in analizo podatkov za 'merjenje javnega mnenja', kar vpliva na samozaznavo družbe in politične odločitve. Deliberativne poizvedbe vključujejo udeležence v strukturirane pogoje o pomembnih vprašanjih, kar oblikuje sodelovanje civilne družbe in javni diskurz. Model univerzalnega temeljnega dohodka konceptualizira ekonomske okvire, na podlagi katerih država oz. skupnost vsakemu državljanu vsak mesec zagotavlja dohodek brez pogojev in obveznosti in ne glede na njegov materialni položaj, kar radikalno spreminja socialna omrežja in gospodarske interakcije brez poseganja v človekovo opredmeteno okolje.

Ti primeri kažejo, da nesnovne tehnologije, udejanjene v abstraktnih konceptih in virtualnih okvirih, lahko bistveno vplivajo na človekovo delovanje in družbeno dinamiko, čeprav nimajo fizične oz. opredmetene podobe. Materialnost tehnologije zajema tako opredmetene kot neopredmetene artefakte in njihove specifične učinke, vključno z družbeno tehnologijo. Tako kot snovni gradniki določajo omejitve in možne rabe snovnih tehnologij, tudi nesnovni konstrukti lahko določajo potek in učinke interakcij in odločanja. Obe vrsti tehnologije imata pomembno vlogo v tehnološkem razvoju in se medsebojno dopolnjujeta.

Posledice obravnave tega vprašanja so pomembne zlasti za družboslovne znanosti, katerih vloga v razvoju tehnologij je izrazito podrejena. Vzajemno vplivanje opredmetenih in neopredmetenih tehnologij vpliva na vedenje ljudi in institucionalne okvire, kar je ključnega pomena za analizo družbenih sprememb, oblikovanje politik in spodbujanje inovacij v skupnostih. Njihovo razumevanje omogoča družboslovnim znanostim ustvarjati zanesljivejše modele družbene organizacije, tehnološke pripravljenosti in zasnove družbenih tehnologij ter vplivati na politike razvoja tehnologij in vrednotenje njihovih učinkov.

Pripravljenost tehnologije (TRL) – Za kaj? Za koga?

Lestvica TRL, ki je bila 'uzakonjena' z raziskovalnim programom EU Obzorje 2020, odraža prevladujoče ozko (tržno naravnano) razumevanje pripravljenosti tehnologije. Medtem ko je prvotna lestvica, ki jo je razvila NASA, namenjena ocenjevanju stopnje izdelanosti izbrane vesoljske tehnologije glede na specifični končni cilj – praktična uporaba v vesoljski misiji –, pa je lestvica TRL v priredbi EU namenjena ocenjevanju »pripravljenosti« katerekoli tehnologije za komercialno uporabo. Cilj oz. najvišja stopnja pripravljenosti je »dejanski sistem, preizkušen v operativnem okolju (konkurenčna proizvodnja v primeru ključnih omogočevalnih tehnologij)«.

Pomen »konkurenčne proizvodnje« je pojasnjen s posebnimi primeri:

- Izdelek iz proizvodnje: izdelek v končni obliki v popolni komercialni uporabi.
- Programska oprema: stabilna različica programske opreme, ki je na voljo na trgu pod pogoji poslovnega načrta.
- Zdravilo: zdravilo, ki je na voljo na trgu.

Osrednji problem, ki ga konceptualizira TRL, je uporaba znanstvenih spoznanj za razvoj komercialno uspešnih novih proizvodov. Na lestvici TRL Evropske komisije je pot od TRL 1 do TRL 9 predstavljena kot linearno napredovanje od »ideje do trga«, s čimer se pojem tehnologije reducira na proizvode, ki jih je mogoče monetizirati na trgu. Znatna javna sredstva za raziskave so uporabljena za premostitev 'doline smrti' – prehoda s TRL 4 (tehnologija, preizkušena v laboratoriju) na TRL 7 (prototip, preizkušen v realnem okolju), pri čemer niti univerze in raziskovalni inštituti niti zasebni sektor ne zagotavljajo dovolj naložb.

Posplošena lestvica TRL bistveno zožuje ne le razumevanje, ampak tudi z njim povezano finančno podporo znanstvenega raziskovanja, saj se osredinja predvsem na razvoj tehnoloških izdelkov, ki jih je mogoče dobičkonosno tržiti. Bistvena težava posplošitve je v neskladju med prvotnim namenom lestvice in njeno uporabo v kompleksnem, večplastnem okolju resničnega sveta. Lestvica TRL, ki so jo razvili v specifičnem – korporacijskem – okolju proizvodnje specifične – vesoljske – tehnologije, je bila pozneje 'ekstrapolirana' v povsem drugačno okolje – za ocenjevanje pripravljenosti katere koli tehnologije v globalnem tržnem okolju.

Najvišja stopnja TRL 9 na prvotni lestvici pomeni, da je bila zadevna tehnologija preizkušena v okolju, v kakršnem naj bi delovala, kar ne pomeni, da je pripravljena za komercialno uporabo. Zoženje ocenjevanja le na tehnologije, ki obljublajo tržno uspešnost, zapostavlja inovativne tehnologije, ki zahtevajo daljše razvojne cikle ali služijo nekomercialnim interesom. Taka omejitev lahko duši raziskovalno ustvarjalnost in raznolikost, saj se prednostno financirajo raziskovalni projekti z jasnimi obeti dobičkonosnosti, ne pa projekti, ki bi raziskovali širše družbeno, okoljsko ali teoretsko relevantne probleme. V nasprotju z gladkim, linearnim napredovanjem tehnologije od najnižje do najvišje stopnje pripravljenosti v korporativnem okolju uporaba lestvica TRL v kompleksnem okolju resničnega sveta ustvarja 'dolino smrti' z njegovo redukcijo na eno samo – komercialno – razsežnost ter zanemarjanjem raznolike dinamike in kompleksnih spremenljivk, ki vplivajo na globalno ali lokalno razvijanje in integracijo tehnologije. Če kje, potem bi 'dolino smrti' lahko videli v ločevanju tehnološkega razvoja od družbenih potreb.

Tabela 1: Primerjava izvirnega modela TRL (NASA) z modelom Evropske komisije v programu Obzorje 2020

TRL	NASA	Program EU Obzorje 2020
	Vesoljska tehnologija, korporacijsko okolje	Vsaka 'omogočevalna' oz. podporna tehnologija, globalni trg
1	Opažena in zabeležena osnovna načela	Prepoznana osnovna načela
2	Oblikovan tehnološki koncept ali aplikacija	Oblikovan tehnološki koncept
3	Potrditev koncepta ključne funkcije in (ali) značilnosti z analitičnimi in eksperimentalnimi metodami	Eksperimentalna potrditev koncepta
4	Potrditev delovanja sestavnih delov in (ali) preizkusne vezave v laboratorijskem okolju	Preverjanje tehnologije v laboratorijskem okolju
5	Potrditev delovanja sestavnih delov in (ali) preizkusne vezave v ustreznem okolju	Potrditev tehnologije v ustreznem okolju (industrijsko relevantnem okolju v primeru ključnih omogočevalnih tehnologij)
6	Demonstracija modela ali prototipa sistema oziroma podsistema v ustreznem okolju (na Zemlji ali v vesolju)	Demonstracija tehnologije v ustreznem okolju (industrijsko relevantnem okolju v primeru ključnih omogočevalnih tehnologij)
7	Demonstracija prototipa sistema v vesoljskem okolju	Demonstracija prototipa tehnološkega sistema v operativnem okolju
8	Sistem zaključen in s testi ter z demonstracijo potrjen kot primeren za letenje (na Zemlji ali v vesolju)	Sistem dokončan in kvalificiran
9	Sistem z uspešnim delovanjem v misiji potrjeno primeren za uporabo v poletih	Tehnološki sistem preizkušen v operativnem okolju (konkurenčna proizvodnja v primeru ključnih omogočevalnih tehnologij ali v vesolju)

Poleg tega lahko ta zoženi fokus TRL omejuje financiranje preliminarne in temeljne raziskave, ki ne kažejo komercialne sposobnosti preživetja, vendar so ključne za dolgoročni napredek, kulturo in blaginjo. Vključitev lestvice TRL v znanstveno politiko EU in nacionalne znanstvene politike poudarja zaskrbljujoč trend prevlade korporativne ideologije, ki lahko spodkopava demokratične vrednote z dajanjem prednosti dobičku pred javnim interesom, omejevanjem raznolikosti raziskovalnih programov in marginalizacijo glasov, ki poudarjajo vlogo znanosti pri reševanju kompleksnih svetovnih izzivov. Tak pristop spodbuja ustvarjanje inovacijskega okolja, ki služi interesom podjetij, in ne skupnemu dobremu.

Tako zoženje fokusa še zdaleč ni značilno samo za ocenjevanje pripravljenosti tehnologije, ampak ga zasledimo na številnih drugih področjih. Izključni poudarek na komercialnem vidiku v opredeljevanju pripravljenosti tehnologije je na primer očiten tudi v transformativni konceptualizaciji zagotavljanja storitev kot industrijskega procesa proizvodnje nesnovnih dobrin, ki sega na številne sektorje, kot so finance, kultura, mediji, prirejanje dogodkov in turizem. 'Industrializacija storitev' zabrisuje razliko med 'trdimi' tehnologijami (materialnimi izdelki) in 'mehkimi' tehnologijami (storitvami), saj storitve obravnava kot proizvodnjo dobrin za trg.

Omejitev ocenjevanja tehnologij na tržno uspešnost je še posebej vprašljiva ob vzponu epistemskih tehnologij – kot je na primer umetna inteligenca –, ki so zasnovane, razvite in uporabljene za ustvarjanje in manipuliranje znanja. Epistemske tehnologije so vedno obstajale na stičišču opredmetenih in neopredmetenih komunikacijskih tehnologij, a so bile redko ustrezno obravnavane. Opredmetene tehnologije so tradicionalno zagotavljale materialno osnovo za bogastvo in moč: oblikovale so industrijske, ekonomske in družbene strukture. Neopredmetene – družbene in epistemske – tehnologije vzporedno, a izrazito vplivajo kot *avtonomni instrumenti* moči. Velika moč epistemskih in družbenih tehnologij je v njihovi zmožnosti delovanja z nematerialnimi sredstvi na temeljni ravni človeške kognicije in družbene organizacije. Brez neposredne prisile – z ustvarjanjem in s širjenjem informacij, znanja in vrednot ter z ustvarjanjem ustrezne organizacijske infrastrukture – vplivajo na posameznikove kognitivne sposobnosti in družbeno organizacijo, oblikujejo družbene norme in vedenjske standarde ter regulirajo interakcije med posamezniki in skupnostmi.

S hitrim sodobnim razvojem epistemskih tehnologij, ki poudarja pomen kolektivnega učenja in prilagajanja, postaja vse pomembnejša tudi družbena tehnologija. Epistemska in družbena tehnologija sta tesno prepleteni: prva vključuje orodja in metode za ustvarjanje, preverjanje in razširjanje znanja, druga pa mehanizme za organizacijo in usmerjanje družbenega vedenja in odnosov. Družbene tehnologije – kot so na primer pravni sistemi, protokoli komuniciranja ali platformne arhitekture – pogosto vsebujejo epistemološke predpostavke in oblikujejo pogoje za vednost. Hkrati epistemske tehnologije – npr. statistika, mnenjske poizvedbe, modeli strojnega učenja, algoritmi – vedno učinkujejo znotraj določenih družbenih okvirov. Njuno razmerje je soodvisno: vsaka družbena tehnologija vključuje neko epistemologijo, vsaka epistemska tehnologija pa deluje v družbenem kontekstu. Epistemske tehnologije so po definiciji družbene tehnologije, vendar pa niso vse družbene tehnologije nujno epistemske.

Na problem zanemarjanja specifik uporabe epistemskih tehnologij je že pred skoraj stoletjem na primer opozoril Robert Park (1938, 198) s primerom »sporočanja novic iz enega kulturnega okolja drugemu«. Pojasnjeval je, da komuniciranja ni mogoče obravnavati kot »preprosto operacijo transporta blaga, kot je opeka«, temveč kot epistemski (kulturni) proces z dvema temeljnima dimenzijama – difuzijo ali transmisijo ter akulturacijo ali asimilacijo –, v katerem uporabniki aktivno sodelujejo.

Umetna inteligenca in z njo povezane metode podatkovne znanosti – kot so strojno učenje in veliki jezikovni modeli –, ki prepoznavajo in ustvarjajo besedila in druge vsebine, so odprle povsem nove perspektive in družbeni domet epistemskih tehnologij. V takih okoliščinah je poenostavljeni pristop ocenjevanja pripravljenosti tehnologije TRL še posebej problematičen, ker daje komercialnemu vidiku prednost pred drugimi kritičnimi dejavniki, ki določajo resnično 'pripravljenost' tehnološko industrializiranih storitev. Med te dejavnike lahko spadajo lokalna sprejemljivost, učinkovitost delovanja, uporaba lokalnih virov, okoljska vzdržnost, dostopnost, spodbujanje zaposlovanja, opolnomočanje posameznikov, vključevanje skupnosti pri odločanju in spodbujanje socialne enakosti med prebivalstvom. Že leta 1972 je mednarodna skupina raziskovalcev v poročilu Rimskega kluba z naslovom *Meje rasti* opozorila, da pretirano naraščanje prebivalstva, proizvodnja hrane, industrijske proiz-

vodnje, izraba neobnovljivih naravnih virov in onesnaževanje okolja ogrožajo globalno ravnesje med za planet vzdržnim številom prebivalstva in obsegom proizvodnje materialnih dobrin. Razvoj epistemskih tehnologij bi lahko prispeval k družbenemu razreševanju teh problemov pod pogojem, da jih ne bi ocenjevali po tržni uspešnosti. Tako globalni in kontekstualno specifični dejavniki bi morali biti temelj za ocenjevanje pripravljenosti na tehnologijo in so tudi osrednjega pomena za konceptualizacijo epistemskih in družbenih tehnologij.

KRITIČNI ODZIVI NA MERJENJE PRIPRAVLJENOSTI TEHNOLOGIJE

Kritiki 'evropske' lestvice TRL, ki jo je oblikovala administracija EU s prilagoditvijo Nasine lestvice, ugotavljajo, da sta se z razširitvijo njene uporabe zunaj prvotnega konteksta vesoljskih programov zmanjšali njena »konkretnost in sofisticiranost«. Te pomanjkljivosti bi bilo mogoče odpraviti s priročniki za vrednotenje TRL, ki bi jih oblikovali za posamična raziskovalna področja in znanstvene discipline (Héder 2017).

V zadnjem desetletju je prevladujoča komercialna inačica lestvice TRL postala predmet konstruktivne kritike v delu družbenih ved, pa tudi drugje, na primer v obravnavah umetne inteligence. Tem prizadevanjem je skupna ideja kritične konstruktivne rekonceptualizacije 'pripravljenosti tehnologije'. Če bi bila ta konstruktivna kritika 'uradno' sprejeta, bi to imelo pomembne posledice za spodbujanje razvoja znanstvenega raziskovanja, saj spodbude ne bi bile omejene na doseganje tržne monetizacije novih materialnih proizvodov, ampak bi postavile v ospredje prizadevanja za uresničevanje temeljnih družbenih vrednot, ki so domena vseh znanosti, vključno z družboslovnimi in s humanističnimi.

Kritike lestvice TRL lahko razvrstimo v dve skupini:

1. Kritika omejitve TRL na tržno monetizacijo tehnološkega proizvoda predlaga upoštevanje večjega števila dejavnikov, odgovornih za prodor nove tehnologije, in poudarja družbeno pripravljenost za sprejem nove tehnologije (*»technological readiness«*).
2. Kritika tržne konceptualizacije uspešnosti tehnologije predlaga širše razumevanje tehnologije, njene družbene vloge in razvojnih posledic, vključno z upoštevanjem družbenih tehnologij.

Razširitev TRL

Prva skupina kritik izhaja iz ideje »odgovornega raziskovanja in inovacij« (*»Responsible Research and Innovation«* – RRI), ki predlaga usklajevanje raziskovanja z razreševanjem širših družbenih in etičnih vprašanj. Med kriterije odločanja o inovacijskih politikah v znanstvenih raziskavah in tehnološkem razvoju ter ocenjevanja uspešnosti raziskovalnih, razvojnih in inovacijskih projektov naj bi bile vključene etična sprejemljivost, družbena zaželenost ter trajnostnost raziskovanja in inovacij. Raziskave naj bi med drugim izpolnjevale visoke etične standarde, nalagale odločevalcem odgovornost za preprečevanje škodljivih učinkov inovacij, vključevale v raziskovanje skupnosti, ki jih inovacije zadevajo, in jim omogočale pridobiti ustrezno znanje za razumevanje posledic spodbujanja znanstvenega izobraževanja ter zagotavljale enakost spolov v raziskovalnih skupinah in odprti dostop do vseh faz raziskovanja.

Modeli vrednotenja uspešnosti raziskovanja, zasnovani na teh izhodiščih, vključujejo različne vidike družbenega prilagajanja na nove tehnologije, ki zagotavljajo 'tehnološko pripravljenost' družbe, sicer predvsem za uspešno monetizacijo nove tehnologije na trgu. Poleg pripravljenosti tehnologije so to zlasti (Bruno et al. 2020; Verma in Allen 2024; KTH b. l.):

- ocena tveganosti tehnologije (»*Technology Risk Assessment*«),
- pravna pripravljenost (intelektualna lastnina, pravno okolje, etika),
- organizacijska pripravljenost (delovne skupine, organizacijsko okolje),
- družbena pripravljenost,
- potrebe in interes uporabnikov,
- pripravljenost poslovnega modela (finančna, okoljska in družbena izvedljivost),
- zagotovitev financiranja za prenos na trg.

Dodani vidiki ocenjevanja 'pripravljenosti tehnologije' opozarjajo na kompleksnost družbenih predpostavk in posledic uvajanja novih tehnologij, ki jih ne smemo zanemariti pri ocenjevanju njihove 'pripravljenosti' za nastop na trgu.

Z družbenoteoretskega vidika je pomembno, da je digitalna tehnologija mnogo bolj kot katera koli prejšnja tehnologija 'prisilila' naravoslovne in družbene vede, da proučujejo skupne 'mejne objekte' raziskovanja, vendar žal še vedno nimajo skupnega jezika za razpravo o ključnih pojmi in skupnih metodah raziskovanja 'mejnih raziskovalnih tem'. Skupne mejne objekte in sodelovanje zunaj disciplinarnih meja omogoča predvsem kvantifikacija in v zadnjem času upodatkovanje družboslovnih ved. K temu pa ne prispeva vsaj delna 'udomačitev' družboslovne epistemologije v naravoslovju, s čimer bi slednje prepoznalo, da so tudi njihovi predmeti raziskovanja lahko družbeno konstruirani.

V tem odnosu so družboslovci potisnjeni v podrejeno vlogo podpore in interpretacije tehnično-tehnološkega razvoja in dosežkov ter občasnega reševanja družbenih problemov, ki so posledica tega razvoja. Raziskovalci v naravoslovju, tehnologiji, inženirstvu in matematiki (STEM) se pogosto ukvarjajo z mejnim delom, katerega cilj je razširiti, monopolizirati ali zaščititi avtonomijo svojih področij ali disciplin, in le redko priznavajo prepustnost meje med družboslovnimi in naravoslovnimi znanostmi, ki se je z upodatkovanjem močno povečala. Že v primeru tehnike – na primer pri ocenjevanju tehničnih inovacij – zanemarjanje družbenih in družboslovnih razsežnosti instrumentalnega delovanja povzroča resne omejitve, saj tehnika ustvarjanja in uporabe specifičnih materialnih orodij in strojev vključuje tudi izvajanje nematerialnih opravil, veščin ali postopkov, ki so namenjeni doseganju vnaprej določenih ciljev. Tem bolj je tehnično-naravoslovna omejenost nedopustna v primeru obravnave tehnologij kot uporabe znanstvenih spoznanj za sistemsko ustvarjanje orodij, strojev, naprav ali procesov, pri čemer vizija »instrumentalistične družbe« nakazuje, da se ljudje lahko učijo in delajo učinkoviteje s posnemanjem procesov, ki potekajo v pametnih strojih, in s tem spodbujajo harmonično sobivanje (Schmidt in Thrun 2016).

Tehnologija po svojem bistvu ni le tehnična, ampak tudi družbena: ni zgolj skupek materialnih naprav ali tehničnih postopkov, temveč tudi način organizacije družbenega delovanja. Odločanje samo – denimo v političnih institucijah, upravlja-

nju podatkov ali platformnem usmerjanju vedenja uporabnikov – lahko razumemo kot družbeno tehnologijo: skupek postopkov, pravil, algoritmov in institucionalnih ureditev, ki oblikujejo tokove vpliva, moči in vednosti. Tako kot stroj ni nevtralen, tudi proceduralna zasnova odločanja ni brez učinkov – denimo v načinu, kako se določa, kdo ima dostop do informacij, kdo lahko sodeluje pri oblikovanju problemov in kdo je izključen iz odločanja. Primeri, kot so avtomatizirano odločanje v javni upravi, algoritemska moderacija na spletnih platformah ali sistemi za razporejanje delavcev v gig ekonomiji, kažejo, da so tehnološke rešitve hkrati tudi družbeni režimi – z lastnimi normami, hierarhijami in oblikami odgovornosti. V tem smislu tehnologija ni zgolj podpora družbi, temveč je njena notranja logika – način, kako se družba strukturira, usmerja in uravnava.

Podrejen položaj družboslovnih znanosti dobro ponazarja sedanje raziskovanje podnebne krize. V svoji raziskovalni politiki EU daje prednost »razumevanju, kako podnebne spremembe vplivajo na življenjske poteke in industrije«, in raziskovanju »interakcij med hidrologijo in družbo z uporabo kvalitativnih zgodb /.../, zbranih z nestandardiziranimi intervjuji in delavnicami mentalne simulacije« (Pultarov 2024).⁴ Protislovje je v tem, da se »kvalitativne zgodbe« uporabljajo za razumevanje nenačrtovanih negativnih družbenih posledic tehnološkega razvoja, ne upoštevajo pa se v načrtovanju tega razvoja, s katerim bi lahko take negativne posledice preprečili, če ga ne bi podrejali enostranskim – profitnim – interesom. To je tudi problem uporabe letvice TRL, saj povsem zanemarljivo širše družbene posledice razvoja in uvajanja novih tehnologij.

Refleksivno participativno ocenjevanje tehnologije

Problema zanemarjanja širših družbenih posledic razvoja in uvajanja novih tehnologij se je inovativno lotil projekt The Expert and Citizen Assessment of Science and Technology (ECAST). Mreža ECAST, ki jo je leta 2010 ustanovila skupina raziskovalcev, izobraževalcev in izvajalcev politik z univerze Arizona State, je s svojo refleksivno participativno metodo ocenjevanja tehnologij (»participatory technology assessment« – pTA) napravila pomemben korak pri spodbujanju demokratičnega odločanja o znanstveni politiki. Ta metoda temelji na načelih deliberativnega glasovanja, ki jih je oblikoval James Fishkin, in omogoča kontinuirano izpopolnjevanje in prilagajanje (Fishkin, Luskin in Jowell 2000; Deliberative Democracy Lab b. l.).

Metoda pTA ECAST poteka v treh participativnih korakih:

1. oblikovanje problema: zainteresirane strani skupaj opredelijo problematiko in jo postavijo v specifični kontekst;
2. državljansko posvetovanje: vključuje raznovrstne udeležence za poglobljene razprave, katerih cilj je iskanje in ocenjevanje izvedljivih rešitev;
3. rezultati in integracija: sintetizirane ugotovitve so vključene v procese odločanja.

V preteklih letih je bil ta pristop za ocenjevanje tehnologij uspešno uporabljen za več deset znanstvenih in tehnoloških projektov na različnih področjih, kot so tehnologija avtonomnih vozil, ohranjanje biotske raznovrstnosti, raziskave podnebnih sprememb in razprave za krepitev odpornosti skupnosti in okoljskega odločanja. Projekti so vedno vključevali raznolik nabor udeležencev – od znanstvenikov in deležnikov,

vklučenih v procese odločanja o tehnologijah, do državljanov – iz različnih tehničnih, družbenih in političnih okolij na vseh ravneh upravljanja in odločanja, od lokalnih skupnosti do nacionalnih in mednarodnih prizorišč. Vsako posvetovanje je potekalo na več lokacijah in je vključevalo od 23 do 489 udeležencev, kar naj bi zagotovilo teden in reprezentativen prispevek k razpravi.

Porazdeljena mrežna struktura modela ECAST zagotavlja odpornost in trajnost modela ter ohranja neodvisnost in kontinuiteto tudi v spremenjenih družbeno-političnih razmerah. Ta model omogoča, da glasovi državljanov postanejo sestavni del razprav o znanstveni politiki, kar pomaga spodbujati bolj demokratično in vključujoče odločanje (Kaplan et al. 2021).

Vrednotno občutljivo oblikovanje tehnologij (»Value Sensitive Design« – VSD)

V zadnjem času je vse več pozornosti namenjene etičnim vidikom ne le uporabe tehnologije, ampak tudi njenega načrtovanja. Ta premik poudarka izhaja iz spoznanja, da so družbene posledice tehnologije v fazi njene uporabe večinoma že določene, medtem ko so v fazi načrtovanja in oblikovanja vsaj delno predvidljive in je nanje mogoče vplivati oziroma jih spremeniti ter zmanjšati tveganja. Pravočasna obravnavanje etičnih in družbenih vidikov razvoja tehnologij omogoča lažje doseganje želenih učinkov ter preprečevanje negativnih družbenih posledic.

Najradikalnejši odmik od modela TRL se izraža v zasnovi »vrednotno občutljivega oblikovanja tehnologij« (VSD) (Friedman, Kahn in Borning 2006; Friedman in Hendry 2019). Medtem ko je pTA metoda za ocenjevanje tehnologij s poudarkom na vključevanju javnosti v razpravo in odločanje o znanstvenih in tehnoloških vprašanjih, je VSD metoda za oblikovanje tehnologij, ki v proces razvoja od vsega začetka sistematično vključuje etične in družbene premisleke in dejavnike. Cilj VSD je zagotoviti, da tehnološke inovacije ne služijo le funkcionalnim in ekonomskim ciljem, temveč upoštevajo tudi človekove vrednote, kot so zasebnost, pravičnost, avtonomija in dobrobit uporabnikov ter širše družbe – vendar tako kot TRL tudi VSD ne vključuje družbenih tehnologij.

Tabela 2: Primerjava modelov kritičnega ocenjevanja in oblikovanja tehnologij

	pTA (ECAST)	VSD
Namen	Ocenjevanje tehnologij s širšo družbeno razpravo	Oblikovanje etično naravnanih tehnologij
Metodologija	Kombinacija strokovne ocene in javne razprave	Konceptualna, empirična in tehnična analiza
Vloga uporabnikov	Razpravljalci in soodločevalci v ocenjevanju tehnologije	Deležniki v procesu oblikovanja tehnologije
Značilna uporaba	Politične odločitve o znanstvenih in tehnoloških vprašanjih	Razvoj digitalnih in fizičnih tehnologij

VSD uporablja interdisciplinarni in iterativni pristop, ki združuje tri ravni analize:

1. Konceptualna analiza identificira in definira vrednote, ki so pomembne za vse deležnike. Vključuje etične teorije in razmislek o vplivih tehnologije.
2. Empirična analiza uporablja družboslovne raziskovalne metode, kot so intervjuji, ankete, opazovanja, za razumevanje stališč in potreb uporabnikov tehnologije ter drugih deležnikov.
3. Tehnična analiza proučuje, kako lahko tehnologija podpira ali omejuje določene vrednote ter kako oblikovalske odločitve vplivajo na etične vidike.

Vse tri vrste analiz lahko potekajo vzporedno in iterativno, da se zagotovi celovit pristop k vključevanju vrednot v oblikovanje tehnoloških inovacij.

VSD se lahko uporablja na različnih področjih, od informatike in inženirstva do urbanističnega načrtovanja in medicinske tehnologije. Značilni primeri vključujejo varovanje zasebnosti na digitalnih platformah (zagotavljanje uporabnikovega nadzora, kontrola nad osebnimi podatki), zagotavljanje algoritemske pravičnosti (razvoj umetne inteligence, ki zmanjšuje pristranskost in diskriminacijo, npr. pri sistemih za odločanje v zaposlovanju ali kreditnem točkovanju), razvoj medicinskih aplikacij in naprav, ki spoštujejo pacientovo avtonomijo in varnost, ter oblikovanje urbanih tehnologij v razvoju pametnih mest (npr. nadzornih sistemov, prometa, javnih storitev z zagotavljanjem transparentnosti, dostopnosti in pravičnosti).

Vloga družbenih in epistemskih tehnologij v sodobni družbi

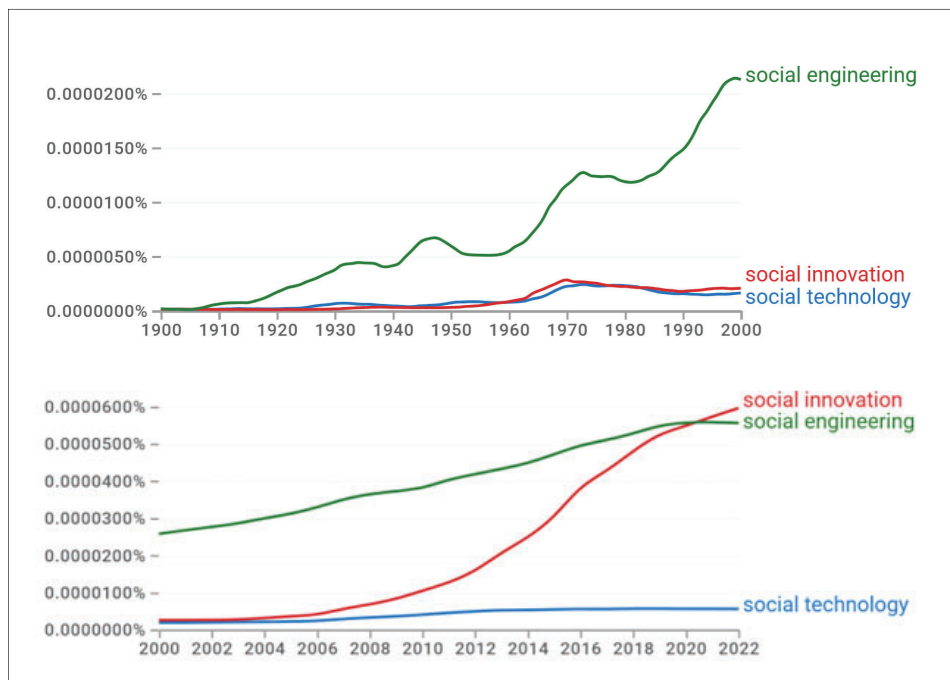
Metodologiji TRL in VSD imata pomembno vlogo pri ocenjevanju razvoja in vplivov tehnologije. Medtem ko je TRL osredinjena na tehnično pripravljenost in stopnjo zrelosti tehnologije, VSD vključuje tudi vrednotne vidike pri oblikovanju tehnologij, vendar obe metodologiji zanemarljiva vpliv tehnologije na družbene odnose in infrastrukturo, pri čemer družbena tehnologija ponuja ključno dopolnitev.

Model TRL se osredinja predvsem na tehnično in komercialno zmožnost »preživetja« tehnologije, ne upošteva pa družbene dinamike, ki vpliva na uporabo in sprejemanje tehnologije. Pri tem ne zanemarlja samo netržnih dejavnikov, ampak tudi nematerialne komponente, kot so zmožnosti za družbeno interakcijo, učenje in skupnostno delovanje, katerih vloga je bistvena pri tem, kako ljudje ustvarjajo in sprejemajo nove tehnologije ter jih vključujejo v svoje življenje.

Družbene tehnologije, inovacije in inženiring

Uspešno sprejemanje tehnologije je pogosto odvisno od družbenega konteksta in interakcij uporabnikov, kar nakazuje potrebo po celostnejšem okviru ocenjevanja tehnologij. To zahteva širše razumevanje tehnologije in družbene tehnološke zrelosti ter iskanje rešitev, kako lahko tehnologija ne samo zadovoljuje 'potrebe trga', ampak tudi izboljša kakovost življenja ljudi in družbenih odnosov. V času, ko lestvica TRL predstavlja ključno merilo financiranja tehnoloških invencij, je še posebej pomembno prepoznati pomen družbenih okoliščin razvoja novih tehnologij in prispevek družbenih tehnologij k blaginji in razvoju družbe. Na to je že leta 1898 opozoril čikaški sociolog Albion Small (1898) v razpravi o pomenu družbene tehnologije, ki jo je razumel kot »uporabo znanja o dejstvih in zakonih družbenega življenja za doseganje

racionalnih družbenih ciljev«, čeprav je imel pri ciljih v mislih predvsem preseganje posameznikove nezmožnosti obvladovanja zahtev »normalnega« družbenega okolja (ibid.).



Slika 1: Relativna pogostnost pojavljanja izrazov družbena tehnologija, družbene inovacije in družbeni inženiring v angleških besedilih v obdobjih 1900–2000 (zgoraj) in 2000–2022 (spodaj). Vir: Google Books Ngram Viewer.

Prvotno je bila družbena tehnologija del velike, celo utopične vizije, v kateri je bila vloga sociologije določati cilje, ki naj bi jim družba sledila, zbirati in sintetizirati ustrezna znanstvena spoznanja ter jih prevajati v načrte za razvojne spremembe družbe. Vendar pa je po prvi svetovni vojni vzpon pozitivistične sociologije, ki je zahtevala, da vrednote ne smejo vplivati na znanstveno raziskovanje, zasenčil kritično razumevanje družbene tehnologije. Nadomestil ga je bolj manipulativen pojem »družbeni inženiring«, ki je postavljaj v ospredje družbene posege za nadzorovanje ali vplivanje na ljudi brez upoštevanja etičnih vidikov in družbenega konsenza, tako da se je pomensko približal propagandi in celo psihološki vojni. Družbeni inženirji – podobno kot drugi inženirji – ne razvijajo svojih tehnokratskih sposobnosti in storitev v prid javnemu dobremu, ampak za izpolnjevanje interesov oblasti in financerjev.

Sodobna prevlada modela TRL v spodbujanju tehnološkega razvoja kaže, da je opustitev pojma 'družbena tehnologija' imela negativne posledice, saj se je 'tehnologija' vse bolj začela nanašati izključno na tržno unovčljive materialne dobrine in procese (Derksen in Wierenga 2013). Vendar pojem družbene tehnologije s poudarjenim razlikovanjem med tehniko in tehnologijo ponuja širše razumevanje pomena tehnologije – s poudarkom na družbenih inovacijah kot mehanizmih, ki vplivajo na družbene procese.

Pojem družbena tehnologija se je uveljavil konec 19. stoletja kot bistveni element v prizadevanjih za celostnejše razumevanje interakcije med snovnimi in nesnovnimi tehnologijami in družbenimi vrednotami. Po prvi svetovni vojni je tedaj prevladujoče prepričanje, da je treba sociologijo »osvoboditi vrednotnih pristranskosti«, skupaj z vzponom vsiljivega družbenega inženiringa zmanjšalo naklonjenost idejam družbene tehnologije v kritičnem družboslovnem raziskovanju. Danes digitalna komunikacijska revolucija in umetna inteligenca – ob vedno tesnejšem prepletanju materialnih in nematerialnih tehnologij – vračata idejo družbene tehnologije v središče pozornosti. Njen pomen se je bistveno povečal s hitrim razvojem digitalnih tehnologij in umetne inteligence kot najbolj propulzivne skupine kognitivnih in epistemskih družbenih tehnologij. S tem, da radikalno spreminja način ustvarjanja, preverjanja, širjenja in prisvajanja znanja, umetna inteligenca ni le najbolj transformativna epistemska tehnologija v zgodovini, ampak je z neposredno uporabo v urejanju družbenih odnosov tudi ključna družbena tehnologija sodobnosti. Lahko rečemo, da postaja infrastruktura vseh družbenih ureditev 21. stoletja.

V temeljih pojmovanja družbene tehnologije je ideja, da so družbene inovacije za družbeni napredek enako pomembne kot tehnično-tehnološke. Uspeh tehnoloških inovacij ni odvisen le od njihove tehnične izvedbe, ampak tudi od njihove 'omogočilnosti' ali njihove sposobnosti, da so v soglasju z družbenimi potrebami in vrednotami. Medtem ko snovne tehnologije služijo kot ključni *vir* moči, so nesnovne ali epistemske tehnologije – kot so ideologije, politični diskurz, pravni okviri in izobraževalni sistemi – že dolgo znane kot avtonomni *agenti* moči (Hakkarainen et al. 2009; Alvarado 2023). Epistemske tehnologije vključujejo široko paleto orodij, metod, sistemov in praks »imetja za resnično« (Kant 1781/1956, 689). Z njimi je mogoče ustvarjati in širiti informacije, znanje in vrednote, oblikovati družbene norme in vedenjske standarde ter upravljati interakcije in sodelovanje med posamezniki in skupnostmi ter s tem vplivati na individualne kognitivne sposobnosti ter na družbeno organizacijo.

Posebej pomembna oblika družbene tehnologije je izobraževanje, ki je ključno za oblikovanje družbenih struktur in odnosov. V kontekstu družbenih tehnologij se izobraževanje ne obravnava le kot prenos znanja in izmenjave informacij, temveč tudi kot proces, ki (lahko) krepi družbeno kohezijo, spodbuja sodelovanje in ne nazadnje omogoča družbeno prilagajanje na tehnološke spremembe. Navade, običaji, obredi in druge kulturne prakse prav tako delujejo kot nesnovne tehnologije, ki krepijo družbene strukture in hierarhije ter lojalnost in nadzor v družbenih skupinah.

Nematerializirane tehnologije so bistvene za ohranjanje (oblastne) avtoritete in oblikovanje kolektivnega vedenja. Pogosto jih dopolnjujejo opredmetene tehnologije, zlasti komunikacijske tehnologije, ki omogočajo izmenjavo idej, informacij in kulturnih praks ter delujejo kot ključni mediji, na podlagi katerih učinkujejo družbene tehnologije. Kompleksno razmerje med neopredmetenimi družbenimi tehnologijami in opredmetenimi komunikacijskimi tehnologijami zastavlja pomembna vprašanja o družbeni moči, nadzoru, zasebnosti, osebni svobodi, družbeni pravičnosti in etičnih posledicah tehnološkega napredka. Razumevanje in pojasnjevanje večplastne vloge družbenih tehnologij zahtevata sistematično raziskovanje njihovih potencialov za oblikovanje človeških izkušenj in družbenih struktur. Izključenost družbenih tehnologij je kritična slepa pega v modelu TRL in v sorodnih metodologijah za ocenjevanje

‘pripravljenosti tehnologije’, kar ne nazadnje zavira tudi razvoj družboslovnih ved. Izključenost družbene tehnologije iz modelov ocenjevanja tehnologij je tesno povezana z njeno izključenostjo iz družbenih modelov spodbujanja razvoja in financiranja tehnologij, kot sta na primer okvirni program Evropske unije za raziskave in inovacije (2021–2027) in program za »spodbujanje izvajanja raziskovalno-razvojnih programov (TRL 3–6)« slovenske agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost (ARIS 2025). V modelih ocenjevanja tehnologij, kot je TRL, se zrcali ozka, tehnoeekonomska perspektiva razvoja, ki zanemarja družbene dimenzije tehničnih inovacij in družbene inovacije ter spodbuja instrumentalne rešitve brez ustreznega razumevanja in vrednotenja razvojnih ciljev in njihove družbene relevantnosti.

V zadnjih desetletjih se v razpravah o družbenih spremembah in reševanju družbenih problemov na številnih znanstvenih področjih uveljavlja tudi izraz »družbene inovacije« (*»social innovation«*). V organizacijskih vedah se izraz povezuje s pojmi, kot so socialno podjetništvo, socialne finance, družbena odgovornost podjetij in javno-zasebna partnerstva. Družbene inovacije so predmet obravnave tudi v urbanizmu, tehnološkem upravljanju, sociologiji, javni upravi in raziskovanju politik (Drucker 1987; Moulaert et al. 2013). Še zlasti pa je razprave o družbenih inovacijah postavil v ospredje razvoj umetne inteligence (Schwab Foundation 2024).

Razlog za alternativno poimenovanje družbene tehnologije najverjetneje tiči v njeni zgodovinski redukciji na družbeni inženiring – uporabljeni bodisi za načrtovanje življenja ljudi, družbeno nadzorovanje in varnostno spremljanje bodisi za iskanje novih načinov prepričevanja ljudi, da sprejmejo določeno tehnološko inovacijo. Primeri takih družbenih tehnologij so tudi v sodobnosti številni in nas postavljajo pred zahtevna etična vprašanja o meji med tehnološkim napredkom in človekovo svobodo. Algoritmi družabnih omrežij za določanje kredibilnosti posameznikov in prilagojeno oglaševanje, umetna inteligenca in sistemi digitalnega nadzora oblikujejo naše komunikacijske navade, zaznavanje realnosti in vedenjske vzorce. Med bolj protislovnimi je kitajski sistem »družbenega kredita« (*»Social Credit System«*), ki združuje podatkovne analize, nadzor in družbeni inženiring za usmerjanje vedenja državljanov.

Družbenega inženiringa sicer ni mogoče prezreti kot možne oblike uporabe (zlorabe) družbenih tehnologij. Vendar pa ima družbena tehnologija bistveno širši pojmovni obseg. Družbene tehnologije – kot so pravni sistemi, protokoli komuniciranja ali platformne arhitekture – strukturirajo družbene interakcije, oblikujejo družbene procese, odnose, norme in institucije. Pod vplivom digitalizacije imajo družbene tehnologije v sodobni družbi ključno vlogo od medosebnih odnosov do kompleksnih družbenih sistemov, kot so ekonomija, politika in izobraževanje. Po eni strani omogočajo učinkovitejšo organizacijo za razvoj pravične, učinkovite in trajnostne družbe ter reševanje družbenih problemov, kot so revščina, neenakost in dostop do izobraževanja. Po drugi strani pa družbene tehnologije prinašajo tudi tveganja, povezana z nadzorom, manipulacijo in s posegi v zasebnost (kar sicer v strogem pomenu velja tudi za pojem »družbene inovacije«).

Vsekakor družbena tehnologija daje boljše izhodišče za razumevanje, kako tehnološki artefakti vplivajo na družbene strukture, procese in vrednote, kot ga (ne) omogočajo tradicionalni modeli ocenjevanja »pripravljenosti tehnologije«. Dopolnitev TRL z družbeno tehnologijo – kot predmetom in instrumentom ocenjevanja – bi

omogočala ocenjevanje ne le tehnične izdelanosti, temveč tudi družbene sprejemljivosti in vpliva tehnologije na družbeno dinamiko onkraj gole tržne uspešnosti. Pri VSD pa lahko vključevanje družbene tehnologije prispeva k sistematičnemu vključevanju družbenih potreb in vrednot v fazo načrtovanja, s poudarkom na uporabniških izkušnjah in širših družbenih posledicah. Ključna naloga raziskovalcev in politikov je zato oblikovanje regulativnih okvirjev, ki bodo omogočali uporabo družbene tehnologije na način, ki bo bodisi neposredno bodisi posredno na podlagi ocenjevanja izdelanosti tehnologij podpiral družbeno blaginjo in preprečeval možne zlorabe.

Pametni stroji kot epistemske in družbene tehnologije

Tradicionalne tehnologije so običajno opredeljene kot orodja ali sistemi, ki širijo človekove fizične ali organizacijske zmožnosti za doseganje praktičnih ciljev. Temeljijo na uporabi obstoječega znanja za doseg praktičnih ciljev, kot so avtomatizacija, optimizacija procesov in gradnja infrastrukture. Osredinjajo se na izvajanje nalog v produkcijskih, distribucijskih in komunikacijskih procesih. Tradicionalne komunikacijske tehnologije, kot so tiskarski stroj, radio in televizija, so na primer razširile dostop do informacij, vendar ostajajo usmerjene v izvajanje vnaprej določenih procesov.

Epistemske tehnologije, kot je na primer umetna inteligenca, pa v temelju spreminjajo ta pristop, saj ne le izboljšujejo dostopnost in praktično uporabo znanstvenih spoznanj za izvajanje vnaprej določenih nalog, temveč aktivno prispevajo k njegovemu nastajanju. Njihova vloga je razširitev in transformacija človeških kognitivnih sposobnosti, kot so zaznavanje, sklepanje in odločanje. Epistemske tehnologije, kot so strojno učenje, obdelava naravnega jezika in priporočilni algoritmi, prepoznajo trende in vzorce v ogromnih količinah podatkov, ki presegajo človeške kognitivne sposobnosti. Epistemske tehnologije ustvarjajo vpogled in napovedi, ki vplivajo na odločanje in preobrazbo znanstvenih, kulturnih in industrijskih procesov, ter delujejo kot epistemološki agenti, ki se lahko 'učijo' in prilagajajo brez neposrednih človekovih navodil.

Medtem ko na primer parni stroj 'uporablja' načela termodinamike za ustvarjanje mehanskega dela, algoritmi umetne inteligence analizirajo velike količine podatkov, da bi razkrili nove povezave, postavili hipoteze ali ponudili rešitve kompleksnih problemov. Umetna inteligenca ne le posnema družbene odnose, temveč jih aktivno oblikuje – od algoritmov, ki določajo, kdo dobi kredit ali službo, do avtomatiziranih odločitev v izobraževanju in zdravstvu. Njena vloga presega zgolj tehnično orodje; postaja epistemski arhitekt družbe, ki redefinira temelje znanja, moči in participacije. Zlasti nevronske mreže in sistemi, kot so veliki jezikovni modeli (npr. ChatGPT), navedeno nevtralizirajo ideološke pristranskosti kot »objektivno optimizacijo«, s čimer naturalizirajo družbene neenakosti. Hkrati pa generativna UI radikalno demokratizira ustvarjanje vsebin, a za ceno novih oblik nadzora (npr. sledenje čustvenim odzivom na podlagi interakcij).

Čeprav epistemske tehnologije pri ustvarjanju znanja prinašajo izjemne obete, pa sprožajo protislovne procese. Med ključnimi izzivi je epistemska netransparentnost – procesi, na katerih temeljijo modeli strojnega učenja, pogosto niso v celoti razumljivi niti njihovim ustvarjalcem. Poleg tega se pojavljajo etične dileme, povezane s pristranskostjo, z odgovornostjo ter družbenimi posledicami odločitev, ki jih gene-

rirajo algoritmi. Obseg in kompleksnost podatkov, na katerih temeljijo te tehnologije, zahtevata kritičen premislek o njihovih omejitvah ter vplivu na naše razumevanje.

Ta dialektika – hkratna emancipacija in dominacija – umešča umetno inteligenco kot sodobno družbeno tehnologijo v središče boja za družbeno agendo, kar zahteva ne le regulativni odziv, temveč tudi kolektivno razvijanje alternativnih modelov (npr. odprtokodne založniške platforme ali algoritmi, razviti v okviru digitalnih zadrug). Kot taka ni le orodje upravljanja, temveč materializacija družbenega sporazuma – ali njegovega razpada – v 21. stoletju.

Pod vplivom hitrega razvoja umetne inteligence in strojnega učenja se močno uveljavlja prepričanje, da bi morali ljudje sprejeti napredne mehanizme strojnega učenja, da bi dosegli učinkovitejše in usklajeno delovanje. Schmidt in Thrun (2016) poudarjata prednosti strojne inteligence pri kolektivnem učenju, kar ponazarjata s samovozečimi avtomobili, ki se učijo iz skupnih izkušenj. V nasprotju z njimi se ljudje učijo na lastnih napakah, ki jih pogosto ponavljajo. Strojna inteligenca je predstavljena kot apoteoza kolektivnega delovanja, v katerem vsi stroji v omrežnem sistemu harmonično delujejo, saj imajo vsi enako 'razumevanje' – vsak od njih zna, kar znajo vsi – in delujejo usklajeni kot en organizem za doseg enakih rezultatov z največjo učinkovitostjo. Stroji stojijo ali padajo skupaj; vsi skupaj imajo prav ali ne.

Shoshana Zuboff (2019) to apoteozo pametnih strojev in simbioze ljudi in strojev označuje za vizijo »instrumentarne družbe«, v kateri človeško vedenje posnema procese pametnih strojev. Stroji posnemajo drug drugega, zato moramo tudi mi početi enako, če hočemo biti učinkoviti. V instrumentarni prihodnosti svet strojev in družbeni svet delujeta v harmoniji, ljudje pa posnemajo vrhunske učne procese pametnih strojev. »To posnemanje ni namenjeno vračanju k taylorizmu množične proizvodnje ali Chaplinovemu nesrečnemu delavcu, ki ga pogoltne mehanski red. Nasprotno, ta recept za simbiozo ubira drugačno pot, na kateri človeška interakcija odraža odnose pametnih strojev, saj se posamezniki naučijo razmišljati in delovati tako, da posnemajo drug drugega ...«

SKLEP: K TEHNOLOŠKI ZRELOSTI V OCENJEVANJU IN RAZVOJU TEHNOLOGIJ

S prehodom v digitalno družbo, v kateri prevladujejo neopredmetene – epistemске in družbene – tehnologije, postaja vse pomembnejše spoznanje, da uspešnosti implementacije inovacij ni mogoče meriti zgolj s tehnično izvedljivostjo in sposobnostjo tržnega preživetja, ampak je treba upoštevati tudi družbeno sprejemanje tehnologij in usklajenost tehnologije z družbenimi vrednotami in potrebami. Ideja družbene tehnologije predstavlja širše razumevanje pomena tehnologije in postavlja v ospredje družbene mehanizme spreminjanja družbenih procesov. Vodilo ideje družbene tehnologije je spoznanje, da je uspešnost tehnoloških inovacij pogosto odvisna tudi od njihove etične povezljivosti z družbo ter da so za družbeni napredek družbene inovacije lahko enako pomembne kot tehnološke.

Preusmeritev pozornosti z ozkega razumevanja 'pripravljenosti tehnologije' na kompleksnejša pojma 'tehnološka pripravljenost' in 'družbena tehnologija' omogoča bolje razumeti ključno vlogo, ki jo imajo družbeni sistemi in inovacije pri razvoju in

implementaciji novih tehnologij. Širše razumevanje tehnologije in ocenjevanja njene razvitosti, ki enakovredno obravnava snovne, epistemske in družbene tehnologije, zagotavlja družbeno konstruktivno in trajnostno vključevanje inovacij in tehnologij. Tak pristop prispeva k vključevanju družboslovnega in humanističnega znanja v procese načrtovanja, vrednotenja in implementacije tehnologij, kar lahko prispeva k usklajevanju tehnološkega napredka z razvojem in blaginjo skupnosti ter s tem povečuje legitimost, učinkovitost in družbeno sprejemljivost tehnoloških inovacij.

Tabela 3: Dve ravni ocenjevanja in razvoja tehnologij

Strategija ocenjevanja tehnologije	Družbeno-etični okvir in cilj ocenjevanja	
	Instrumentalni okvir Cilj: neposredna uporabnost in učinkovitost	Vrednotno-refleksivni okvir Cilj: skladnost posledic z načeli, normami in družbenimi vrednotami
Funkcionalno-pragmatična	Tržno <i>ocenjevanje glede na zanesljivost, ekonomsko korist, donosnost in konkurenčnost</i>	Profesionalno <i>ocenjevanje vpliva tehnologije na družbo in stroko z vidika strokovnih standardov in profesionalne etike</i>
Normativno-regulativna	Administrativno <i>ocenjevanje glede na pravne, regulativne in organizacijske zahteve (skladnost z zakonodajo in s standardi)</i>	Normativno-kritično <i>ocenjevanje vpliva na posameznike, skupnosti in vrednote s širšega družbenega, etičnega ali normativnega vidika in predlogi sprememb v zasnovi, razvoju in regulaciji uporabe tehnologij</i>

Družbenoteoretski in etični okvir razvoja in ocenjevanja tehnologij je temelj za premislek o *tehnološki zrelosti*, ki odpira ključna vprašanja o odnosu med tehnologijo in družbo: Za koga oziroma komu je tehnologija namenjena in komu bo najbolj koristila? Za kaj je tehnologija potrebna in uporabna ter katere cilje želimo z njo doseči? Za učinkovito razširitev obzorja ocenjevanja tehnologije onkraj njenega tržnega potenciala in upoštevanje družbenega vpliva je treba določiti etični okvir ocenjevanja tehnologij. V tem pristopu postane ključno vprašanje razlikovanja med instrumentalnim in refleksivnim ocenjevanjem tehnologij, ki se navezuje na Webrovo razlikovanje instrumentalne in vrednotne racionalnosti (Weber 1920/2019) in Burawoyjevo prilagoditev Webrove tipologije za ugotavljanje namembnosti (družboslovnega) raziskovanja z vidika ciljev in sredstev (Burawoy 2007).

Webrovo razlikovanje se nanaša na to, ali je človekovo delovanje usmerjeno k doseganju specifičnih, racionalnih ciljev (instrumentalna racionalnost) ali pa je podrejeno vrednotam, ki imajo za delovanje intrinzični pomen (vrednotna racionalnost). Burawoy je to razlikovanje uporabil za postavitev tipologije družboslovnega raziskovanja glede na raziskovalne cilje in sredstva. Za Burawoyja (2007) je razlika med instrumentalnim in refleksivnim raziskovanjem določena z odgovorom na vprašanje, ali se raziskovanje osredinja na iskanje ustreznih sredstev za doseganje samoumevnih ali vnaprej določenih ciljev (instrumentalnost) ali pa vključuje razpravo o samih ciljih (refleksivnost). Ta okvir lahko uporabimo tudi za ocenjevanje 'pripravljenosti' teh-

nologije z iskanjem odgovora na vprašanje, ali je cilj tehnologije zgolj optimizacija učinkovitosti, produktivnosti in dobičkonosnosti (instrumentalnost) – ali pa spodbuja globlji družbeni razmislek o impliciranih vrednotah in ciljih (refleksivnost).

Instrumentalno ocenjevanje tehnologij poudarja učinkovitost in funkcionalnost, pogosto daje prednost komercialnim in administrativnim interesom, ki postavljajo v ospredje tržno uspešnost in organizacijsko produktivnost. Tehnologija se ocenjuje in razvija glede na njeno neposredno uporabnost, učinkovitost in praktične koristi. Cilj je izboljšati delovanje, povečati produktivnost, zmanjšati stroške ali pridobiti konkurenčno prednost.

Ta perspektiva vrednoti tehnologije kot orodja in sisteme, ki delujejo učinkovito za doseganje določenih, merljivih ciljev, pogosto na račun etičnih vidikov in brez upoštevanja širših družbenih posledic. Programska oprema za upravljanje dobavnih verig na primer optimizira logistiko, tako da zmanjšuje stroške in povečuje učinkovitost, kar koristi podjetjem in delničarjem, pa čeprav to vodi do izgube delovnih mest in tržnih monopolov. Podobno so algoritmi družabnih medijev zasnovani tako, da usmerjajo in intenzivirajo pozornost uporabnikov ter povečajo prihodke od oglaševanja, čeprav ob učinkovitem doseganju komercialnih ciljev prispevajo tudi k širjenju dezinformacij in oblikovanju epistemskih enklav. V skrajni konsekvenci instrumentalistično razumevanje odnosa med tehnologijo in družbo vodi do prepričanja, da posnemanje procesov v pametnih strojih vodi v učinkovitejšo delovanje ljudi in organizacijo družbe.

Refleksivno ocenjevanje tehnologij pa nasprotno zasleduje širše cilje, ki so sami po sebi 'pravi' ali koristni za družbo. Tehnologija se ocenjuje in razvija glede na širše družbene, etične in normativne posledice, ki jih povzroči. Cilj je razumeti njen vpliv na posameznike, skupnosti in vrednote ter identificirati morebitne nevarnosti ali nepravilnosti.

Ta perspektiva spodbuja tehnološki razvoj z jasnim poudarkom na družbenih koristih in etičnih standardih. Opira se na poklicne standarde in družbenokritično angažiranost ter spodbuja deležnike k razmisleku o etičnih posledicah tehnološkega napredka in razvoju 'refleksivnih tehnologij'. Primer refleksivne tehnologije je odprtokodna programska oprema, ki spodbuja sodelovanje, preglednost in inovacije, hkrati pa omogoča pravičen dostop do tehnologije, ali tehnologija za zagotavljanje obnovljivih virov energije, kot so sončni kolektorji, ki kot cilj implicira boj proti podnebnim spremembam in daje prednost okoljski trajnosti. Refleksivne tehnologije so zasnovane z zavezanostjo etičnim standardom in so njihov cilj dolgoročne družbene koristi, ki pogosto vključujejo okoljsko trajnost, pravičen dostop in etično vladovanje.

Razlike v ciljih in učinkih razvoja in uporabe tehnologij odpirajo temeljna vprašanja o tem, kdo ima koristi od tehnološkega napredka (inovacij) in katera etična načela vodijo njegovo usmeritev. Instrumentalno ocenjevanje tehnologij služi ciljem dobičkonosnosti in gospodarske rasti, ki jih je mogoče doseči s povečevanjem učinkovitosti in produktivnosti, vendar pogosto na račun negativnih etičnih in družbenih posledic. V nasprotju s tem refleksivno ocenjevanje tehnologij kritično vrednoti njihovo (ne)skladnost z družbeno koristnimi vrednotami in nas spodbuja k razmisleku o dolgoročnih ciljih in posledicah tehnološkega napredka. To razlikovanje in potreba po »etičnem ravnesju« sta postala še posebej ključna v obdobju, ko velike zasebne

korporacije vedno bolj prevladujejo v razvoju tehnologij na številnih področjih, kot so komunikacije, zdravstvo in raziskovanje vesolja. Velika koncentracija razvoja tehnologij v rokah korporacij zahteva premislek o tem, ali bodo inovacije služile predvsem skupnemu dobremu ali komercialnim interesom.

Vse to povečuje potrebo po oblikovanju okvirov za holistično ocenjevanje tehnologije. S poudarjanjem tako funkcionalnosti kot družbene blaginje – z vključevanjem instrumentalne in refleksivne perspektive v etični okvir ocenjevanja tehnologije – lahko bolje razumemo dvojno vlogo tehnologije v družbi: kot orodja za doseganje specifičnih rezultatov in kot katalizatorja za širši družbeni napredek in blagostanje. Tak celovit pristop nas spodbuja k razmisleku o posledicah naših tehnoloških odločitev in vrednotah, ki jih podpirajo. Celostni pristop lahko spodbuja prizadevanje za doseganje dveh temeljnih ciljev razvoja tehnologij in inovacij: napredek tehnoloških zmogljivosti in podpora odgovornejšemu, raznovrstnejšemu in pravičnejšemu razvoju in uporabi tehnologije.

V tem okviru je pomen družbenih tehnologij dvojen. Po eni strani so pomemben neposredni dejavnik družbenega razvoja na številnih področjih, po drugi pa povezujejo različna tehnološka področja, ki skupaj oblikujejo družbene odnose in procese. Zato bi morale družbene tehnologije imeti pomembno vlogo v ocenjevanju razvitosti tehnologij in družbene tehnološke razvitosti. Hkrati pa bi morala odgovorna politika tehnološkega razvoja in inovacij spodbujati tudi sistematičen razvoj družbenih tehnologij in posebej epistemskih tehnologij – ne le tistega dela, ki je usmerjen v ali z umetno inteligenco.

OPOMBE

- 1 To lepo kažeta Nobelovi nagradi za fiziko in kemijo leta 2024, ki so ju prejeli utemeljitelji razvoja umetne inteligence in strojnega učenja, kar je ob priznavanju izjemnih dosežkov nagrajencev sprožilo tudi pomisleke o tem, ali je mogoče nagrade za fiziko in kemijo podeljevati za dosežke na področju umetne inteligence in računalništva.
- 2 Angleška izraza se sicer pogosto uporabljata kot sopomenki, v Sloveniji pa vlada še večja pojmovna zmeda, saj se kot sopomenke v prevajanju »technology readiness« uporabljajo izrazi »raven tehnološke razvitosti« (Spirit, ARIS), »stopnje pripravljenosti tehnologije«, »tehnološka stopnja pripravljenosti« in »stopnje pripravljenosti za nove tehnologije«. V Zakonu o znanstvenoraziskovalni in inovacijski dejavnosti (ZZrID 2021) najdemo krožno (»obscurum per obscurius«) definicijo, ki ji sledi ostenzivna definicija: »Tehnološka stopnja pripravljenosti (technology readiness level ali TRL) je raven tehnološke razvitosti, ki je opredeljena v devetih stopnjah glede na končni cilj uporabe.« <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO7733>.
- 3 Glejte portal Fran.si: <https://www.fran.si/iskanje?View=1&Query=izdelanost>; <https://www.fran.si/iskanje?View=1&Query=dovr%C5%A1enost>.
- 4 Glejte tudi STOrYlines of futuRe extreMes (PerfectSTORM, 2021–2026). <https://cordis.europa.eu/project/id/948601>.

CITIRANA LITERATURA

- Alvarado, Ramon. 2023. »AI as an Epistemic Technology«. *Science and Engineering Ethics* 29, 32. doi: 10.1007/s11948-023-00451-3.
- Bruno, Ilenia, et al. 2020. »Technology Readiness Revisited: A Proposal for Extending the Scope of Impact Assessment of European Public Services«. *Proceedings of the 13th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV2020)*, Atene, Grčija, 11.–13. marec. https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/technology_readiness_revisited_-_icegov2020.pdf
- Burawoy, Michael. 2007. »Open the Social Sciences: To Whom and For What?«. *Portuguese Journal of Social Sciences* 6 (3): 137–146.
- Deliberative Democracy Lab. b. l. *What Is Deliberative Polling*. <https://deliberation.stanford.edu/what-deliberative-pollingr>.
- Derksen, Maarten, in Tjardie Wierenga. 2013. »The History of 'Social Technology', 1898–1930«. *History and Technology* 29 (4): 311–330. <https://doi.org/10.1080/07341512.2013.876247>.
- Drucker, Peter F. 1987. »Social Innovation – Management's New Dimension«. *Long Range Planning* 20 (6): 29–34.
- Fishkin, J. S., R. C. Luskin in R. Jowell. 2000. »Deliberative Polling and Public Consultation«. *Parliamentary Affairs* 53 (4): 657–666. DOI:10.1093/pa/53.4.657.
- Friedman, Batya, in David G. Hendry. 2019. *Value Sensitive Design: Shaping Technology with Moral Imagination*. MIT Press.
- Friedman, Batya, Peter H. Kahn in Alan Borning. 2006. »Value Sensitive Design and Information Systems«. V *Human-Computer Interaction and Management Information Systems: Foundations*, ur. P. Zhang in D. Galletta, 348–372. M. E. Sharpe.
- Hakkarainen, Kai, Ritva Engeström, Sami Paavola, Pasi Pohjola, Timo Honkela. 2009. »Knowledge Practices, Epistemic Technologies, and Pragmatic Web«. V *I-KNOW'09 and I-SEMANTICS'09: the 4th AIS SigPrag International Pragmatic Web Conference Track*, 683–694. Verlag der Technischen Universität Graz.
- Héder, Mihály. 2017. »From NASA to EU: The Evolution of the TRL Scale in Public Sector Innovation«. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal* 22 (2), article 3.
- Kant, Immanuel. 1781/1956. *Kritik der reinen Vernunft*. (Kant Werke 3-4). Ur. W. Weischedel. Frankfurt: Suhrkamp.
- Kaplan, Leah R., et al. 2021. »Designing Participatory Technology Assessments: A Reflexive Method for Advancing the Public Role in Science Policy Decision-making«. *Technological Forecasting and Social Change* 171. doi: 10.1016/j.techfore.2021.120974.
- KTH. b. l. *KTH Innovation Readiness Level*. <https://kthinnovationreadinesslevel.com/>.
- McKinsey Global Institute. 2017. *Digitization, AI, and the Future of Work: Imperatives for Europe. Briefing note prepared for European Union Tallinn Digital Summit*. September 2017. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Overview/2017%20in%20review/Whats%20next%20in%20digital%20and%20AI/Digitization%20AI%20and%20the%20future%20of%20work%20imperatives%20for%20Europe/MGI-Tallinn-Briefing-Note-1213.pdf>.
- Moulaert, Frank, Diana MacCallum, Abid Mehmood in Abdelillah Hamdouch (ur.). 2013. *The International Handbook on Social Innovation: Collective Action, Social Learning and Transdisciplinary Research*. Edward Elgar Publishing.
- Park, Robert E. 1938. »Reflections on Communication and Culture«. *The American Journal of Sociology* 44 (2): 187–205.
- Pultarov, Tereza. 2024. »Uncovering the Ripple Effects of the Climate Crisis«. *Horizon Magazine*.

<https://horizon.scienceblog.com/2708/uncovering-the-ripple-effects-of-the-climate-crisis/>.

Schmidt, Eric, in Sebastian Thrun. 2016. »Let's Stop Freaking Out About Artificial Intelligence«. *Fortune*, 28. junij 2016. <http://fortune.com/2016/06/28/artificial-intelligence-potential>.

Schwab Foundation. 2024. *AI for Impact: The Role of Artificial Intelligence in Social Innovation*. In collaboration with EY and Microsoft. Cologne/Ženeva: World Economic Forum. https://www3.weforum.org/docs/WEF_AI_for_Impact_Social_Innovation_2024.pdf.

Science Direct. b. l. *Social Technology*. <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/social-technology#:~:text=Social%20Technology%20refers%20to%20the%20use%20of%20technological,behaviors%20by%20impacting%20face-to-face%20communication%20and%20social%20cues>.

Small, Albion W. 1898. »Seminar Notes: The Methodology of the Social Problem. Division I. The Sources and Uses of Material«. *The American Journal of Sociology* 4 (1): 113–144. https://handwiki.org/wiki/Engineering:Social_technology.

Tönnies, Ferdinand. 1887/1999. *Skupnost in družba*. Ljubljana: FDV. Verma, Aditi, in Todd Allen. 2024. »A Sociotechnical Readiness Level Framework for the Development of Advanced Nuclear Technologies«. *Nuclear Technology* 210 (9): 1722–1739. DOI:10.1080/00295450.2024.2336355.

Weber, Max. 1920/2019. *Economy and Society*. Cambridge, Ma: Harvard University Press.

Zuboff, Shoshana. 2019. *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: PublicAffairs/Perseus Books.