

Raziskave in inovacije

Regulatorno obdobje 2019 - 2021

Prijava projekta

Naslov projekta:	EKVILIBRIJ – demonstracijski projekt Izdelava topologije nizkonapetostnega omrežja iz podatkov pametnih števecov za lokalizacijo, detekcijo in obvladovanje faznih nesimetrij
------------------	---

Ta dokument služi kot samostojna predloga oz. obrazec za pripravo prijave projekta, katerega želi elektrooperater vključiti v shemo upravičenja stroškov raziskav in inovacij (v nadaljevanju: RI) v skladu z [1].

Pri pripravi vsebine naj prijavitelji tudi upoštevajo, da postopek kvalifikacije projektov, ki predlagajo uporabo pilotnih mehanizmov v skladu z 72. členom iz [1], vključuje tudi ocenjevanje projektov v skladu s Prilogo 4 iz [1]. Prijava mora vsebovati dovolj informacij, da je mogoče izvesti to ocenjevanje.

Prijavitelj posreduje agenciji izpolnjeno prijavo obvezno v DOCX dokumentu in opcijsko v dodatnem PDF dokumentu po elektronski pošti na naslov info@agen-rs.si. S prijavo prijavitelj in vsi v prijavi navedeni akterji soglašajo z objavo prijavnih dokumentacij na spletni strani agencije v primeru kvalifikacije projekta.

V nadaljevanju so najprej na kratko navedene zahtevane informacije v okrepljenem tekstu, ki jim sledi podrobnejša opredelitev kot navodilo za izpolnjevanje obrazca v poševnem zmanjšanem tekstu skupaj z morebitnimi posebnimi omejitvami, ki veljajo za posamezno informacijo. Temu sledi okence za vpis podatkov o projektu s strani prijavitelja.

Naslov projekta

Navedba naslova projekta, ki se mora razlikovati od obstoječih projektov.

Dovoljenih je največ 200 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

Izdelava topologije nizkonapetostnega omrežja iz podatkov pametnih števcov za lokalizacijo, detekcijo in obvladovanje faznih nesimetrij (EKVILIBRIJ)

Prijavitelj elektrooperater

Polno ime elektrooperaterja, ki prijavlja projekt za koriščenje RI.

Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

Elektro Gorenjska, podjetje za distribucijo električne energije, d.d.

Kontaktne podatke

Ime, priimek in obvezno naslov e-pošte za primarno kontaktno osebo, ki bo odgovorna za vso komunikacijo v zvezi s projektom.

Sodelujoči elektrooperaterji

Polna imena elektrooperaterjev, ki sodelujejo v projektu (brez prijavitelja).

/

Sodelujoči partnerji

Polna imena drugih partnerjev, ki sodelujejo v projektu (brez elektrooperaterjev).

- Zunanji izvajalec - izbran na razpisu

Vloge sodelujočih elektrooperaterjev in partnerjev

Oprelitev vlog posameznih partnerjev (prijavitelja, sodelujočih elektrooperaterjev in drugih partnerjev) pri izvajanju projekta.

Za opredelitev vloge posameznega partnerja je dovoljenih največ 500 znakov vključno s presledki.

- **Elektro Gorenjska** – odgovoren za zagotovitev topološkega modela pilotnega območja in podatkov iz pametnih števcov. Odgovoren za izbiro ustreznih zunanjih izvajalcev, vodja projekta in naročnik storitve. Tehnično gledano igra EG vlogo so-razvijanja metodologije pridobitve natančnega trifaznega modela nizkonapetostnega omrežja in ključno vlogo pri definiciji možnih pristopov k reševanju faznih nesimetrij. V zaključnem delu projekta, pa je vloga EG tudi evaluacija rezultatov in analiza finančnih in stroškovnih koristi, ki jih implementacija na pilotnem območju prinese.
- **Zunanji izvajalec** – dobavitelj tehnologije za pilotni projekt – Izvajalec s specifičnimi znanji na področju analize nizkonapetostnega omrežja in faznih nesimetrij. Izvajalec bo odgovoren za razvoj metodologije identifikacije fazne pripadnosti posameznih odjemalcev in natančnega

modela omrežja. Na podlagi izdelanega modela bo pomagal analizirati možne pristope k reševanju faznih nesimetrij.

Pričetek projekta

Datum predvidenega pričetka projekta, pri čemer je treba upoštevati, da ima agencija na voljo največ 60 dni, da pošlje prijavitelju informacijo o kvalifikaciji projekta za koriščenje RI.

01.10.2021

Zaključek projekta

Datum predvidenega zaključka projekta.

30.9.2022

Identifikacija drugih virov (so)financiranja projekta

Opis drugih morebitnih virov financiranja projekta – ne glede na vrste virov (zasebna, javna, nacionalna, mednarodna ...).

Lastni viri

Upravičenost projekta

Utemeljitev elektrooperaterjev, zakaj ne bodo izvajali predvidenega projekta v okviru svojega običajnega poslovanja in zakaj se projekta ne more izvesti brez koriščenja RI.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Vsebina projekta presega trenutno stanje tehnike in znanja na strani prijavitelja projekta. Projekt je raziskovalne in demonstracijske narave, kjer bo podjetje Elektro Gorenjska s pomočjo zunanjega strokovnega partnerja na realnih podatkih in na podlagi realnih okoliščin skušalo v prvi fazi raziskati možnosti in prednosti naprednega načina izdelave trifaznega topološkega modela omrežja izključno na podlagi podatkov iz pametnih števecov, brez uporabe podatkov iz geografskega informacijskega sistema za izboljššan vpogled v razmere v nizkonapetostnem omrežju. V drugi fazi pa bodo navedeni modeli uporabljeni za detekcijo in lokalizacijo faznih nesimetrij v nizkonapetostnem omrežju. Gre za odmik od ustaljenih praks in procesov v Elektro Gorenjska ter uvedbo inovativne metodologije k omenjeni problematiki, kar zahteva obsežnejše raziskovalne aktivnosti in stroške. Trenutno je v Elektro Gorenjska fazno pripadnost, ter pripadnost nizkonapetostnemu izvodu za bremena in proizvodne vire možno ugotavljati le s posebno namensko prenosno napravo, katere uporaba je časovno potratna in se uporablja le takrat, ko se v posameznem delu nizkonapetostnega omrežja že pojavijo preobremenitve ali težave s kvaliteto električne energije in posledično obstaja sum na nepravilno ali neoptimalno priključitev posameznih uporabnikov omrežja. Predlagana metodologija, ki je predstavljena v nadaljevanju tako omogoča bistveno bolj učinkovito zaznavo nepravilnosti v topološkem modelu omrežja in zaznavo faznih nesimetrij – potencialno v vseh nizkonapetostnih omrežjih Elektro Gorenjske.

Prav tako stopnja zrelosti tehnologije, konceptov in metodologije, ki se bodo demonstrirali v sklopu tega projekta trenutno dosega stopnjo TRL4, kar ne zadošča za obravnavo potrebnih investicij in angažmaja zaposlenih kot pri uvajanju tako imenovanih »business as usual« tehnologij.

Predlagan pristop k izdelavi trifaznega topološkega modela nizkonapetostnega omrežja in metodologija zaznave in lokalizacije faznih nesimetrij vsaka zase prinašata določene prednosti, npr. zaznavo topoloških napak v GIS sistemih ali povečana priključna zmogljivost omrežja. Oba koncepta sta v delovnem okolju še nepreverjena, zato bi s pomočjo izdelave trifaznega modela najprej izboljšali topološke podatke o nizkonapetostnem omrežju, ki bodo nato služili kot vhodni podatki za zaznavanje faznih nesimetrij in analizo možnih ukrepov za večjo priključno zmogljivost omrežja (t.i. »hosting capacity«) in lokalno izboljšanje kvalitete električne energije.

Utemeljitev izpolnjevanja zahtev¹

Kratka utemeljitev, da projekt izpolnjuje zahteve v nadaljevanju. Projekt mora izkazovati potencial za neposredni vpliv na omrežje ali sistemske storitve in mora vključevati raziskave in/ali demonstracijo najmanj ene od naslednjih štirih tematik: a) specifično novo opremo, ki še ni uveljavljena v Republiki Sloveniji (vključno z opremo za vodenje, komunikacijske sisteme in programsko opremo), ali kjer je določena metoda že bila preskušena zunaj Republike Slovenije, mora elektrooperater upravičiti ponovitev izvedbe v Republiki Sloveniji kot del projekta; b) specifično novo postavitev ali aplikacijo obstoječe opreme za prenos ali distribucijo električne energije (vključno z opremo za vodenje in/ali komunikacijskimi sistemi in/ali programsko opremo); c) specifično novo izvedbeno prakso, neposredno povezano z delovanjem prenosnega ali distribucijskega sistema ali d) specifično nov poslovni model v korist uporabnikov.

Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

Projekt naslavlja tako novo programsko opremo, ki še ni uveljavljena v Sloveniji, kot tudi novo izvedbeno prakso, neposredno povezano z delovanjem distribucijskega sistema in sicer na področjih, ki se ukvarjajo s tehnično dokumentacijo, načrtovanjem in obratovanjem nizkonapetostnega omrežja, potencialno pa tudi s področjem izdaje soglasij o priključevanju novih uporabnikov omrežja. Zaradi pomanjkanja spoznavnosti nizkonapetostnega omrežja in priklapljanja vedno večjih bremen in razpršenih virov energije prihaja do vedno večjih težav s kvaliteto električne energije. Eden od razlogov je tudi nepoznavanje fazne pripadnosti posameznih uporabnikov omrežja in faznih nesimetrij ki s tem nastajajo, saj se trenutno v transformatorskih postajah beleži le magnetno vrtilno polje, omrežje pa se smatra kot fazno uravnoteženo, čeprav so natančne obremenitve po fazah v resnici nepoznane.

Zaradi pogostih sprememb v nizkonapetostnem omrežju in možnosti napak pri ročnem vnosu podatkov v GIS, je smiselno izvajanje validacije topologije. Iz tega razloga se bo s pomočjo zunanjega partnerja razvila metodologija izdelave trifaznega modela nizkonapetostnega omrežja za izbrano demonstracijsko območje, izključno na podlagi podatkov iz pametnih števec. Slednja se bo avtomatsko in periodično izvajala na obstoječem modelu omrežja. Razvit model omrežja bo nato služil za izboljšanje topologije v trenutnem GIS sistemu in po

¹ zahteve podane v 1.1. pododdelku priloge 3 iz [1]

ustreznih ukrepov (npr. prevezava) povečanje vozliščne priključne zmogljivosti omrežja (NHC).

S pomočjo izboljšanega trifaznega modela nizkonapetostnega omrežja se bo nato natančneje določilo fazne nesimetrije na posameznih nizkonapetostnih odsekih omrežja in analiziralo, ter preizkusilo možnosti reševanja faznih nesimetrij npr. z napravo za fazno uravnovešanje ali časovno razporejanje bremen.

Skozi projekt se bo celostno raziskalo in postavilo temelje za zaznavo in lokalizacijo faznih nesimetrij in s tem povezanih primerov uporabe kot je povečanje priključne zmogljivosti omrežja ali izboljšanje napetostnih razmer (manjše število preobremenitev ali zmanjšanje volatilitnosti napetostnega profila). V Elektro Gorenjska je vzporedno s predlaganim projektom Ekvilibrij v teku projekt implementacije orodja za izračun NHC. Projekt Ekvilibrij je za implementacijo NHC orodja pomemben iz dveh vidikov in sicer 1) za optimalno delovanje NHC orodja je potrebno zagotoviti topološko čim bolj pravilne podatke o nizkonapetostnih omrežjih in 2) za pravilen izračun realne priključne zmogljivosti je pri izračunih potrebno upoštevati obremenitve omrežja po posameznih fazah. V primeru rezultatov, ki bistveno vplivajo na prej omenjene primere uporabe se bo razvito metodologijo uporabilo v načrtovanem orodju za NHC, kot vhodni parameter. V tem trenutku nam ni poznan noben primer projekta v slovenski elektroenergetiki, ki bi se na tak inovativen način ukvarjal tako s tematiko faznih nesimetrij in zaznavanja fazne pripadnosti odjemalcev, kot tudi s takšnim načinom topološke analize omrežja.

Utemeljitev izpolnjevanja pogojev²

Kratka utemeljitev, da projekt izpolnjuje tudi vse naslednje štiri pogoje: a) izkazuje potencial, da razvija znanje, ki ga lahko uporabi vsak elektrooperater, čeprav se projekt ukvarja zgolj s problematiko enega od delov omrežja; b) izkazuje potencial, da omogoča neto finančne koristi za aktivne odjemalce, kjer mora predlagana metoda dati rešitev z bistveno manj stroškov v primerjavi s trenutno najbolj učinkovito metodo, ki je v uporabi v prenosnem ali distribucijskem sistemu; c) je inovativen (tj. ni posel kot običajno) in izkazuje še nedokazan poslovni primer v Republiki Sloveniji, pri čemer tveganja upravičujejo izvedbo omejenega raziskovalnega ali demonstracijskega projekta za dokazovanje uporabnosti tega primera in d) ne vodi v nepotrebno podvajanje že izvedenih projektov in aktivnosti ali projektov in aktivnosti v izvajanju (bodisi kvalificiranih za koriščenje RI ali kakršnih koli drugih projektov).

Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

Namen projekta je najprej definirati, nato pa demonstrirati in oceniti metodo, ki lahko zgolj iz časovnih vrst meritev pametnih števec v celoti izdelava trifazni električni model distribucijskega omrežja na podlagi katerega povečamo spoznavnost in omogočimo boljše izkoriščenost obstoječega nizkonapetostnega omrežja. V nadaljevanju je namen projekta definirati načine detekcije in lokalizacije faznih nesimetrij, ter oblikovati predloge njihove odprave. Pravilno obremenjen trifazni model omrežja je poleg meritev ključna komponenta, da distribucijska podjetja na nizkonapetostnem omrežju sploh lahko izvajajo kvalitetne analize, saj se v distribucijskih podjetjih na nizkonapetostnem omrežju trenutno uporablja poenostavljen model, ki predpostavlja da faznih

² pogoji podani v 1.2. pododdelku priloge 3 iz [1]

nesimetriji ni. Kvalitetne analize, ki so ob čedalje večji prisotnosti razpršenih virov in večjih bremen, ter proliferaciji trga z energijo na distribucijskem nivoju čedalje pomembnejše, na trifaznem modelu povečujejo spoznavnost nizkonapetostnega omrežja, kar pa je bistvenega pomena za podporo procesom načrtovanja in obratovanja. Poleg primerov uporabe detekcije faznih nesimetriji in ustreznega ukrepanja, se lahko s tem pristopom izdelave trifaznega modela omrežja preverijo tudi nepravilnosti topologije zabeležene v obstoječih geografskih informacijskih sistemih (GIS), ki jih uporabljajo distribucijska podjetja v Sloveniji. Le to pa ponovno pripomore k izboljšani kvaliteti topoloških podatkov.

Predlagana metoda ni omejena na specifično energetska omrežje ali dodatno specializirano merilno opremo. Edini zahtevi metode sta, da omrežje obratuje v radialni topologiji, ter da so odjemalci, na delu kjer želimo uporabiti električni model omrežja, opremljeni s pametnimi števci z možnostjo daljinskega zajemanja podatkov. Napredni merilni sistem in pametni števci sami po sebi ne spadajo v obseg projekta. Predlagana metodologija, ki se bo raziskala in demonstrirala skozi projekt Ekvilibrij bo implementirana kot ločena funkcionalnost v obliki programske kode, ki jo je v nadaljnjem razvoju možno implementirati kot samostojno aplikacijo (»stand-alone«) ali kot funkcionalnost nekega bolj obsežnega orodja (npr. orodja za načrtovanja omrežij, ADMS ali podobno). Predlagana metodologija naslavlja področje pametnih omrežij saj predvideva uporabo obstoječih podatkov in iz njih izvleče dodano vrednost za elektrodistribucijskega operaterja v smislu boljše spoznavnosti nizkonapetostnih omrežij in možnost izvedbe ukrepov (npr. prevezave uporabnikov omrežja, implementacija napetostnih stabilizatorjev, ipd.), s katerimi obstoječo infrastrukturo lahko bolje izkoristimo, ter odložimo ali preprečimo investicije v ojačitve omrežja.

Največ koristi izhaja iz preložitve oz. izogibu dodatnih investicij v omrežje zaradi izboljšanih razmer, kar posledično vpliva na posredne finančne koristi odjemalcev. Obenem pa je odjemalcem zaradi povečane možnosti vključevanja novih porabnikov in proizvodnih virov na račun izboljšane priključne zmogljivosti omrežja, kot posledica bolj uravnoteženih faz, omogočena priključitev novih elementov v omrežje (hranilniki, sončne elektrarne, toplotne črpalke,...) in s tem tudi potencialna možnost za sodelovanje na trgu fleksibilnosti. Zaradi bolj enakomerno obremenjenih faz se stabilnost in priključna zmogljivost omrežja povečata. S pridobitvijo topološkega modela pa bomo pridobili boljši vpogled v razmere v nizkonapetostnem omrežju, brez katerih bi lahko imeli rezultati analiz, zaradi neodpravljenih napak v topologiji, direktne posledice na omrežju.

Rekonstrukcija topologije zgolj iz meritev pametnih števcov je tehnično zelo zahteven problem in zanj trenutno na svetu še ni tržnega produkta, ki bi ga učinkovito uspel razrešiti. Fazna simetričnost izboljša kvaliteto električne energije, zmanjša volatiliteto napetosti in v nekaterih primerih tudi zviša zmogljivost obstoječega omrežja. Projekt tako predstavlja potencial za znatno poenostavitev procesov na področju tehnične dokumentacije (ki se ukvarja z

sistemom GIS), ter s tem zmanjšanje stroškov pridobitve točnega trifaznega modela.

Utemeljitev načina in pogojev za deljenje podatkov³

Kratka utemeljitev, na kakšen način in pod kakšnimi pogoji lahko zainteresirani akterji zahtevajo ustrezno obdelane podatke o omrežju in/ali podatke o proizvodnji/porabi (če gre za osebne podatke, je treba podatke anonimizirati), ki so bili zbrani med trajanjem projekta. Elektrooperaterji zagotavljajo razpoložljive podatke drugim deležnikom izključno pod pogojem, da posamezni deležnik dokaže, da imajo končni odjemalci lahko od tega koristi. Podatki so sicer lahko predhodno anonimizirani in/ali podvrženi redakciji zaradi občutljivosti samih podatkov ali iz poslovnih razlogov. Elektrooperater mora agregirane podatke, ki so lahko koristni za širšo skupino deležnikov, opredeliti kot odprte podatke in zainteresiranim omogočiti dostop do le-teh prek portala »Odprti podatki Slovenije« - OPSI. Projekt ne bo kvalificiran ali bo izločen iz upravičenja koriščenja RI, če elektrooperater ne želi deliti podatkov, ki so bili zbrani med trajanjem projekta, z drugimi deležniki.

Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

Vsem zainteresiranim deležnikom bodo na voljo vsi podatki, ki bodo zbrani, obdelani in uporabljeni tekom projekta tako v njihovi surovi obliki, kot v obliki izsledkov projekta in nadaljnjih predstavitev in člankov, upoštevajoč zakonske predpise na tem področju (npr. anonimizacija osebnih podatkov, ipd.).

Podatki, ki bodo potrebni za izvajanje projekta, bodo pridobljeni interno v podatkovnih bazah EG. Osebni podatki odjemalcev, tj. poraba električne energije, profili napetosti in toka, bodo zunanemu izvajalcu posredovani tako, da identitete odjemalcev ne bo mogoče določiti; ID merilnega mesta bo nadomeščen z naključno šifro, uparjalna tabela, pa bo hranjena interno in bo služila za preverjanje rezultatov in morebitne popravke v načrtu omrežja in ukrepanju ob nesimetrijah.

Izsledki projekta bodo javno objavljeni preko različnih desiminacijskih aktivnosti, nabori podatkov pa bodo zainteresiranim akterjem na voljo na zahtevo pod pogojem, da dokažejo, da imajo končni odjemalci lahko od tega korist.

Utemeljitev ureditve pravic intelektualne lastnine⁴

Kratka utemeljitev ureditve pravic intelektualne lastnine (IL). Ker bodo v okviru kvalificiranih projektov za koriščenje RI lahko ustvarjene določene pravice IL za elektrooperaterja oziroma projektne partnerje, je elektrooperater odgovoren za to, da vstopi v pogodbeno razmerja s projektnimi partnerji s ciljem urediti pravice IL. Pogodbeno razmerja morajo zagotavljati: a) prenos in razširjanje znanja (temeljno načelo koriščenja RI), ki je generirano z RI podprtim projektom in b) zaščito končnih odjemalcev, da ne plačujejo preveč za izdelke ali pristope, katerih raziskave so že predhodno podprli s sredstvi za RI.

Če elektrooperater tega ne zagotavlja, potem mora: i) demonstrirati, kako se bo znanje iz projekta, ki je kvalificiran za koriščenje RI, uspešno prenašalo na druge elektrooperaterje in druge zainteresirane akterje; ii) upoštevati morebitne omejitve ali stroške, ki so nastali ali so posledica uvedenih ureditev pravic IL; iii) upravičiti, da je predvidena ureditev pravic IL z vidika aktivnega odjemalca stroškovno učinkovita.

Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

³ skladno s 1.3. pododdelkom priloge 3 iz [1]

⁴ skladno s 1.4. pododdelkom priloge 3 iz [1]

Splošna strategija intelektualnih pravic na projektu je zasnovana tako, da partnerji v čim večji meri prispevajo svoje znanje k izvedbi projekta in hkrati ohranijo svoje intelektualne pravice.

Partnerji v osnovi sami razpolagajo z individualnim znanjem, ki ni predmet skupnega rezultata. Ko gre za skupne rezultate, imajo partnerji dolžnost, da v primeru kasnejše eksploatacije o tem obvestijo druge partnerje, ki so udeleženi na tem skupnem rezultatu in se z njimi dogovorijo o trženju.

Projekt sledi vzpostavljenim smernicam, ki jih podaja Agencija za energijo, kot tudi smernicam in praksam, ki jih podajajo drugi programi za raziskave in inovacije, kot je na primer Obzorje 2020. S tem je v projektu sprejeto načelo odprtega dostopa do rezultatov.

Opis problema

Opis problema ali problemov, s katerimi se bodo spoprijeli elektrooperaterji in partnerji v predlaganem projektu.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Trenutno se pojavlja vedno več težav z zagotavljanjem kvalitetne oskrbe z električno energijo v nizkonapetostnih omrežjih, vpogled v stanje veličin v realnem času pa zaradi pomanjkanja orodij za pomoč pri analizi faznih nesimetrij ni mogoč. V trenutni paradigmi obratovanja se namreč zanašamo na to, da je omrežje do neke mere predimenzionirano in ga tako ni potrebno v celoti poznati. Ob močnem povečanju bremen in generatorjev bi bilo potrebno za ohranitev te paradigme obratovanja močno ojačati omrežje, kar lahko predstavlja visoke investicijske stroške. Alternativna možnost je vpeljava naprednih tehnologij in mehanizmov, ki bodo omogočale čim boljše izkoriščenost trenutnega nizkonapetostnega omrežja in to v prvi vrsti zahteva njegovo spoznavnost.

Razloga za trenutno pomanjkanje spoznavnosti sta, na eni strani, še nepopolna pokritost odjemnih mest z napredno merilno infrastrukturo, t.j. pametnimi števci, ki se sicer pospešeno nameščajo v omrežje, ter na drugi strani netočni ter mestoma neobstoječi podatki o električnem modelu omrežja. Kot električni model omrežja v pričujočem dokumentu smatramo podatke o **fazni pripadnosti bremen, kablov in vodov, podatke o impedancah kablov in vodov, ter podatke o električni povezljivosti omrežja.**

Zaradi grajena omrežja skozi čas in potencialno neevidentiranih sprememb v podatkovni bazi, prihaja do razhajanj med podatki o omrežju, ki jih ima operater in dejanskim stanjem na terenu. Nekaterih parametrov o omrežju pa distribucijska podjetja do sedaj niso beležila. Konkretno – za izračune pretokov moči in umeščanja novih virov v omrežje se tipično uporablja enopolni model omrežja, ki predpostavlja fazno simetrijo, ki pa ob vedno večji vključenosti različnih aktivnih elementov v nizkonapetostnem omrežju ne bo zadovoljiv, saj je omrežje zaradi množice različnih elementov vedno do neke mere nesimetrično obremenjeno. Tako bo v nadaljevanju za učinkovito spremljanje obratovanja in

dobro podporo načrtovanju potrebno zagotoviti natančen trifazni model nizkonapetostnega omrežja.

Zaznavanje, lokalizacija in ustrezna odprava faznih nesimetrij je ključnega pomena za natančno upravljanje z nizkonapetostnim omrežjem. Z razvojem metodologije načina izdelave trofaznega modela omrežja za zaznavanje faznih nesimetrij in zagotovitev optimalnega ukrepanja ob različnih situacijah, ki se zaradi nesimetrij pojavijo, lahko ključno vplivamo na lokalno kvaliteto napetostnih razmer in povečamo zmogljivosti obstoječega omrežja brez dodatnih investicij.

Opis metode

Opis metode ali metod, ki so predvidene za razrešitev ali raziskavo problema. Vrsta metode naj bo identificirana kot npr. tehnična ali komercialna. Zaradi zahtev² morajo elektrooperaterji predstaviti: a) Oceno prihrankov ob rešitvi problema, ki se obravnava v projektu; b) Izračun finančnih koristi projekta; c) Oceno prenosljivosti metode npr.: po celotnem elektroenergetskem sistemu, po njegovem odstotku ali po določenih delih, kjer bi se metodo lahko uporabilo in implementiralo; d) Oceno stroškov za implementacijo metode v celotni elektroenergetski sistem.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

Predlagana metoda pridobitve trifaznega modela temelji na strojnem učenju na drevesih (grafih) na katere se lahko sklepa iz časovnih vrst meritev pametnih števecov. Implementacija metode na omrežju zahteva polno pokritost odjemnih mest z ustrezno parametriranimi pametnimi števci. Pametni števci morajo biti parametrirani tako, da se poleg profila obračunskih podatkov doda še profil meritev trenutnih vrednosti napetosti in toka. Poleg standardnih veličin, ki jih distribucijska podjetja za potrebe obračuna daljinsko razbirajo iz pametnih števecov pa metoda uporablja tudi meritev toka, napetosti in faktorja moči v manjših frekvenčnih korakih (kar se bo po potrebi tekom projekta tudi izvedlo in analiziralo).

Nato s pomočjo posebne in ločene programske kode, ki predstavlja obseg projekta Ekvilibrij z uporabo metod stojnega učenja zaznavamo posebne vzorce v obravnavanih profilih toka, napetosti in faktorjev moči, ter jih na podlagi zaznanih posebnosti razvrščamo v skupine s skupnimi lastnostmi. S takšnim pristopom lahko razvijemo trifazni električni model nizkonapetostnega omrežja, kot je opredeljeno v naslednjem odstavku. Projekt predvideva iterativen pristop k razvoju metodologije na način, da se pridobljeni rezultati preverijo z namensko napravo neposredno na terenu, zaznajo odstopanja od pravilnega stanja, ter spremembe vnese kot vhodni parameter v ponovni izračun, s čimer se postopoma izgradi model strojnega učenja, ki bo dosegel zanesljivost več kot 96%. Meritve o tokovih, napetostih in faktorjih moči se po trenutnem tolmačenju pristojnih organov ne smatrajo kot osebni podatek in posledično ne predstavlja ovir pri njihovi nadaljnji obdelavi. Kot osebni podatek se smatra 15 minutni profil porabe električne energije, v kombinaciji z šifro merilnega mesta. Kljub temu se bodo vsi podatki (profil porabe energije, tokov, napetosti in faktorjev moči) pričetkom izvedbe aktivnosti ustrezno anonimizirali, tako da se bodo generirale nove naključne šifre merilnih mest. Uparjalna tabela, je ločena interno v EG v

drugi organizacijski enoti in bo služila le za preverjanje rezultatov in morebitne popravke v načrtu omrežja in ukrepanju ob nesimetrijah. Metodologija se sicer razvija v namen izboljšanja kvalitete električne energije končnim uporabnikom.

Razvit trifazni električni model nizkonapetostnega omrežja bo služil glavnim štirim lastnostim:

- Identifikacija (detekcija) faz(e) za posamezno merilno mesto
- pripadnost merilnega mesta na transformator,
- pripadnost merilnega mesta na izvod,
- pripadnost merilnega mesta na priključno omarico

Vsaka od teh štirih lastnosti pripomore k validaciji topoloških lastnosti obstoječih GIS sistemov.

Validacija topoloških podatkov in ustrezni ukrepi so ključni za kvalitetno načrtovanje razširitev, ojačitev in sprememb omrežja. Ocena prihrankov se tako kaže v možnosti odložitve investicij (boljši izkoriščenosti trenutnega omrežja), možnosti hitrejšega priklopljanja novih obnovljivih virov in večjih bremen (polnilnice električnih vozil), ter povečani zanesljivosti obratovanja zaradi zmanjšanja pre- in pod-napetostnih dogodkov.

Spoznavnost omrežja v nadaljevanju omogoča zaznavo, lokalizacijo in odpravo faznih nesimetrij, ki so v nizkonapetostnem delu omrežja vedno bolj pogoste, kar je ključnega pomena za izrabo podatkov iz pametnih števecv in prinaša tako posredne, kot tudi neposredne prednosti za odjemalce v obliki možnosti prikločitve ali v obliki manjšega posega v njihov vsakdan (v smislu potreb po ojačitvi omrežja).

Ker nobena od metod ne zahteva inštalacije dodatne merilne opreme je visoko skalabilna in se enostavno prenese na kateri koli del omrežja, kjer so odjemalci opremljeni s pametnimi števci. Za implementacijo je potrebno izvesti parametrizacijo števecv, ter nato zbrati dovolj dolgo časovno vrsto meritev, da matematični algoritmi razviti na projektu lahko konvergirajo k rešitvi.

Tekom projekta bo na podlagi NHC metode iz [2] demonstriran tudi izračun NHC z upoštevanjem faznih nesimetrij v planiranem orodju za izračun NHC. Trenutno predvideno metodologijo je možno enostavno prilagoditi tako, da pri izračunu pretokov moči upošteva nesimetrični trifazni model omrežja.

Konceptualno bi bilo smiselno metodologijo ob nadaljnjem razvoju do primernih TRL nivojev smiselno vključiti v napredne sisteme za upravljanje distribucijskega sistema (ADMS sisteme). V Elektro Gorenjska sicer v času izvajanja predlaganega projekta, nimamo zagotovljenih ustreznih predpogojev za demonstracijo takšnega koncepta, saj obstoječi DMS sistem ne podpira naprednih analitičnih funkcionalnosti na nivoju nizkonapetostnih omrežij. Vsekakor pa napredne analitične funkcionalnosti za potrebe vodenja in upravljanja nizkonapetostnih omrežij načrtujemo v prihodnje, kjer je 1) ugotavljanje in odprava topoloških napak v NNO pomembna za pravilno

delovanje sodobnih analitičnih funkcionalnosti in 2) poznavanje faznih nesimetrij in njihova odprava pomembna tako za optimalno izrabo storitev fleksibilnosti iz virov fleksibilnosti priključenih na nizkonapetostno omrežje, kot za maksimalno izkoriščenost obstoječe infrastrukture. Pri tem je metodologija, ki se bo razvila skozi ta projekt uporabljena kot ena izmed funkcionalnosti samega ADMS sistema, ali pa se uporabi kot samostojna (»stand-alone«) rešitev, ki izračunom v ADMS postavi dodatne robne pogoje.

Stroški implementacije v celotni elektroenergetski sistem bi obsegali predvsem povečanje kapacitet za zbiranje in shranjevanje podatkov. Ker bo metodologija zastavljena neodvisno od zunanjih vplivov, bi lahko delo opravljeno na pilotnem projektu prenašali po posameznih transformatorskih postajah glede na potrebe. Ta pristop bi sicer vzel nekoliko več časa, vendar bi se ga lahko izvedlo z manj stroški.

Namen in cilji

Jasna definicija namena in ciljev projekta, vključno s koristmi (npr. finančne, okoljske ...), ki so neposredno povezane s prenosnim ali distribucijskim sistemom.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.

Projekt bo potekal po korakih.

1. Izbira primerne območja, priprava podatkov in dogovor o ustreznem predprocesiranju.
2. Identifikacija in estimacija faznih pripadnosti in topološke povezljivosti omrežja.
3. Evaluacija natančnosti izdelanega modela.
4. Analiza težav v omrežju zaradi faznih nesimetrij.
5. Razvoj metodologije reševanja posameznih tipov težav.
6. Finančna primerjava klasičnega pristopa s pomočjo ojačitve omrežja in razvite metodologije.
7. Implementacija metodologije.
8. Evaluacija razmer v omrežju pred in po implementirani metodologiji.

Časovna izvedba projekta je predstavljena na spodnji fotografiji.

Časovnica projekta EKVLIBRIJ	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep
Izbira primernega območja, priprava podatkov in dogovor o ustreznem predprocesiranju												
Identifikacija in estimacija faznih pripadnosti in topološke povezljivosti omrežja												
Evaluacija natančnosti izdelanega omrežja												
Analiza težav v omrežju zaradi faznih nesimetrij												
Razvoj metodologije reševanja posameznih tipov težav												
Finančna primerjava klasičnega pristopa s pomočjo ojačitve omrežja in razvite metodologije												
Implementacija metodologije												
Evaluacija razmer v omrežju pred in po implementirani metodologiji												

Cilji projekta se nanašajo na zaključne ugotovitve korakov 2-7.

- Natančnost izdelanega trifaznega modela bo višja od 95%.
- Identificirana bosta vsaj 2 tipa faznih nesimetrij (ločeni glede na tip povzročitve).

- Finančna primerjava bo pokazala odločilne razlike med klasičnim in alternativnim pristopom.
- Evaluacija razmer pred in po implementaciji nove metodologije bo:
 - pokazala zmanjšano količino odstopanj faznih nesimetrij od idealnega delovanja,
 - povečala priključno zmogljivost nizkonapetostnega omrežja (povečala »hosting capacity«)

Za evaluacijo uspešnosti izdelave trifaznega modela bomo izvedli sledeče korake:

- Rezultate o identificirani fazni pripadnosti bomo ocenili s pomočjo specializirane prenosne merilne opreme s katero bomo na terenu izmerili dejansko fazno pripadnost pri odjemalcih.
- Rezultate o impedancah kablov in vodov bomo ocenili z izračunom znanih dolžin kablov ter nameščenih tipov kablov. Potencialno neznane impedance pa bomo pomerili s pomočjo specializirane prenosne merilne opreme.
- Rezultate o povezljivosti omrežja bomo ocenili s pomočjo točnega pregleda omrežja na terenu.

Za evaluacijo uspešnosti možnih ukrepov bo za vsak ukrep analizirano omrežje pred in po izvedbi ukrepa, kjer se bodo ocenjevale razmere v omrežju in zmogljivost omrežja.

Uspešna evaluacija metode bi v prvi fazi pomenila boljši vpogled v nizkonapetostno omrežje iz razloga bolj točnega modela omrežja in pripadnosti merilnih mest na posamezne elemente. Popravljenе fazne nesimetrije in tehnične težave s tem povezane, ki jih identificiramo v drugem delu projekta pa se po potrebi uporabi v drugih sistemih kot je na primer GIS.

Kriterij uspešnosti

Opis načina, kako bo prijavitelj ocenjeval uspešnost projekta.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

Projekt bo uspešno izveden, če se bo v fazi ocenjevanja pokazalo, da smo zadostili vsem zahtevanim KPI kriterijem:

- Efektivna topološka identifikacija napajalne pripadnosti glede na transformatorsko postajo (več kot 96% pravilno identificiranih pametnih števcев)
- Efektivna topološka identifikacija napajalne pripadnosti glede na napajalni nisko napetostni izvod (več kot 96% pravilno identificiranih pametnih števcев)
- Na podlagi rezultatov topološke povezljivosti identificirati vsaj štiri različne lokacije (20% vseh TP) na katerih je bila zaznana vsaj ena topološka napaka.

- Prepoznavna relativne napajalne fazne pripadnosti odjemalcev glede na transformatorsko postajo (več kot 96% pravilno identificiranih faz)
- Za 95% transformatorskih postaj izračunati nesimetričnost obremenitve in možnost povečanja priključne kapacitete obstoječega omrežja ob pravilni povezavi novih uporabnikov.

Kot rezultat zaznave in odprave faznih nesimetrij v omrežju se zmogljivost nizkonapetostnega omrežja poveča za 15%.

Ekonomska uspešnost projekta se bo ocenjevala na podlagi CBA analize katere rezultat bodo priporočila za nadaljnjo implementacijo rešitve na druge segmente omrežja.

Potencial za učenje in prenos znanja

Opis pričakovanega novega znanja za elektrooperaterje in druge partnerje ter opis načina razširjanja tega znanja.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Elektro Gorenjska bo v tem projektu pridobila dodatna znanja in izkušnje iz področja identifikacije in validacije topološkega modela nizkonapetostnega omrežja in tehničnih lastnosti faznih nesimetrij. Dodatne tehnologije, ki se bodo v projektu uporabile za verifikacijo (fazni identifikatorji, meritev impedanc) bodo prav tako predstavljala uporabna znanja za distribucijsko podjetje.

Prav tako bo podjetje pridobilo izkušnje iz zajemanja merilnih podatkov pametnih števecov na krajšem časovnem intervalu, možnosti sinhronizacije meritev, ter komunikacijskih omejitvah PLC tehnologije (vplivi motenj na sinhronizacijo, ter izpad meritev) pri večjem podatkovnem prometu (metoda namreč zahteva fazne vrednosti meritev toka, napetosti in faktorja moči v manjših frekvenčnih korakih – kar poveča število podatkov, ki jih je potrebno prenašati).

Implementacija in rezultati projekta bodo uporabni za vse deležnike v elektroenergetskem sistemu, še zlasti pa za preostala elektrodistribucijska podjetja. Rezultati projekta bodo na voljo vsem zainteresiranim deležnikom, prav tako se bo diseminacija rezultatov izvajala na številnih nacionalnih in mednarodnih konferencah in dogodkih, kot so npr. CIGRE-CIRED, PIES in drugi.

V zaključnem obdobju projekta se bo naredila tudi analiza posplošitve razvite metodologije na celotno območje Elektro Gorenjska.

Obseg projekta

Opredelitev obsega projekta – vključno z investicijami v primerjavi s potencialnimi koristmi. Treba je opredeliti razloge, zakaj bi bilo manj potenciala za učenje in prenos znanja, če bi bil projekt izveden v manjšem obsegu.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Projekt bo obsegal 20 transformatorskih postaj za topološko analizo, medtem ko bo fazno uravnovešanje zaradi svoje kompleksnosti obsegalo eno transformatorsko postajo. Obsega vsak zase predstavljata dovoljšno velikost za

validacijo vsake od metod, ter sta hkrati obvladljiva iz stališča evaluacije rezultatov.

Izvedba projekta v manjšem obsegu ne bi bila smiselna, saj bi se s tem približali že skali na kateri je bilo izvedeno uspešno laboratorijsko testiranje. Hkrati na tej stopnji ne bi bil smiseln projekt v večjem obsegu, saj bi predstavljal težavo v smislu evaluacije rezultatov.

Opredelitev TRL ob pričetku⁵

Okvirna vsebinska opredelitev in utemeljitev stopnje zrelosti tehnologije (TRL) ob pričetku projekta v skladu s tabelo v prilogi.

Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Opisana tehnologija je bila že uspešno testirana na, v ta namen, izgrajenem laboratorijskem poligonu, z realno merilno opremo (gospodinjski pametni števeci) in realnimi napetostnimi in tokovnimi razmerami. To po podani prilogi, ki opisuje TRL nivoje, tehnologijo pred projektom postavlja na stopnjo 4.

Opredelitev TRL ob zaključku⁵

Okvirna vsebinska opredelitev in utemeljitev stopnje zrelosti tehnologije (TRL) ob zaključku projekta v skladu s tabelo v prilogi.

Dovoljenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Vsi aspekti tehnologije bodo v okviru projekta testirani v realnem okolju. Dodatno bo vključeno testiranje uspešnosti zajema meritev, ter njihove sinhronizacije, kar sta ključna aspekta za uspešno delovanje metode. Ocenjujemo, da bo ob uspešnem zaključku projekta stopnja tehnologije postavljena na nivo 6.

Ker bo predvidena stopnja zrelosti tehnologije ob zaključku projekta dosegla nivo 6, neposredna vključitev v poslovne procese Elektro Gorenjske še ni predvidena. Kot že omenjeno, bo rezultat projekta metodologija v obliki programske kode, ki jo bo v nadaljnjem razvoju potrebno bolj tesno vpeti v obstoječe redne delovne procese. Trenutno je identificiranih več možnosti, v katere delovne procese bi se predlagana metodologija lahko vključila in sicer:

- 1) V proces vnosa omrežja v GIS kot del procesov v operativi za tehnično dokumentacijo – v tem procesu bi se ob vnosu omrežja preverjala topološka pravilnost vnesenih podatkov, kakor tudi izvedba rednih cikličnih kontrol že vnesenega omrežja. Sčasoma bi se neposredno v GIS lahko evidentiral tudi trifazni model omrežja in potencialne fazne nesimetrije.
- 2) V proces načrtovanja omrežja, kjer bi bila predlagana metodologija vključena kot funkcionalnost orodja za načrtovanje omrežja. Sodobna orodja za načrtovanje omrežij že vključujejo funkcionalnosti za izračune v nesimetričnih trifaznih modelih omrežja (npr. neuravnoteženi pretoki moči, ang. »Unbalanced Power Flow«), kjer bi rezultati metode Ekvilibrij služili kot vhodni podatki za takšne izračune.

⁵ skladno z II. poglavjem priloge 3 iz [1]

- 3) V proces obratovanja omrežja, kjer bi bila predlagana metodologija vključena kot funkcionalnost ADMS orodja, kakor je že opisano v poglavju Opis metode. Pogoji za takšen pristop je, da ADMS orodja omogočajo takšne razširitve (običajno so to precej togi in zaprti sistemi), ter da ADMS pokriva tudi natančne topološke modele nizkonapetostnih omrežij in izračune nad njimi.
- 4) V proces izdaje soglasij kot del operative za izdajo soglasij in operative za razvoj omrežja, kjer bi bila predlagana metodologija vključena kot funkcionalnost orodja za izračun vozliščne priključne zmogljivosti omrežja (NHC). Kot že omenjeno mora orodje za izračun NHC delovati nad topološko pravilno zgrajenimi nizkonapetostnimi modeli omrežja, pri svojem delovanju pa se zanašajo tudi na neuravnotežene pretoke moči za bolj realen izračun NHC.

Tekom projekta se bodo analizirale vse štiri navedene možnosti, ter predlagale usmeritve za vključitev metodologije Ekvilibrij v eno izmed njih.

Geografsko področje

Podrobnosti o lokaciji izvedbe projekta. Če gre za partnerski projekt, je treba opredeliti izvedbena področja elektrooperaterja.

Dovoljenih je največ 2000 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

Geografsko področje bo zajemalo 20 transformatorskih postaj za analizo izdelave trifaznega modela nizkonapetostnega omrežja in 1 postajo za analizo možnih rešitev ob prisotnosti faznih nesimetrij. Zaradi širokega obsega projekta bo točno območje izbrano v prvem koraku projekta. Izbira pilotnega območja bo potekala na podlagi naslednjih parametrov:

- pokritost območja s pametnimi števci,
- transformatorske postaje (TP), za katere bi bili rezultati in rešitve razvite na projektu najbolj učinkovite,
- zmožnost reparametrizacije števecov za pošiljanje večjega števila uporabnih podatkov v krajšem časovnem intervalu,
- Opremljenost TP s pametnimi merilnimi centri.

Ocenjena vrednost projekta

Ocena vseh stroškov, ki bodo nastali z izvedbo projekta in so predmet upravičenja RI.

Dovoljenih je največ 500 znakov vključno s presledki.

Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

Ocena vseh stroškov, ki bodo nastali tekom projekta:

120.000,00€ (celoten projekt):

- cca. 80.000,00€ zunanje storitve
- cca. 40.000,00€ lastni stroški dela

Reference:

- [1] Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira in metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje, Uradni list RS, 46/18, 47/18 - popr., 86/18, 76/19, 78/19 - popr.
- [2] Metodologija in primer izračuna KPI povečanje deleža razpršenih virov v omrežju, EIMV, 2017, dostopno na: <https://www.agencija.si/documents/10926/37376/Metodologija-in-primer-izra%C4%8Duna-KPI-Pove%C4%8Danje-dele%C5%BEa-razpr%C5%A1enih-virov-v-omre%C5%BEju/e1b42ed6-3947-4cbe-b783-1bdd5e6a7fcd>

PRILOGA:

Tabela: Stopnje zrelosti tehnologije skladno z RI

TRL	Status tehnologije	Opis
1*	Opazovanje osnovnih principov	Pričetek znanstvenega raziskovanja kot osnova za prehod na aplikativne raziskave.
2*	Formuliran tehnološki koncept oziroma aplikacija	Praktične aplikacije temeljnih principov se lahko identificirajo. Konkretna aplikacija še ni jasna, saj ni eksperimentalne potrditve ali podrobne analize, ki bi to podprla.
3	Analitična in eksperimentalna potrditev koncepta za kritične funkcije in/ali karakteristike	Raziskovanje z izvajanjem analitičnih študij, ki postavljajo tehnologijo v primeren kontekst in izvajanjem laboratorijskega dela za fizično potrditev, da so analitične napovedi pravilne. Navedeno predstavlja potrditev koncepta (angl. Proof of concept).
4	Validacija tehnologije oz. njenega dela v laboratorijskem okolju	Po zaključku dela na potrditvi koncepta na stopnji TRL 3 se osnovni elementi tehnologije integrirajo zato, da se ugotovi, ali posamezni deli delujejo skupaj z namenom doseganja ustreznih rezultatov/dosežkov, ki omogočajo predviden koncept. Validacija tehnologije se izvaja v precej manjšem obsegu/velikosti v primerjavi s predvidenim in se sestoji iz priložnostno dosegljivih ločenih komponent v laboratoriju.
5	Validacija tehnologije oz. njenega dela v delovnem okolju	Na tej stopnji se mora zanesljivost in obseg/velikost testiranih komponent bistveno povečati. Osnovni tehnološki elementi se morajo integrirati z dokaj realističnimi podpornimi elementi, zato da se lahko skupaj testirajo v »simuliranem« ali dokaj realnem okolju (kar je praviloma delovno okolje za energetske tehnologije).
6	Demonstracija tehnološkega modela ali prototipa v delovnem okolju	Večji preskok v zanesljivosti in obsegu/velikosti demonstracije tehnologije sledi ob zaključku TRL 5. Na nivoju TRL 6 se testira prototip v delovnem okolju, ki je sestavljen iz komponent, ki gredo bistveno preko priložnostno dosegljivih ločenih komponent.
7	Demonstracija tehnologije v polnem obsegu/velikosti v delovnem oziroma operativnem okolju	TRL 7 predstavlja bistven preskok preko TRL 6, saj zahteva demonstracijo dejanskega prototipa sistema v delovnem oziroma operativnem okolju. Prototip mora biti blizu ali v obsegu/velikosti predvidenega ciljnega sistema in demonstracija se mora izvajati v delovnem oziroma operativnem okolju.
8	Tehnologija je zaključena in pripravljena za uvajanje skozi testiranje in demonstracijo	V večini primerov predstavlja TRL 8 končno stopnjo eksperimentalnega razvoja sistema za tehnološke elemente. To lahko vključuje integracijo nove tehnologije v obstoječi sistem. Predstavlja stopnjo, na kateri se primer tehnologije testira.
9*	Tehnologija je uvedena	V večini primerov predstavlja TRL 9 zaključek zadnjih vidikov »razhroščevanja« in predstavlja točko, na kateri se tehnologija dokaže, vendar morebiti še ni komercialno vzdržna na prostem ali podprtem trgu. To lahko vključuje integracijo nove tehnologije v obstoječi sistem. Ta TRL ne vključuje načrtovanih izboljšav izdelkov v stalnih ali ponovno uporabljivih sistemih.

Legenda: * - stroški niso upravičeni v okviru RI