

Raziskave in inovacije

Regulativno obdobje 2023 in 2024-2028

Vloga za kvalifikacijo projekta

(razširjena prijava projekta)

Akronim ali polni naziv projekta:	Razvoj metode za kratkoročno napovedovanje napetosti na merilnih mestih
Povzetek projekta:	Projekt ForVolt se osredotoča na razvoj naprednih metodologij za napovedovanje napetosti v nizkonapetostnem distribucijskem omrežju. Cilj projekta je omogočiti natančno oceno napetostnih razmer v omrežju ter optimizirati izrabo prožnosti uporabnikov za stabilizacijo omrežja v kritičnih trenutkih. S pomočjo naprednih algoritmov strojnega učenja, ki temeljijo na meritvah napetosti, bo projekt omogočil boljše napovedovanje napetosti za časovna obdobja 1-2 dni in 1-2 ur vnaprej. Rezultati projekta bodo prispevali k boljšemu obvladovanju napetostnih razmer v omrežju ter ustvarili nove priložnosti za uporabnike in elektrooperaterje.

Ta dokument služi kot samostojna predloga oz. obrazec za razširjeno prijavo projekta, ki ga želi elektrooperater vključiti v shemo upravičenja stroškov raziskav in inovacij (v nadaljevanju: RI) skladno veljavnemu aktu za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje.

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

Agencija si pridržuje pravico zahtevati dodatne dopolnitve prijave oziroma zahtevati dodatna pojasnila v kolikor se za to pokaže potreba. Morebitne dopolnitve vloge morajo biti posredovane prav tako v dokumentu DOCX in z vključenim načinom sledenja sprememb.

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 ali tabela za vpis prijaviteljevih vsebin o projektu.

1 OSNOVNE INFORMACIJE O PROJEKTU

1.1 Akronim projekta

Navedba akronima projekta (če obstaja), ki omogoča jasno razlikovanje od drugih projektov. Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

ForVolt

1.2 Naslov projekta

Navedba polnega naziva projekta, ki se mora razlikovati od obstoječih projektov. Priporočenih je največ 250 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

Razvoj metode za kratkoročno napovedovanje napetosti na merilnih mestih.

1.3 Začetek projekta

Datum predvidenega začetka projekta, pri čemer je treba upoštevati tudi čas, potreben za kvalifikacijo projekta za koriščenje RI. Projekt mora biti prijavljen pred začetkom izvajanja projekta.

1.7.2023

1.4 Zaključek projekta

Datum predvidenega zaključka projekta.

30.6.2024

1.5 Kontaktni podatki

Ime, priimek, telefonska številka in naslov e-pošte za primarno kontaktno osebo, ki je odgovorna za vso komunikacijo v zvezi s projektom. Kontaktni podatki bodo odstranjeni pred objavo vloge na spletni strani agencije.

Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.

1.6 Prijavitelj elektrooperater

Polno ime elektrooperaterja, ki prijavlja projekt za koriščenje RI. Podatka ni dovoljeno posodablјati med izvajanjem projekta.

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

1.7 Sodelujoči elektrooperaterji

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

/

1.8 Sodelujoči partnerji

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

- Zunanji izvajalec – izbran na razpisu

1.9 Vloge posameznih partnerjev

Vsebinska opredelitev vlog posameznih partnerjev (prijavitelja, sodelujočih elektrooperaterjev in drugih partnerjev) pri izvajanju projekta. Vloge posameznih partnerjev naj bodo podrobneje opisane glede na vsebinski kontekst celotnega projekta (ni dovolj zgolj navedba, npr. član konzorcija, vodja delovnega sklopa, ipd., potrebna je opisna opredelitev). V primeru večjih partnerskih projektov (npr. konzorciji z 10 in več partnerji) je smiselno opredeliti vloge zgolj za najpomembnejše partnerje v navezavi s projektnimi aktivnostmi prijavitelja oziroma elektrooperaterjev iz Slovenije. Za opredelitev vloge posameznega partnerja je priporočenih največ 500 znakov vključno s presledki.

Vloga Elektro Gorenjska je v dveh delih:

1. Razvoj in pomoč pri razvoju algoritma v sodelovanju z zunanjim partnerjem, ki bo obvladoval obravnavo, obdelavo in pridobivanje informacij iz vremenskih, topoloških in časovno odvisnih podatkov.
2. Vodenje projekta in usmerjanje razvoja ter umestitev razvitih rešitev v okolje distribucijskega podjetja/sistema. Elektro Gorenjska bo skrbela tudi za skladnost s trenutno zakonodajo in zastavljenimi predpisi in priporočili razvoja trga prožnosti, da bo razvita metodologija skladna z prihajajočimi sistemi za prožnost in jo bo preprosto integrirati v obstoječe rešitve/sisteme za upravljanje s prožnostjo.

1.10 Identifikacija drugih virov (so)financiranja projekta

Opis drugih morebitnih virov financiranja projekta – ne glede na vrste virov (zasebna, javna, nacionalna, mednarodna ...). Priporočenih je največ 1000 znakov vključno s presledki.

Drugi viri sofinanciranja projekta niso predvideni.

1.11 Vsebinska umestitev projekta v področja

Označite za vsebino projekta relevantna področja in podpodročja. Umestitev projekta v področja ni predmet agencijskega pregleda v postopku kvalifikacije projekta.

Področje	Podpodročje
<input checked="" type="checkbox"/> Prožnost aktivnega odjema	<input type="checkbox"/> Veliki (industrijski) odjemalci <input checked="" type="checkbox"/> Majhni poslovni odjemalci <input checked="" type="checkbox"/> Gospodinjstva <input type="checkbox"/> Elektromobilnost <input type="checkbox"/> Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.
<input checked="" type="checkbox"/> Masovni podatki	<input checked="" type="checkbox"/> Podatki iz naprednega merilnega sistema <input type="checkbox"/> Podpora načrtovanju in razvoju omrežja <input checked="" type="checkbox"/> Podpora planiranju obratovanja omrežja
<input type="checkbox"/> Kibernetska varnost	<input type="checkbox"/> Procesna informatika (vodenje in zaščita / avtomatizacija / IKT) <input type="checkbox"/> Poslovna informatika (IKT) <input type="checkbox"/> Meritve <input type="checkbox"/> Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.
<input checked="" type="checkbox"/> Pametna omrežja	<input type="checkbox"/> Omejevanje okvarnega toka <input checked="" type="checkbox"/> Monitoring, vizualizacija in vodenje širokega območja <input type="checkbox"/> Dinamično določanje zmogljivosti <input type="checkbox"/> Vodenje pretokov moči <input type="checkbox"/> Adaptivna zaščita <input type="checkbox"/> Avtomatsko preklapljanje izvodov in vodov <input type="checkbox"/> Avtomatsko otočno obratovanje in ponovno povezovanje <input type="checkbox"/> Avtomatska regulacija napetosti in jalove moči <input type="checkbox"/> Diagnostika in obveščanje o stanju opreme <input type="checkbox"/> Izboljšana zaščita ob okvarah <input checked="" type="checkbox"/> Meritve in upravljanje odjema v realnem času <input checked="" type="checkbox"/> Prenos odjema v realnem času

	<input type="checkbox"/> Optimizacija uporaba električne energije za odjemalca <input type="checkbox"/> Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.
<input type="checkbox"/> Drugo – Kliknite tukaj za vnos naziva novega področja.	<input type="checkbox"/> Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.

2 PODROBEN OPIS PROJEKTA

2.1 Upravičenost projekta

Utemeljitev elektrooperaterjev, zakaj ne bodo izvajali predvidenega projekta v okviru svojega običajnega poslovanja in zakaj se projekt ne more izpeljati brez koriščenja RI. Priporočenih je največ 2000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Sodobno omrežje in sodoben elektrodistribucijski sistem mora po eni strani omogočati natančen in transparenten pregled nad stanjem razmer v omrežju tako iz vidika pretokov energije, kot tudi iz vidika kvalitete dobavljene energije, ter po drugi strani omogočati optimizirano prilagajanje uporabnikov, ki v kritičnih časovnih trenutkih stabilizirajo omrežje. Prav iz teh točk sledi, da je ključno za vzpostavitev sistemov prožnosti natančna in transparentna metodologija za določanje kdaj aktivne uporabnike sploh aktivirati.

Istočasno se zbirajo tudi velike količine podatkov (osredotočeno na kvaliteto električne energije - napetost). Od začetka zbiranja merilnih podatkov v zadnjih treh letih se je njihova količina povečala in kvaliteta bistveno izboljšala.

Razvoj algoritmov za analizo porabe na nivoju posameznega merilnega mesta v NNO se je v preteklih projektih, prav tako kvalificiranih pri Agenciji za energijo (npr. MLIN podatkov EG) izkazal za zelo težek problem, zaradi naključnosti odjema posameznih odjemalcev. Algoritmi razviti v okviru projekta MLIN nam omogočajo **in-direktno napovedovanje napetosti** (najprej napovemo obremenitve odjemalcev s pomočjo algoritmov strojnega učenja in nato izračunamo napetosti s pomočjo izračuna pretokov moči). Največji problem zgoraj opisanega pristopa je nizka natančnost napovedi odjema posameznih odjemalcev, ki posledično direktno vpliva na izračun bodočih napetosti v omrežju. Zato lahko v zadnjem času v literaturi zasledimo uporabo **direktnega pristopa k napovedovanju napetosti**, kjer s pomočjo algoritmov strojnega učenja in zadnjih meritev napetosti direktno napovedujemo bodoče napetosti (brez izračuna pretokov moči). Menimo, da bi razvoj takšnih algoritmov temelječih na »state-of-the-art« direktnem pristopu znatno izboljšal pravočasno ocenitev prožnosti.

Vsebina projekta trenutno presega stanje tehnike ter splošno uveljavljenih programskih rešitev, in predstavlja eno ključnih vrzeli v procesu zaznavanja potreb po prožnosti in posledičnih aktivacij v sistemu prožnosti, predvsem za regulacijo razmer na samih merilnih mestih.

2.2 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 štirih spodaj navedenih tematik a) do d). Prijavitelj označi relevantne tematike na katere se projekt nanaša in za označene poda ustrezne utemeljitve. Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.

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;

Predlagani projekt naslavlja novo programsko opremo, ki še ni uveljavljena v Republiki Sloveniji in neposredno vpliva na optimizacijo izrabe prožnosti, za potrebe upravljanja napetosti v nizkonapetostnem distribucijskem omrežju in s tem izboljšanja napetostnih razmer.

Z razvojem bolj natančne metodologije na napovedovanje napovedi pri naslednjih časovnih periodah:

1. 1-2 dneva v naprej,
2. 1-2 uri v naprej,

Bo distribucijsko podjetje po eni strani imelo večji vpogled v stanje distribucijskega omrežja v vsaki časovni točki obenem pa bo lahko te napovedi uporabila v nadaljnjih sistemih odločanja – izvajanje/aktivacija fleksibilnosti ali sistem za zaznavanje napak v omrežju.

b) specifično novo postavitve ali aplikacijo obstoječe opreme za prenos ali distribucijo električne energije (vključno z opremo za vodenje in/ali komunikacijskimi sistemi in/ali programsko opremo);

Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.

c) specifično novo izvedbeno prakso, neposredno povezano z delovanjem prenosnega ali distribucijskega sistema;

Projekt ForVolt naslavlja specifično novo izvedbeno prakso neposredno povezano z delovanjem distribucijskega sistema, ter hkrati omogoča specifično nov poslovni model v korist uporabnikov, ki imajo lahko neposredno korist od aktivnega sodelovanja v trgih prožnosti. Specifična nova izvedbena praksa se odraža prek tehnološkega razvoja napovedovanja napetosti za koriščenje storitev prožnosti na distribucijskem nivoju.

d) specifično nov poslovni model v korist uporabnikov

Kliknite tukaj, če želite vnesti besedilo.

2.3 Utemeljitev izpolnjevanja pogojev²

Kratka utemeljitev, da projekt izpolnjuje vse štiri pogoje a) do d), ki so navedeni v spodnji tabeli. Za vsak pogoj je potrebno podati svojo ločeno utemeljitev. Podatka ni dovoljeno posodabljeni med izvajanjem projekta.

Pogoj	Utemeljitev
a) izkazuje potencial, da razvija znanje, ki ga lahko uporabi vsak elektrooperater, čeprav se projekt ukvarja zgolj s problematiko enega od delov omrežja	S pomočjo razvoja natančne metodologije napovedi napetosti na nivoju posameznega merilnega mesta bo lahko katerikoli distributer v Sloveniji in širše lažje vzpostavil produkt sistema prožnosti za uravnavanje napetostnih razmer v nizkonapetostnem omrežju. Istočasno bo

¹ Zahteve, podane v 1.1. pododdelku priloge 3 akta za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje.

² Pogoji, podani v 1.2. pododdelku priloge 3 akta za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje.

	<p>znanje, pridobljeno na tem projektu predstavljeno tudi v obliki predavanj na domačih in mednarodnih konferencah.</p>
<p>b) izkazuje potencial, da omogoča neto finančne koristi za aktivne odjemalce, pri čemer 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</p>	<p>S pomočjo natančnih napovedi napetosti optimiziramo izrabo prožnosti, kar minimizira stroške izrabe prožnosti in jo naredi bolj atraktivno v primerjavi s klasičnimi pristopi ojačanja omrežja. Z razvojem metodologije neposrednega napovedovanja napetosti sočasno razvijamo nov produkt za trg prožnosti - regulacija napetosti na merilnih mestih, s čimer bomo aktivnim odjemalcem omogočili dodatne prihodke (kot alternativa klasičnim pristopom ojačanja omrežja).</p>
<p>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</p>	<p>Trenutno se za napovedovanje stanja omrežja uporablja predvsem poraba pri končnih odjemalcih³, ali neke metode zaznavanja povišanja/znižanja napetosti, vendar pa menimo na podlagi zadnjih raziskav⁴, da lahko s pomočjo inovativne in natančne napovedi za različne časovne periode predvidimo napetostne razmere neposredno iz napetosti (ne pa iz napovedi porabe in nato izračuna pretokov moči, kot se to trenutno izvaja v ADMS sistemih na SN nivoju). Zastavljen pristop z upoštevanjem aktivnih elementov v Sloveniji še ni bil preizkušen, prav tako pa v tujini ni bil testiran v taki obliki in na realnih podatkih.</p>
<p>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)</p>	<p>Trenutno nam ni znan projekt, ki bi se za napetosti neposredno navezoval na neposredno napoved napetosti, večino projektov na to temo v preteklosti se je predvsem ukvarjalo z napovedjo porabe in izračunom napetosti s pomočjo pretokov moči.</p>

2.4 Utemeljitev načina in pogojev za deljenje podatkov⁵

Kratka utemeljitev, kako 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 njih prek portala Odprti podatki Slovenije

³ Thierry Zufferey, Sandro Renggli, Gabriela Hug, Probabilistic State Forecasting and Optimal Voltage Control in Distribution Grids under Uncertainty, Electric Power Systems Research, Volume 188, 2020, 106562, ISSN 0378-7796, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106562>.

⁴ Yi Wang, Leandro Von Krannichfeldt, Thierry Zufferey, Jean-François Toubeau, Short-term nodal voltage forecasting for power distribution grids: An ensemble learning approach, Applied Energy, Volume 304, 2021, 117880, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117880>.

⁵ Skladno s 1.3. pododdelkom priloge 3 akta za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje.

– 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. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Vsi osebni podatki (poraba električne energije, profili napetosti in toka) pridobljeni od sodelujočih uporabnikov bodo prvo hranjeni interno znotraj podjetja Elektro Gorenjska, pred posredovanjem pa bodo primerno preurejeni, da ne bo moč določiti komu specifično pripadajo.

Vsi podatki, ki so v lasti podjetja Elektro Gorenjska (vključno s podatki o omrežju in/ali podatki o proizvodnji/porabi) in bodo zbrani med trajanjem projekta so kateremukoli zainteresiranemu akterju dostopni na način, da se jih zahteva preko formalnega zahtevka. Zainteresiranim akterjem se lahko posredujejo tudi časovne serije profilov porabe, kjer bodo seveda podatki predhodno ustrezno anonimizirani, tako da iz podatkov ne bo možno razbrati kateremu merilnemu mestu pripadajo, niti ne bo možno razbrati katerih koli drugih osebnih informacij. Glede na obseg in velikost podatkov bo za vsak tak primer definiran najbolj ustrezen način posredovanja teh podatkov zainteresiranim akterjem.

2.5 Utemeljitev ureditve pravic intelektualne lastnine⁶

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. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

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 (vključno z zunanji 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, oziroma Obzorje Evropa. S tem je v projektu sprejeto načelo odprtega dostopa do rezultatov.

2.6 Opis problema

Opis problema ali problemov, s katerimi se bodo spoprijeli elektrooperaterji in partnerji v predlaganem projektu. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Velika spremenljivost obratovalnih pogojev distribucijskega omrežja zaradi stohastične proizvodnje iz OVE že danes vzbuja skrb. Vse večja proizvodnja in naraščajoča poraba, ne nujno hkrati, vodita v preobremenitev elementov omrežja (običajno transformatorjev) in odstopanja napetostnih profilov od

⁶ Skladno s 1.4. pododdelkom priloge 3 akta za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje.

zahtevanih nivojev (visoke napetosti zaradi proizvodnje in nizke napetosti zaradi porabe). Pozitivna stran učinkov zelene transformacije na omrežje je, da obnovljivi viri energije, nova bremena (EV, TČ) in baterijski hranilniki predstavljajo tudi vir prožnosti, ki lahko predstavlja dodano vrednost elektroenergetskemu sistemu tako z upravljanjem proizvodnih virov kot s prožnostjo odjema. OVE običajno lahko generirajo jalovo moč ali omejujejo delovno moč, bremena lahko zagotovijo določeno stopnjo prilagajanja porabe, ne da bi to bistveno vplivalo na udobje uporabnika, baterijski hranilniki pa so najbolj vsestranska naprava v smislu prožnosti.

Za izrabo vedno bolj pojavljajočih se aktivnih elementov v omrežju pa je najprej potrebna zelo dobra napoved kdaj bo potrebno te elemente prožiti. Za napovedovanje proženja elementov je potrebno imeti natančne kazalnike, ki nakažejo potrebo po izrabi prožnosti in nas opozorijo na prihajajočo slabšo kvaliteto električne energije v omrežju. Klasično, na prenosnem in VN distribucijskem omrežju, so se te izzivi reševali s pomočjo napovedovanja porabe in izračuna pretokov moči, vendar pa tak pristop na nizkonapetostnem distribucijskem omrežju ne daje zadovoljivih rezultatov. Glavni razlog za to je prav stohastičnost profilov porabe gospodinjskih odjemalcev.

Da bi se spopadli z izzivom napovedovanja napetosti v spremenljivih nizkonapetostnih distribucijskih omrežjih je potreben drugačen pristop:

- Napovedovanje napetosti ne sme biti več odvisno le od napovedi moči.
- Napovedovanje napetosti mora biti odvisno od napetosti merilnega mesta in preostalih napetosti/moči pri sosednjih odjemalcih z upoštevanjem soodvisnosti med posameznimi merilnimi mesti, kar insinuirna pomembnost vpliva spremembe moči na napetost na izbranem merilnem mestu.
- Napovedovanje napetosti mora biti odvisno od dejanskih naprav, ki so priključene na sosednjih in na izbranem merilnem mestu.

2.7 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 vse štiri vidike a) do d), ki so navedeni v spodnji tabeli. Za vsak vidik je potrebno podati svojo ločeno utemeljitev. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Vidik	Opis
<p>Metoda ali metode, ki so predvidene za razrešitev ali raziskavo problema</p>	<p>Metodologija bo sledila naslednjim korakom:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Razvoj metode za napovedovanje napetosti za časovno obdobje 1-2 dneva vnaprej na podlagi časovnih serij napetosti in moči, vremena in elementov nameščenih pri končnih odjemalcih. Pri razvoju algoritma bomo analizirali spreminjanje in stohastičnost napetostnih profilov in odvisnosti posameznih sosednjih odjemalcev na napetostne razmere v posamezni točki. Na podlagi te analize bo zasnovan model strojnega učenja, ki bo

	<p>standardizirane odvisnosti sprejel in jih analiziral skupaj s časovnimi serijami ter odkril karakteristike napetosti na izbranem merilnem mestu ter na podlagi zaznanih karakteristik napovedal tudi prihodnji odjem⁷.</p> <p>2. Razvoj metode za napovedovanje napetosti za časovno obdobje 1-2 uri vnaprej na podlagi časovnih serij napetosti in moči, vremena. Za razvoj tega algoritma, ki mora delovati z večjo natančnostjo, saj ključno vpliva na končno ceno izrabe prožnosti, ki jo elektrodistribucijsko podjetje na koncu plača, bomo uporabili bolj natančne a časovno bolj zahtevne modele strojnega učenja. Z njimi bomo potem lažje določali tudi t.i. »baseline«, in posledično ugotovili/izračunali dejanske količine aktiviranih uporabnikov⁸.</p> <p>Uporabili bomo globalni način modeliranja in algoritme globokega učenja, saj se je v literaturi izkazalo, da je takšen pristop najbolj primeren za natančno napovedovanje velikega števila časovnih vrst. Takšni modeli so zmožni izrabiti navzkrižne informacije iz več napetostnih merilnih mest hkrati za napoved posameznega merilnega mesta. Takšen pristop je zelo pomemben v našem primeru, saj želimo razviti pristop, ki bo deloval dobro na različnih vrstah omrežja.</p>
<p>a) Oceno prihrankov ob rešitvi problema, ki se obravnava v projektu</p>	<p>Neposredno oceno prihrankov je sicer težko oceniti, gre pa tu da oceno prihrankov predvsem iz naslova zmanjšanja cene za izrabe prožnosti, ki se ocenjuje, da je potrebna na približno 1% omrežja (lokacije, kjer se že danes pojavljajo prenizke ali previsoke napetostne razmere). Namesto ojačanja omrežja se ocenjuje, da z zamikom ali morebitno nepotrebnim ojačanjem zmanjšamo stroške investicije v omrežje in s tem tudi izboljšamo učinkovito uporabo omrežja.</p>
<p>b) Izračun finančnih koristi projekta</p>	<p>S predpostavko, da je 50% primerov takšnih, kjer se težave z napetostjo v omrežju da reševati s prožnostjo, ocenjujemo da se stroški v primerjavi z ojačanjem zamaknejo za 5-10 let, in zmanjšajo za 10-20% (upoštevana celotna doba proženja).</p>

⁷ Mingming Gao, Jianjing Li, Feng Hong, Dongteng Long, Day-ahead power forecasting in a large-scale photovoltaic plant based on weather classification using LSTM, Energy, Volume 187, 2019, 115838, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.168>.

⁸ Yi Wang, Leandro Von Krannichfeldt, Thierry Zufferey, Jean-François Toubeau, Short-term nodal voltage forecasting for power distribution grids: An ensemble learning approach, Applied Energy, Volume 304, 2021, 117880, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117880>.

<p>c) Oceno prenosljivosti metode npr.: po celotnem elektroenergetskem sistemu, po njegovem odstotku ali po določenih delih, kjer bi se metoda lahko uporabila in implementirala</p>	<p>Ocenjujemo, da bo metoda neposredno prenosljiva tudi na druga nizkonapetostna omrežja, saj je metodologija zasnovana tako, da uporablja le omrežje in meritve napetosti s pripadajočimi ključnimi napravami, ki so priključene pri končnih uporabnikih. Težave pri prenosljivosti metodologije se lahko pojavijo na lokacijah, kjer ne bo zadostne merilne tehnike (pametnih števecov, ki merijo napetosti).</p> <p>Najprej bomo modele analizirali na testnem omrežju Srakovlje, ki sicero omogoča zajemanje merilnih podatkov v realnem času, vendar bo metoda najprej testirana na tej lokaciji izključno zaradi lažje validacije metodologije. Na naslednjem koraku projekta bodo uporabljeni klasični podatki pametnih števecov (za dan nazaj):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10min povprečja napetosti po fazah, - 15min povprečja moči, - Nizkonapetostno distribucijsko omrežje,
<p>d) Oceno stroškov za implementacijo metode v celotni elektroenergetski sistem</p>	<p>Ocena stroškov za implementacijo metode na celoten sistem je v rangu 100.000EUR, kar vsebuje predvsem stroške lastnega dela. Vendar pa bo končna cena implementacije predvsem odvisna od tega, ali bo na koncu šlo za globalni algoritem/model (1 model, ki bo skrbel za vse tipe nizkonapetostnih omrežij), ali pa bo šlo za lokalno odvisni algoritem/model, ki bo predvideval različne tipe omrežij (kar bo razvidno iz rezultatov projekta).</p>

2.8 Namen in cilji

Jasna definicija namena in ciljev projekta, vključno s koristmi (npr. finančne, okoljske ...), ki so neposredno povezane s prenosnim ali distribucijskim sistemom. V primeru večjih partnerskih projektov (npr. konzorciji z 10 in več partnerji) je opredelitev smiselno postaviti v kontekst projektnih aktivnosti prijavitelja in najpomembnejših partnerjev. Za vse opise skupaj je priporočenih največ 4000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

Vidik	Opis
<p>Namen projekta</p>	<p>Namen je razvoj algoritma, ki nam omogoča napovedovanje napetosti v posameznih vozliščih nizkonapetostnega omrežja (NNO) s pomočjo strojnega učenja. Razvit algoritem bo zmožen na podlagi historičnih meritev napetosti, ki se zajemajo blizu realnega časa s P2P pametnimi števci napovedati bodoče napetosti. To nam bo omogočilo prepoznati prihodnje previsoke napetosti, ki so posledica predvsem visoke proizvodnje iz sončnih elektrarn (SE) ali prihodnje preнизke napetosti, ki so večinoma posledica</p>

prevelikega števila nameščenih toplotnih črpalk ali drugih večjih porabnikov pri odjemalcih.

Izhodne napovedi razvitih algoritmov nam bodo omogočale pravočasno ukrepanje pri obratovanju NNO in bodo uporabljene v procesu izvajanja prožnosti. Tekom projekta bomo naslovili tako **napovedovanje napetosti za 1 oz. 2 dneva vnaprej**, kar služi predvsem pravočasni napovedi namere o izvajanju prožnosti za potrebe avkcij. Prav tako bomo tekom projekta naslovili tudi **napovedovanje napetosti za 1-2 uri vnaprej**, kar pa bo služilo predvsem odločanju o dejanski aktivaciji storitev prožnosti. Napovedovanje napetosti za 1 uro vnaprej bo v procesu poravnave aktiviranih storitev prožnosti služilo tudi kot osnova za določanje t.i. »baseline« in ugotavljanja dejanskih količin aktiviranih storitev. Na podlagi izdelanih napovedi bo možno pravočasno ukrepati z aktivacijo aktivnih uporabnikov:

- omejevanje moči SE,
- prilagajanje moči porabnikov,
- polnjenje ali praznjenje hranilnikov,
- drugi ukrepi s strani aktivnih odjemalcev,

in s tem preprečiti previsoke oz. prenizke napetosti.

Predlagani projekt bo ključno dopolnil obstoječe projekte, ki se ukvarjajo predvsem z vzpostavitvijo in standardizacijo procesa izvajanja prožnosti (DN-FLEX in OneNet) in razvojem algoritmov za upravljanje z omrežjem s pomočjo prožnosti (DRIFT). Tekom tega projekta ni predvidenih dejanskih aktivacij uporabnikov, bodo pa za potrebe evalvacije metodologije uporabljeni že vzpostavljeni procesi iz prej omenjenih projektov (DRIFT in DN-Flex), ki bodo nadgrajeni z napovednim modelom. Aktivacije za potrebe evalvacije bomo izvajali v simulacijskem okolju. Izven tega projekta, pa bomo v kolikor bo to mogoče napovedni model uporabili pri dejanskih aktivacijah na terenu (tudi v primeru, da projekt še ne bo končan, bodo pa že koristni rezultati).

Tekom projekta ni predvidenega aktivnega sodelovanja z uporabniki omrežja, saj gre za razvoj napovednega modela, ki temelji izključno na meritvah napetosti na pametnem števcu in ne obravnava uporabnikovih naprav ali njegovega potenciala prožnosti.

Cilji projekta	<p>Cilj projekta je z uporabo »State-of-the-art« algoritmov strojnega učenja in obdelavo velepodatkov predvsem vezanih na meritve napetosti pravočasno prepoznati prihodnji pojav previsokih in/ali prenizkih napetosti v NNO in posledično aktivirati izračun potrebe po prožnosti (DRIFT). Cilj je razviti metodologijo za več pristopov k napovedovanju napetosti na različnih periodah napovedovanja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Daljši rok: 1-2 dneva v naprej, 2. Krajši rok: 1-2 uri vnaprej. <p>Kjer vsaka od napovedi služi svojemu namenu. Napoved na daljši rok služi predvsem oddaji povpraševanja po prožnosti in obveščanju pripravljenosti aktivnih odjemalcev/agregatorjev, medtem, ko napoved na krajši rok služi predvsem oddaji dejanske zahteve po proženju aktivnih elementov pri odjemalcih.</p>
Koristi , ki so neposredno povezane s prenosnim ali distribucijskim sistemom	<p>Glavna korist razvitih algoritmov bo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. v skoraj realnem času zagotoviti natančne napovedi stanja napetosti v posameznih točkah distribucijskega omrežja. 2. posredno omogoča tudi učinkovitejše obratovanje NNO in optimalno izrabo prožnosti saj bodo ti algoritmi natančno napovedali napetostne razmere v omrežju, kar je vhodni podatek za izračun potrebe po prožnosti. 3. Podpora razvoju novim produktom na trgu prožnosti, t.j. regulacija napetosti na merilnih mestih.

2.9 Kriterij uspešnosti

Opis načina, kako bo prijavitelj ocenjeval uspešnost projekta. Priporočenih je največ 2000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Projekt bo uspešno izveden, če se bo v fazi ocenjevanja pokazalo, da smo skozi projekt naslovili glavni dve točki:

- Natančnosti napovedi (v primerjavi z naivnim modelom bo novo-razviti model vsaj 20% bolj natančen) in
- Skalabilnost metode (razvit model bo validiran na neodvisnih merilnih mestih nameščenih na neodvisnih transformatorskih postajah).

Glede na končno izbran boljši model (globalni model/več modelov), bo izvedena tudi analiza stroškov implementacije na celoten sistem in vzdrževanja, na podlagi katere bodo empirično predstavljeni tudi zaključki uspešnosti projekta.

Večji kot bodo stroški za implementacijo in vzdrževanje slabša bo uspešnost nižja.

2.10 Potencial za učenje in prenos znanja

Opis pričakovanega novega znanja za elektrooperaterje in druge partnerje ter opis načina razširjanja tega znanja. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

Elektrooperaterji bomo pridobili boljši vpogled v karakteristike uporabnikovega odjema in predvsem napetosti, kar nam bo omogočilo, da na podlagi napetostnih razmer ocenjujemo potencial in potrebo po prožnosti. Omogočilo nam bo tudi, da bomo s pomočjo aktivnega odjema (tako izrabe razpoložljive jalove moči, kot tudi ostalih aktivnih elementov) izboljšali napetostne razmere le do potrebnih meja, kar bo minimiziralo stroške izrabe prožnosti.

Projekt in rezultate projekta bomo redno delili z ostalimi distribucijskimi podjetji v Sloveniji v sklopu slovenskih in mednarodnih konferenc, obenem pa bomo pripravili tudi zaključni dokument, ki bo javno objavljen in bo predstavil vse rezultate in metodologijo projekta, kar bo omogočilo preostalim elektrodistribucijskim podjetjem, da uporabijo in razvijajo enak/podoben koncept.

2.11 Obseg projekta

Opredelitev obsega projekta – vključno z naložbami 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. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

V osnovi se večina projekta izvaja v laboratorijskem okolju na podlagi že zbranih podatkov, s katerimi je moč priti do rešitev in izračunov. Potrebni pa so konkretni podatki v realnem času, ki jih pridobimo iz terena in uporabimo za izboljšave algoritma napovedi napetosti. V ta namen se bo v začetnih fazah projekta izbralo primerno geografsko področje, ki pokriva dovoljšno število zainteresiranih uporabnikov. V nadaljevanju je predvidena demonstracija na območje ene transformatorske postaje, kar predstavlja najmanjši možni obseg, ki še omogoča pridobivanje končnih informacij, o uspešnosti/natančnosti napovedi napetosti. Po razvoju metodologije bo narejena tudi analiza razširljivosti metodologije na preostala nizkonapetostna omrežja.

Manjšanje obsega projekta bi bilo tu nesmiselno, saj to predstavlja najmanjši možen obseg medsebojno odvisnih podatkov, s katerimi lahko analiziramo in zaznamo napetostne razmere v omrežju in kako so med seboj električno odvisni posamezni odjemalci.

2.12 Opredelitev TRL ob začetku⁹

Okvirna vsebinska opredelitev in utemeljitev stopnje zrelosti tehnologije (TRL) ob začetku projekta⁹. Predmet upravičenja RI so aktivnosti TRL 3 do 8. Priporočenih je največ 1000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljati med izvajanjem projekta.

V Elektro Gorenjska ocenjujemo, da je status tehnologije, ki se bo obravnaval v sklopu tega projekta pred njegovim začetkom okvirno na stopnji TRL 3-4 – torej na stopnji analitične in eksperimentalne potrditve koncepta (proof-of-concept) z

⁹ Skladno z II. poglavjem priloge 3 akta za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje.

relevantnimi idejami že analiziranimi v zelo omejenem obsegu. Stanje tehnologije smatramo kot TRL 3-4 predvsem zaradi obstoja znanstveno raziskovalnih člankov omenjenih v razdelku 2.7 - *Opis Metode* in preostalih člankov^{10,11} ki validirajo idejo napovedovanja napetosti v simulacijskem okolju in predstavijo prednosti uporabe neposrednega napovedovanja napetosti (hitrost napovedi, anonimizacija).

2.13 Opredelitev TRL ob zaključku⁹

Okvirna vsebinska opredelitev in utemeljitev stopnje zrelosti tehnologije (TRL) ob zaključku projekta⁹. Predmet upravičenja RI so aktivnosti TRL 3 do 8. Priporočenih je največ 1000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

v Elektro Gorenjska ocenjujemo, da bo status tehnologije ob zaključku tega projekta okvirno na stopnji 6 – torej na stopnji demonstracije tehnološkega koncepta v delovnem okolju, vendar vseeno ne v celotnem obsegu, ki jo zahteva TRL 7.

2.14 Geografsko območje

Podrobnosti o lokaciji izvedbe projekta. Če gre za partnerski projekt, je treba opredeliti izvedbena območja elektrooperaterjev iz Slovenije. Priporočenih je največ 2000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

Območje bo določeno v prvi fazi projekta, ocenjuje pa se da bo pilotna lokacija zajemala 1 transformatorsko postajo za razvoj modela in vsaj 2 transformatorski postaji za validacijo prenosljivosti metodologije (skupno 200-400 končnih odjemalcev na posameznem NNO). V primeru, da se izkaže da model za učenje potrebuje več meritev pametnih števecov, pa se bo uporabilo tudi večje število končnih odjemalcev (cca. 4000 odjemalcev z meritvami napetosti – kjer že imamo anonimiziran in pripravljen izvoz iz preteklih projektov).

2.15 Ocenjena vrednost projekta

Ocena vseh stroškov, ki bodo nastali z izvedbo projekta in so predmet upravičenja RI. Priporočenih je največ 1000 znakov vključno s presledki. Podatka ni dovoljeno posodabljanje med izvajanjem projekta.

130.000,00€ (celoten projekt):

- cca. 50.000,00€ storitve zunanjega partnerja s strokovnim znanjem s področja metod strojnega učenja in algoritmov in njihove aplikacije v domeni elektroenergetike.
- cca. 80.000,00€ lastni stroški dela.

10 Garcia, Enoque & Canha, Luciane & Abaide, Alzenira & Silva, P.R. & Milbradt, Rafael. (2012). Voltage Forecasting in a Very Short Time Through the Application of Nebulous Systems. *Renewable Energy and Power Quality Journal*. 1. 906-912. 10.24084/repqj10.523.

11 J. -F. Toubeau, F. Teng, T. Morstyn, L. V. Krannichfeldt and Y. Wang, "Privacy-Preserving Probabilistic Voltage Forecasting in Local Energy Communities," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 14, no. 1, pp. 798-809, Jan. 2023, doi: 10.1109/TSG.2022.3187557.