

# Orodje namestitvena zmogljivost omrežja (Hosting capacity)

SPECIFIKACIJA ZAHTEV NAROČNIKA  
VERZIJA 1.0 – DECEMBER 2021

MIHA NOČ, ANŽE VILMAN, BLAŽ DOBRAVEC, NEJC PETROVIČ, BLAŽ HAFNAR

## Kazalo

1	Seznam kratic in simbolov.....	2
2	Utemeljitev in namen naloge.....	3
3	Metodologiji.....	3
3.1	SONDSEE metodologija.....	3
3.1.1	Vhodni podatki.....	4
3.1.2	Dovoljen napetostni prostor.....	4
3.1.3	Določitev namestitvene zmogljivosti.....	5
3.2	Metodologija namestitvene zmogljivosti na osnovi merilnih podatkov.....	6
3.2.1	Vhodni podatki.....	6
3.2.2	Dovoljen napetostni prostor.....	6
3.2.3	Modeliranje odjema in proizvodnje.....	7
3.2.4	Določitev namestitvene zmogljivosti.....	7
4	Zahtevane funkcionalnosti sistema.....	8
4.1	Verzioriranje omrežja.....	8
4.2	Orodje za izračun pretokov moči.....	8
4.3	Nadomeščanje podatkov.....	8
4.3.1	Nadomeščanje tehničnih podatkov.....	8
4.3.2	Overjanje števnih meritev.....	9
4.3.3	Nadomeščanje manjkajočih in nepravilnih števnih meritev.....	9
4.4	Upravljanje modelov odjema in proizvodnje.....	10
4.4.1	Učenje modelov.....	10
4.4.2	Nadomestni modeli.....	10
5	Obstoječa orodja in njihove funkcionalnosti za sistem.....	11
5.1	ArcGIS.....	11
5.2	QGIS.....	11
5.3	Storitveno vodilo.....	12
6	Arhitektura orodja za namestitveno zmogljivost in umestitev v sisteme.....	12
6.1	Arhitektura orodja.....	13
6.2	Integracija aplikacije v IT okolje naročnika.....	14
6.2.1	Integracija z orodjem ArcGIS.....	14
6.2.2	Integracija z orodjem QGIS.....	15
7	Nefunkcionalne zahteve.....	15
8	Viri.....	20

## 1 Seznam kratic in simbolov

Oznaka	Pomen
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
EZ-1	Energetski zakon
GIS	geografsko informacijski sistem
GNU	General Public Licence
NN	nizka napetost
NZ	Namestitvena zmogljivost
OVE	obnovljivi viri energije
$P_{cu}$	izgube v bakru
$P_{el}$	nazivna delovna moč PN
$P_{od}$	priključna moč odjema porabnika
$P_g$	priključna moč proizvodnje porabnika
$P_{fe}$	izgube v železu
PN	proizvodna naprava
Q	jalova moč
R	upornost
$r'$	relativna upornost
RTP	razdelilna transformatorska postaja
RV	razpršeni viri
$S_{ks}$	kratkostična moč omrežja
SN	srednja napetost
SODO	Sistemske operater distribucijskega omrežja
SONDSEE	Sistemska obratovalna navodila distribucijskega sistema električne energije
SzP	soglasje za priključitev
VN	visoka napetost
TF	transformator
U	napetost
$u_k$	relativna napetost kratkega stika
$u_r$	delovna komponenta napetosti kratkega stika $u_k$
$U_n$	nazivna napetost

$U_{cg}$	dogovorjena napetost
$U_{np}$	nazivna napetost primarja
$U_{ns}$	nazivna napetost sekundarja
$x'$	relativna reaktanca
$X$	reaktanca
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
$\Delta u$	relativna sprememba napetosti zaradi obratovanja
$\psi_{ks}$	kratkostični kot omrežja

## 2 Utemeljitev in namen naloge

Zaradi povečane dinamike nizko napetostnega omrežja z vidika vključevanja novega odjema in proizvodnje je potreba po poenostavitvi procesa vključevanja teh novih elementov. Namen projekta je implementirati IT orodje namenjeno določanju namestitvene zmogljivosti na merilnem mestu, ki bi naročniku, olajšalo proces vključevanja OVE. Predstavljena specifikacija upošteva obstoječe okolje naročnika. V dokumentu so definirane zahteve za orodje in scenariji vključitve v obstoječe okolje. Prav tako sta opisani dve metodi za določanje namestitvene zmogljivosti na merilnem mestu in specifikacije zahtev naročila za namen izdelave računalniško podprtega orodja za njeno implementacijo.

## 3 Metodologiji

### 3.1 SONDSEE metodologija

Metodologija za **določitev namestitvene zmogljivosti na merilnem mestu** po SONDSEE temelji na uporabi stacionarnih porastov napetosti zaradi obratovanja proizvodnih naprav v omrežju. Natančneje metoda upošteva, da je omrežje vedno izkoriščeno do napetostnih meja načrtovanja omrežja oz. poda mejo, do katere se da v omrežje zagotovo vključiti proizvodna naprava, brez da bi pri tem tvegali nedovoljene napetostne razmere.

Izračun namestitvene zmogljivosti se opravi tako, da se ugotovi vpliv spremembe napetosti zaradi obratovanja posamezne proizvodne naprave in vseh proizvodnih naprav na omrežje. Skupni dvig napetosti zaradi obratovanja vseh proizvodnih naprav v določenem delu omrežja pa je določen na podlagi podanega skupnega razpoložljivega napetostnega prostora v omrežju in to posebej za SN ter NN omrežje po metodi superpozicije.

Metodologija loči med tremi načini obratovanja in načrtovanja omrežja:

- omrežja, ki imajo konstantno nastavljeno napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju,
- omrežja, ki uporabljajo impedančno kompenzacijo SN voda in s tem pogojeno variabilno napetost na SN zbiralkah transformatorja VN/SN v RTP-ju ter
- omrežja, ki uporabljajo načrtovalsko pogojeno kompaundacijo omrežja in s tem pogojeno variabilno

### 3.1.1 Vhodni podatki

Za izračun namestitvene zmogljivosti na merilnem mestu zahteva metoda naslednje podatke:

- Kratkostično moč in kot na VN zbiralkah v RTP-ju.
- Podatki energetskega VN/SN transformatorja
  - Električne podatke o transformatorju VN/SN (nazivna napetost primarja  $U_{np}$ , nazivna napetost sekundarja  $U_{ns}$ , število odceпов, nastavljeni odcep, korak prestave -  $\Delta U$ , nazivna moč  $S_n$ , izgube v kratkem stiku  $P_k$ , izgube v prostem teku  $P_o$ , prestavni kot); Tip regulacijskega stikala in nastavitve (npr. OLTC)
- Podatki o elementih SN omrežja:
  - Podatke o SN vodih (upornost  $R_v$  in reaktanca  $X_v$  oz. relativna upornost  $r'$  in reaktanca  $x'$  ter dolžina vodov);
  - Podatke o ločilnih mestih.
  - Podatke o transformatorskih postajah (TP) z SN zbiralko in stikalnimi celicami
- Če se PN priključuje na NN nivo pa poleg podatkov o SN omrežju še:
  - Električne podatke o transformatorju SN/NN (nazivna napetost primarja  $U_{np}$ , nazivna napetost sekundarja  $U_{ns}$ , število odceпов, nastavljeni odcep, korak prestave -  $\Delta U$ , nazivna moč  $S_n$ , izgube v kratkem stiku  $P_k$ , izgube v prostem teku  $P_o$ , prestavni kot);
  - Podatke o NN vodih in vozliščih (upornost  $R_v$  in reaktanca  $X_v$  oz. relativna upornost  $r'$  in reaktanca  $x'$  ter dolžina vodov);
  - Podatke o ločilnih mestih.
- Podatke o želeni delovni moči PN (proizvodne naprave) ter (merilnem) mestu priključitve.
- Podatke o ostalih proizvodnih napravah v omrežju v SN oziroma NN omrežju, ki že obratujejo ali imajo izdano soglasje za priključitev.
  - Merilna mesta ( $P_g, P_{od}, U_n / U_{cg}$ ).

Poleg zgoraj naštetih podatkov eksplicitno navedenih v [1] so za modeliranje omrežja potrebni še topološki podatki za naprave distribucijskega omrežja:

- Struktura povezav in objektov (transformatorji VN/SN, ločilna mesta) znotraj RTP in RP
- SN vodi;
- Ločilna mesta na SN omrežju zunaj objektov
- Struktura povezav in objektov (transformatorji SN/NN, ločilna mesta) znotraj TP
- NN vodi;
- merilna mesta.

### 3.1.2 Dovoljen napetostni prostor

V primeru ko drži transformator VN/SN v svojih SN zbiralkah konstantno napetost, metodologija loči med dvema primeroma glede na število nastavljenih odceпов VN/SN transformatorja (TF):

**Tabela 1: Dovoljen napetostni prostor za priključevanje proizvodnih naprav v SN/NN omrežja, kjer je napetost na zbiralkah VN/SN transformatorja konstantna**

Št. odceпов	up.	Območje odcepa za prestavo 20/0,4	Območje odcepa za prestavo 20/0,42	Del omrežja	Spr. napetosti Du
1*		-	-	SN omrežje	1%
		»-1«	-	NN omrežje + SN/NN TF	2.5%
2		-	-	SN omrežje	0.5%
		»-1« (oddaljeni)	-	NN omrežje + SN/NN TF	3%

	»0« (bližji)	»-2«	NN omrežje + SN/NN TF	0.5%
--	--------------	------	--------------------------	------

\* - Če se predvideva, da bodo napetostne razmere v SN omrežju takšne, da bo treba v prihodnosti uporabiti dva različna odcepa, se uporabi napetostni prostor za dva različna odcepa.

Kadar so v SN omrežju (izvodu) uporabljeni trije ali več različnih odcepov, priključevanje proizvodnih naprav v takšno omrežje po metodi relativnih porastov napetosti ni mogoče.

V primeru, ko transformator VN/SN v RTP-ju ne drži konstantne napetosti na svojih SN zbiralkah oz. kompenzira spremembo napetosti s pomočjo impedančne kompenzacije, se upošteva enak dovoljen napetostni prostor kot pri VN/SN transformatorjih s konstanto napetostjo na SN zbiralkah (Tabela 1). In sicer, se napetostne spremembe v SN omrežju impedančno upoštevajo samo do tiste točke v omrežju, kjer transformator s svojo impedančno kompenzacijo SN voda drži konstantno napetost.

Kadar se za regulacijo napetosti transformatorja VN/SN v RTP-ju uporablja kompaundacija, je največja dovoljena relativna sprememba napetosti zaradi obratovanja proizvodnih naprav na posameznem NN izvodu 3% oz. 2% na posameznem SN izvodu, pri čemer se upoštevajo vse proizvodne naprave na izvodu. Relativna stacionarna napetost zaradi obratovanja PN je določena z:

$$\Delta u = \frac{P_{el}}{S_{ks}} \cos(\psi_{ks}),$$

kjer je,  $P_{el}$  delovna moč proizvodne naprave,  $S_{ks}$  kratkostična moč omrežja in  $\psi_{ks}$  kratkostični kot omrežja.

Kratkostično moč in kot omrežja na mestu priključitve PN v omrežje se določi s pomočjo orodja za izračun pretokov moči (poglavje 4.2). Če kratkostična moč in kot v NN oziroma SN omrežju nista znana, se izhaja iz kratkostične moči omrežja na 110 kV zbiralkah v RTP-ju. Če podatka za kratkostične razmere v 110 kV omrežju ni, se za kratkostično moč privzame 3.000 MVA in kot 84,3°.

### 3.1.3 Določitev namestitvene zmogljivosti

Namestitvena zmogljivost na merilnem oz. priključnem mestu PN se določi po naslednjih korakih:

- 1) Modeliramo omrežje, v katerega bo priključena PN. Obravnavamo samo tiste dele omrežja, na katere vpliva obratovanje nove PN:
  - a) PN se priključuje v SN omrežje: obravnavamo samo tisti SN izvod, kamor se priključuje PN. Ostalih SN izvodov in tudi NN omrežja ne obravnavamo. Na lokacijah TP, ki napajajo NN izvode z vključenimi PN, simuliramo PN katere moč je agregirana vrednost vseh PN v NN omrežju te TP.
  - b) PN se priključuje v NN omrežje: obravnavamo SN izvod, preko katerega se napaja NN omrežje z novo PN in celotno NN omrežje, ki se napaja preko tistega transformatorja SN/NN, ki napaja tudi novo PN. Na lokacijah TP, ki napajajo NN izvode z vključenimi PN, simuliramo PN katere moč je agregirana vrednost vseh PN v NN omrežju te TP.
- 2) Določimo izhodiščno obratovalno stanje obravnavanega omrežja:
  - a) Iz omrežja izključimo vse končne odjemalce in vse pasivne reaktivne elemente
  - b) V omrežje vključimo vse obstoječe PN in tudi vse PN, za katere je že bilo izdano soglasje za priključitev. PN, za katere ne potrebujemo soglasja za priključitev (tip P [1, str. 11]), ne upoštevamo.
    - Vse obravnavane PN naj obratujejo z delovnimi močmi iz njihovih soglasij za priključitev.
    - Vse obravnavane PN obratujejo tako, da je njihova jalova moč enaka nič ( $Q_{PN} = 0$ ).
- 3) Glede na izhodiščno obratovalno stanje obravnavanega omrežja identificiramo kritična mesta v omrežju. Med ta spadajo najmanj:
  - a) vsa mesta, kjer so priključene PN;
  - b) vse ostale napajalne točke omrežja (obe strani SN/NN transformatorjev).

- 4) Določimo obratovalno stanje obravnavanega omrežja po vključitvi nove PN, tako da v omrežje iz točke 2 vključimo novo PN z želeno delovno močjo na želeno mesto priključitve. Nova PN obratuje tako, da je njena jalova moč enaka nič ( $Q_{PN} = 0$ ).
- 5) Določimo namestitveno zmogljivost na priključnem mestu PN
  - a) Če se nova PN priključuje v SN omrežje, preverimo spremembo napetosti zaradi obratovanja vseh PN v SN in NN omrežju na vseh kritičnih mestih v SN omrežju.
  - b) Če se nova PN priključuje v NN omrežje, preverimo spremembo napetosti:
    - i) Na vseh kritičnih mestih v obravnavanem NN omrežju preverimo spremembo napetosti zaradi obratovanja vseh PN v NN omrežju.
    - ii) Na vseh kritičnih mestih v SN omrežju preverimo spremembo napetosti zaradi obratovanja vseh PN v SN in NN omrežju.
  - c) Sprememba napetosti mora biti na vseh kritičnih mestih v NN in v SN omrežju znotraj dovoljenega napetostnega prostora. V nasprotnem primeru je treba uporabiti ukrepe za znižanje stacionarne spremembe napetosti in postopek ponoviti od točke 4 naprej.

### 3.2 Metodologija namestitvene zmogljivosti na osnovi merilnih podatkov

Osnovna SONDSEE metodologija pri določitvi namestitvene zmogljivosti merilnega mesta predvideva teoretično najslabši ali t.i. »worst-case« scenarij za stabilnost obratovanja omrežja, tj. ničelna poraba ob maksimalni proizvodnji, ki je v realnih razmerah praktično nedosegljiv. Tako dobljena namestitvena zmogljivost priključnih mest novih PN je ocenjena zelo konzervativno, kar lahko srednjeročno privede do preneglega investiranja v nadgradnje omrežja. Posledično je v nadaljevanju predstavljena metodologija namestitvene zmogljivosti na osnovi merilnih podatkov, ki upošteva realne razmere v distribucijskih omrežjih. Metodologija gradi na osnovni SONDSEE zahtevi po modeliranju SN/NN omrežja, pri čemer je dodana časovna sprejemljivost odjema in proizvodnje, ki sta simulirani na podlagi dejanskih meritev.

#### 3.2.1 Vhodni podatki

Za izračun namestitvene zmogljivosti na merilnem mestu zahteva metoda poleg podatkov navedenih v 3.1.1 dodatno:

- Podatke o porabnikih in PN v omrežju vključno z vsemi PN, za katere je že bilo izdano soglasje za priključitev:
  - Merilno mesto in nazivna priključna delovna moč porabnikov  $P_{pod}$ ;
  - Deklarirana karakteristika jalove moči  $Q(U)$  [1, str. 63] in tip PN (poglavje 3.2.3).
- Meritve električne energije porabnikov in PN v SN oziroma NN omrežju (vsaj 1 leto, 15-min časovna resolucija),
- Meritve o vplivnih meteoroloških spremenljivkah za novo in ostale PN v omrežju (npr. sončno sevanje) za iste časovne značke kot meritve o odjemu in proizvodnji iz zgornje točke.

#### 3.1.1

#### 3.2.2 Dovoljen napetostni prostor

V skladu s SIST EN 50160 so napetostne omejitve za NN definirane kot dovoljeno odstopanje napetosti od nazivne vrednosti ( $U_n$ ) oz. od dogovorjene napajalne napetosti ( $U_{cg}$ ) za SN omrežje [2]:

- 10-minutna efektivna vrednost napetosti mora biti 95 % časa znotraj  $U_n \pm 10\%$  (NN omrežje) oz.  $U_{cg} \pm 10\%$  (SN omrežje) ;
- efektivna vrednost napetosti mora biti 100 % časa znotraj  $U_n +10\%$  in  $U_n -15\%$  (NN omrežje) oz.  $U_{cg} +10\%$  in  $U_{cg} -15\%$  (SN omrežje)

Dodatno sta bili v okviru študije "Posodobitev nacionalnega programa pametnih omrežij" predstavljeni dve napetostni omejitvi za NN, definirane kot dovoljeno odstopanje napetosti od nazivne vrednosti ( $U_n$ ) oz. od

dogovorjene napajalne napetosti ( $U_{cg}$ ) za SN omrežje [3]. V okviru študije sta prikazani dve varianti razvoja omrežja, ena brez rešitev pametnih omrežij in ena z rešitvami. Pri razvoju brez rešitev pametnih omrežij smo upoštevali, da je zamenjava NN voda potrebna, ko padec napetosti na njem preseže 7,5 %, kar ustreza sedanjemu načrtovalskemu pristopu. Pri uporabi rešitev pametnih omrežij je bila uporabljena ista osnovna logika načrtovanja, razlika je le, da smo v tem primeru upoštevali maksimalni padec napetosti na NN vodih 9 %. Višji padec napetosti na NN nivoju dovoljujemo ob predpostavki, da bo na SN nivoju izvedena fleksibilna regulacija napetosti z obstoječimi regulacijskimi transformatorji, to je regulacija z meritvami napetosti v več točkah omrežja. Ob napredni regulaciji napetosti na SN lahko dopustimo višje padce napetosti na NN nivoju brez poslabšanja napetostnih razmer pri odjemalcih

Metodologija upošteva meje iz študije.

### 3.2.3 Modeliranje odjema in proizvodnje

#### *Model odjema porabnikov*

Odjem porabnikov v NN/SN omrežju je potrebno natančno modelirati na podlagi zgodovinske časovne vrste, ki ima svoj deterministični in stohastični značaj odjema. Funkcija mora vsebovati koeficiente, ki vplivajo na samo obliko končne krivulje. Deterministični odjem predstavljajo sezonska nihanja, medtem ko stohastični značaj predstavlja potencialna odstopanja od determinističnega.

#### *Modeli proizvodnih naprav*

V distribucijsko omrežje se priključujejo predvsem PN naslednjih tipov:

- fotonapetostne elektrarne – tip 1,
- veterne elektrarne – tip 2,
- male hidro elektrarne – tip 3,
- soproizvodne enote – tip 4,
- dizel agregati – tip 5.

Pri pripravi tehničnega načrta z opisano metodologijo se za vsak tip PN definira ustrezen model, ki ga potrди naročnik.

Upravljanje modelov odjema in proizvodnje je podrobneje opisano v poglavju 4.4.

### 3.2.4 Določitev namestitvene zmogljivosti

Namestitvena zmogljivost na merilnem oz. priključnem mestu PN se določi po naslednjih korakih:

- 1) Modeliramo omrežje, v katerega bo priključena PN. Obravnavamo samo tiste dele omrežja, na katere vpliva obratovanje nove PN.
- 2) Glede na pretekle analize obratovalnega stanja obravnavanega omrežja in izračune namestitvene zmogljivosti določimo kritično obdobje, tj. obdobje, ko se najbolj približamo napetostnim omejitvam (3.2.2), in identificiramo kritična mesta v omrežju.
- 3) Določimo obratovalno stanje obravnavanega omrežja po vključitvi nove PN.
- 4) Določimo namestitveno zmogljivost na priključnem mestu PN.



## 4 Zahtevane funkcionalnosti sistema

### 4.1 Verzioniranje omrežja

Za sledenje razvoja distribucijskega omrežja z vidika priključevanja novih PN mora orodje omogočati uvoz in analizo večih različic istega odseka omrežja v obliki ločenih slojev. In sicer, mora orodje podpirati izvajanje izračunov za naslednje primere:

- Obstoječa topologija omrežja z vsemi priključenimi odjemalci in PN ter vse PN, za katere je že bilo izdano soglasje za priključitev – **primer A**;
- primer A + različne spremembe topologije za dvig namestitvene zmogljivosti – **primer B**.

Za vse zgoraj navedene primere različic omrežja mora orodje omogočati simuliranje priključitve novih PN, za katere so bile prejete vloge za priključitev.

Urejanje in shranjevanje različnih verzij omrežja se izvaja v GIS orodjih preko slojev.

### 4.2 Orodje za izračun pretokov moči

Za določitev namestitvene zmogljivosti mora orodje omogočati izvajanje simulacij obratovanja odsekov distribucijskega omrežja. Natančneje orodje mora na podlagi prejete topologije, tehničnih karakteristik (elementov) omrežja ter predpostavljenih profilov odjema porabnikov in proizvodnje PN omogočati izračune pretokov moči tako za posamezne časovne izseke ali stacionarne obratovalne pogoje kot tudi časovne vrste. Orodje mora podpirati analize pretokov moči:

- za vse primere različic obravnavanega omrežja navedene v poglavju 4.1;
- za vse tipe PN navedene v poglavju 3.2.3;
- pri različnih ukrepih za dvig namestitvene zmogljivosti (npr. spremembe odcepa).

Orodje za izračun pretokov moči mora podpirati analizo radialnih in zazankanih omrežij poljubnih velikosti (le radialni izvod do celotnega območja upravljanja), prenosnega in distribucijskega nivoja. V skladu z razvojnimi načrti EDP na področju RV mora orodje za izračun pretokov moči podpirati širok nabor analiz omrežja:

- neuravnotežen večfazni pretok moči;
- kvazistatične časovne vrste (angl. quasi-static time-series qsts);
- kratkostična analiza;
- harmonska analiza;
- analiza utripanja (flicker).

Omogočati mora tudi modeliranje električnega odziva različnih tipov RV in regulacijskih naprav:

- fotonapetostne elektrarne,
- hranilniki energije,
- pametni pretvorniki,
- veterne elektrarne,
- odziv na povpraševanje( angl. demand-response),
- mikro omrežja.

### 4.3 Nadomeščanje podatkov

#### 4.3.1 Nadomeščanje tehničnih podatkov

V primeru da tehnični podatki, zahtevani v poglavju 3.1.1 oz. 3.2.1, za SN/NN transformatorje in vode niso podani, orodje nadomesti manjkajoče podatke z naslednjimi vrednostmi v skladu z [1, str. 17,18]:

**Tabela 2: Nadomestni tehnični podatki za SN/NN transformatorje**

$S_n$ [MVA]	$u_k$ [%]	$u_r$ [%]
od 0.02 do 0.63	4	0.5 – 1.5
nad 0.63 do 2.5	6	< 1
nad 2 do 10	8	< 1

**Tabela 3: Nadomestni tehnični podatki za vode**

Vrsta voda	$X'$ [ $\Omega$ /km]
Prostozračni vod	0.3 – 0.4
Kabelski vod	0.08 – 0.12
Izolirani nizkonapetostni prostozračni vod	0.1

#### 4.3.2 Overjanje števnih meritev

Funkcionalnost overjanja meritev je izbirna funkcionalnost pri določevanju namestitvene zmogljivosti po metodologiji namestitvene zmogljivosti na merilnih podatkih (poglavje 3.2) in je namenjena odkrivanju manjkajočih in nepravilnih vrednosti v podatkih iz števnih meritev potrebnih za izgradnjo modelov za odjem in proizvodnjo.

##### *Odkrivanje manjkajočih vrednosti*

V prvem koraku se preveri obstoj podatkov, tj. ali obstajajo vsi podatki znotraj časovne vrste. V kolikor zapisi manjkajo oz. so vrednosti »NULL« se zapis označi kot nepravilen. Nad takšno časovno vrsto se izvede ena od metod nadomeščanja podatkov (poglavje 4.3.3) odvisno od števila manjkajočih zapisov.

##### *Odkrivanje nepravilnih vrednosti*

Odkrivanje nepravilnih vrednosti ali osamelcev se vrši na podlagi t.i. MIN-MAX validacije, pri kateri se za vsak zapis v časovni vrsti preveri, če je vrednost znotraj dopustnih meja. Če je vrednost zapisa nižja od spodnje meje veljavnosti ali višja od zgornje meje veljavnosti se zapis označi kot nepravilen. Nad takšno časovno vrsto se izvede ena od metod nadomeščanja podatkov (poglavje 4.3.3) odvisno od števila manjkajočih zapisov.

#### 4.3.3 Nadomeščanje manjkajočih in nepravilnih števnih meritev

Funkcionalnost je namenjena nadomeščanju manjkajočih in nepravilnih vrednosti meritev odkritih s pomočjo funkcionalnosti za overjanje meritev (poglavje 4.3.2). Enako kot slednja je tudi ta izbirna funkcionalnost vezana na določevanje namestitvene zmogljivosti po metodologiji namestitvene zmogljivosti na merilnih podatkih (poglavje 3.2).

##### *Nadomeščanje z zadnjim veljavnim podatkom*

Pri posameznih manjkajočih oz. nepravilnih zapisih znotraj časovne vrste se slednji nadomestijo z vrednostjo zadnjega veljavnega zapisa, tj. vrednost meritev za časovni korak pred ali po časovni znački nepravilnega zapisa.

##### *Nadomeščanje z linearno interpelacijo*

V primeru, ko je znotraj časovne vrste več zaporednih zapisov nepravilnih, vendar ne več kot za 2 uri, se vrednosti med dvema veljavnima zapisoma nadomesti z linearno interpelacijo. Linearna interpelacija

temelji na izračunu naklona premice med dvema točkama. Dve točki imata dve koordinati, in sicer  $x$ , ki je čas, ter  $y$ , ki predstavlja vrednost. Z razliko v vrednosti  $y$  obeh točk je potrebno deliti z vrednostjo, ki je definirana kot število intervalov/korakov med dvema točkama (torej število  $x$  korakov):

$$y = \frac{y_0(x_1 - x) + y_1(x - x_0)}{x_1 - x_0}$$
$$x_0 < x < x_1$$
$$x_1 - x_0 \leq 2h,$$

kjer je  $y$  interpolirana vrednost nepravilnega zapisa pri času  $x$ ,  $y_0$ ,  $y_1$  sta vrednosti veljavnih zapisov pri časih  $x_0$ ,  $x_1$ .

#### *Nadomeščanje na osnovi tipičnih dni*

V primeru ko je znotraj časovne vrste skupaj več kot za 2 uri nepravilnih zapisov, se vrednosti nadomesti na osnovi tipičnih dni. In sicer, se nepravilne vrednosti popravi na podlagi meritev v podobnih intervalih zadnjega enakega tipičnega dne. Tipični dnevi v tednu so:

- 1) ponedeljek;
- 2) torek, sreda ali četrtek;
- 3) petek;
- 4) sobota;
- 5) nedelja ali praznik.

## 4.4 Upravljanje modelov odjema in proizvodnje

Za določitev namestitvene zmogljivosti na osnovi merilnih podatkov mora orodje omogočati izdelavo in upravljanje modelov za odjem in proizvodno na posameznih merilnih mestih in celotnih NN izvodih.

### 4.4.1 Učenje modelov

Po uvozu in overjanju števnih meritev za posamezno merilno mesto bo orodje določilo lokalno prilagojene modele odjema porabnikom oz. proizvodnje PN po metodologiji opisani v poglavju 3.2.3. Poleg modelov za posamezna merilna mesta bo orodje določilo tudi modele odjema in proizvodnje za celoten NN izvod na podlagi agregiranih meritev merilnih mest na tem izvodu po isti metodologiji kot modele za posamezne porabnike in PN.

Pri vsakem vnosu novih meritev (najmanj enkrat letno) bo izvedena recalibracija izdelanih modelov odjema in proizvodne. Izdelani modeli bodo v podatkovni bazi orodja shranjeni v obliki regresijskih koeficientov. Za učenje modelov bo izdelana ločena funkcionalnost oz. modul, ki omogoča pripravo novih modelov na zahtevo uporabnik (skrbnika orodja).

### 4.4.2 Nadomestni modeli

Na podlagi zahtevanih števnih meritev (poglavje 3.2.1) bo orodje določilo tudi nadomestne modele, in sicer za vse ustrezne primere.

- za merilno mesto kjer ni na razpolago zadostna količina kakovostnih meritev;
- za nemerjene odjemalce in PN;
- za PN z izdanim soglasjem za priključitev;
- za PN obravnavano v vlogi za priključitev.

Nadomestni modeli bodo določeni na podlagi metod strojnega učenja za razvrščanje v skupinice (angl. clustering). In sicer, bodo za posamezen tip PN oz. tarifno skupino odjemalcev s pomočjo omenjenih metod iz razpoložljivih meritev posameznih merilnih mest določene reprezentativne skupine po naslednjem postopku:

1. Razvrsti PN/porabnike z razpoložljivimi števnimi podatki v skupine glede na obliko časovnih vrst odjema/proizvodnje.
2. Določi zastopanost (tj. frekvenco pojavlja) posameznih reprezentativnih skupin v obravnavanem omrežju glede na število PN/porabnikov v posamezni skupini.
3. Agregiraj meritve po posameznih reprezentativnih skupinah in jih normiraj glede na skupno priključno moč PN/porabnikov v posamezni skupini.
4. Na osnovi agregiranih in normiranih časovnih vrst izdelaj generičen model za posamezno reprezentativno skupino skladno z metodologijo v 3.2.3.

Pri vsakem izračunu namestitvene zmogljivosti bo orodje samodejno izbralo ustrezen model za nemerjene PN in porabnike glede na njihovo lokacijo ter zastopanost reprezentativnih razredov za njihov tip/tarifni razred, pri čemer bo modelirana proizvodnja oz. odjem skalirana glede na njihovo priključno moč.

## 5 Obstoječa orodja in njihove funkcionalnosti za sistem

### 5.1 ArcGIS

ArcGIS je geografsko informacijski sistem (GIS) Windows aplikacija, ki jo razvija ameriško podjetje Esri . ArcGIS sestavljajo različna programska orodja:

- ArcGIS Desktop (imenovan tudi »ArcMap«), namenjen vnosu podatkov in zahtevnejšim prostorskim analizam,
- ArcGIS Pro, nova, integrirana GIS aplikacija, ki naj bi sčasoma nadomestila ArcMap in spremljevalne programe. ArcGIS Pro deluje v 2D in 3D za kartografijo in vizualizacijo ter vključuje umetno inteligenco.

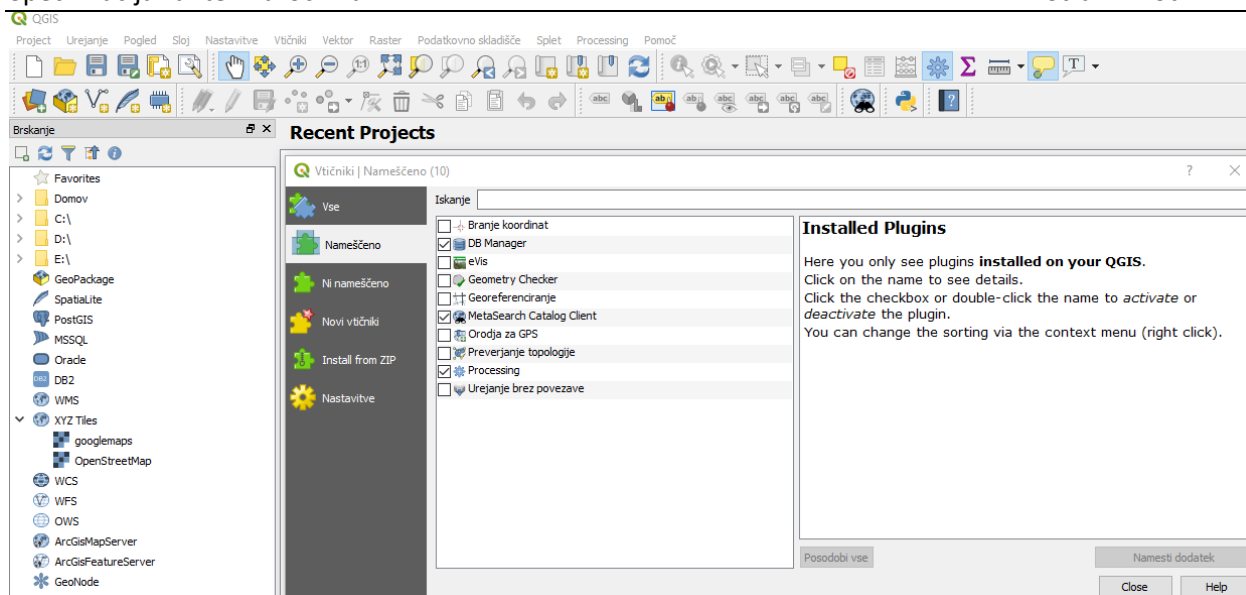
Poleg tega ponuja proizvajalec tudi ArcGIS Enterprise izdelke, strežniške izvedbe. ArcGIS Enterprise je hrbtenica za zagon zbirke programov Esri in aplikacij izdelanih po meri podjetja.

Naročnik uporablja orodje ArcGIS Enterprise. V uporabi je ArcGIS Server in pa spletna aplikacija. ArcGIS je razširjen z razširitvijo UT proizvajalca VertiGIS, ki je namenjena upravljanju z elektroenergetsko in drugo Utility infrastrukturo. ArcGIS in razširitev UT predstavljata v IT okolju t.i. **glavni sistem za hrambo podatkov topologije in tehničnih parametrov omrežja**.

### 5.2 QGIS

QGIS je uporabniku prijazen odprtokodni geografski informacijski sistem (GIS), licenciran pod splošno javno licenco GNU. QGIS je uradni projekt odprtokodne geoprostorske fundacije (OSGeo). Deluje v sistemih Linux, Unix, Mac OSX, Windows in Android ter podpira številne vektorske, rastrske in baze podatkov v oblikah in funkcionalnostih [9].

QGIS ima vtično t.i. »plugin« infrastrukturo, ki omogoča izdelavo lastnih vtičnikov s čimer uporabnik pridobi dodate nove funkcionalnosti. Vtičniki so lahko izdelani v jeziku C ++ ali Python. Vtičniki se izdelajo s pomočjo programskega jezika Python kot t.i. »Python struktura«. Tej osnovni strukturi se lahko doda nove funkcije (npr. povezovanje na zunanjo podatkovno bazo, funkcije preračunavanja posameznih parametrov ipd.). Vtičnik omogoča interakcijo z distribucijskim omrežjem v QGIS. Poleg tega ima QGIS pripravljene Python vezi t.i. »bindings«, ki omogočajo avtomatizirane naloge v QGIS. To pomeni, da lahko prek izdelane razširitev dostopamo do objektov in njihovih atributov, kot tudi spreminjamo, dodajamo ali odstranjujemo posamezne elemente in njihove attribute v QGIS.



Slika 1: QGIS - vtičniki

Vtičniki so majhne aplikacije/funkcionalnosti, za katere je možno v QGIS-u z že integriranim »čarovnikom« zagotoviti osnovno okolje razvoja dodatnih funkcionalnosti.

Pri naročniku se QGIS uporablja za analitične naloge razvoja NN distribucijskega omrežja. S QGIS-em se povezujejo na tabele podatkovne baze, ki opisujejo celotno NN distribucijsko omrežje naročnika. Analize pa se izvajajo na izvoženih parcialnih delih omrežja. Različne razvojne analize se izvajajo s pomočjo različnih slojev t.i. »layer«-jev, kot tudi s pomočjo vtičnikov t.i. »plugin«-ov.

### 5.3 Storitveno vodilo

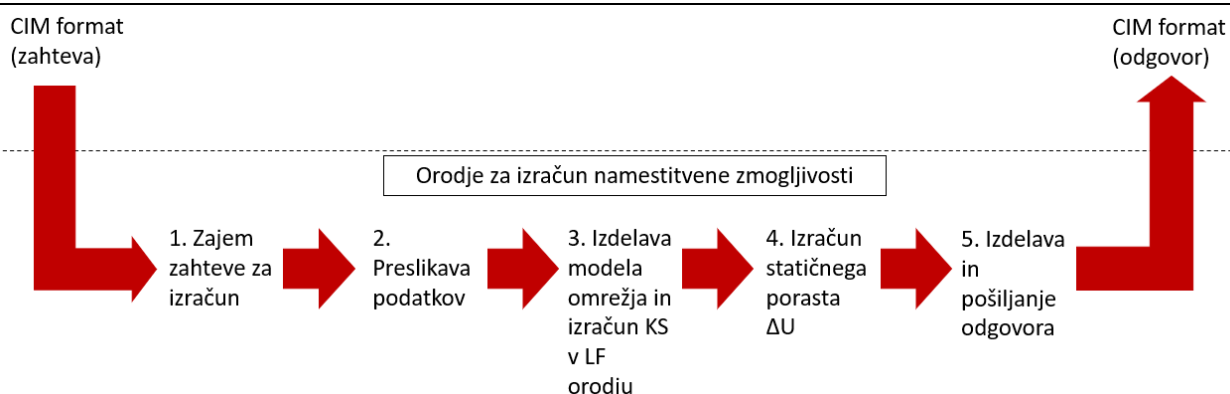
Storitveno vodilo predstavlja tisti del infrastrukture, ki omogoča povezovanje različnih informacijskih sistemov oziroma aplikacija ter omogoča enotni sistem za dostop do vseh storitev. Osnovna naloga je prenos sporočil med vsemi IT sistemi oziroma aplikacijami.

Pri naročniku je preko storitvenega vodila izvedena integracija ArcGIS – ERP. ArcGIS je integriran preko storitvenega vodila ter z uporabo CIM sporočil izmenjuje informacije s sistemom ERP (MS Dynamics NAV). Integracija uporablja po meri prilagojena CIM sporočila, ki vključujejo nekatere nestandardne razširitve CIM modela.

## 6 Arhitektura orodja za namestitveno zmogljivost in umestitev v sisteme

Orodje za izračun namestitvene zmogljivosti bo umeščeno v IT okolje EDP kot samostojna neodvisna API knjižnica. Orodje NZ za ostale sisteme predstavlja t.i. »črno škatlo« (angl. »black box«), ki se z ostalimi sistemi integrira na nivoju storitev, ki bodo posredno dostopne preko storitvenega vodila.

Orodje za namestitveno zmogljivost mora na podlagi izvedenih izračunov pretokov moči (4.2) omogočati določitev namestitvene zmogljivosti skladno z metodologijo opisano v (3.1)3.1. Končni rezultat vsake preverbe namestitvene zmogljivosti je izpis spremembe napetosti zaradi priključitve nove PN ter pripis oz. oznaka, če se ta nahaja znotraj dopustnega napetostnega prostora skladno s 3.1.2 in 3.2.2.



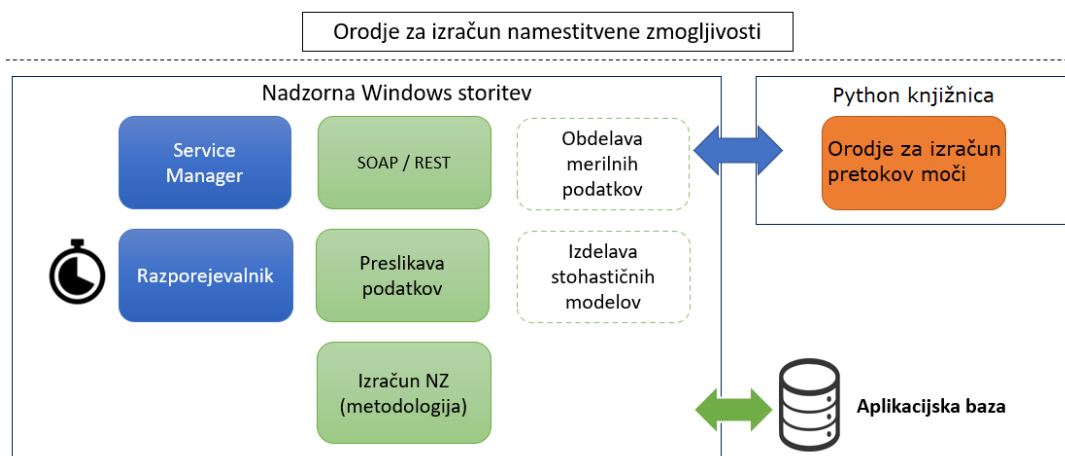
Slika 2: Shematski prikaz delovanja orodja

Orodje bo funkcioniralo po principu (Slika 2):

1. Zajem zahtev za izračun, ki predstavlja CIM sporočilo s celotno topologijo obravnavanega dela omrežja ter podatki o novi PN za katero izvajamo izračun.
2. Podatke o omrežja preslika v format, ki ga potrebuje orodje za izračun pretokov moči.
3. Nato posreduje preslikane podatke skupaj z zahtevo za izračun kratkega stika (KS v orodje za izračun pretokov moči (ang. LF - »Loadflow«)).
4. Analizira izračunane rezultate in ter določi statične porast napetosti  $\Delta U$  v vseh kritičnih točkah poslanega omrežja.
5. Pripravi odgovor v CIM formatu ter ga posreduje nazaj prosilcu.

### 6.1 Arhitektura orodja

Naročnik predlaga, da je orodje za določitev namestitvene zmogljivosti sestavljeno iz nadzorne Windows storitve in nove zgrajene Python knjižnice (Slika 3Slika 3). Celotna arhitektura je nameščena na skupnem Windows strežniku.



Slika 3: Shematski prikaz arhitekture orodja

Knjižnica (Python) naj vključuje orodje za izračun pretokov moči (orodje: pandapower) in bo neposredno povezana z nadzorno Windows storitvijo, ki bo temeljila na .NET tehnologiji.

Aplikacijska podatkovna baza, namenjena shranjevanju podatkov (npr. priključne moči, regresijski koeficienti) za izračun namestitvene zmogljivosti ter rezultatov izračunov, bo razvita v Microsoft SQL, ki uporablja SQL jezik.

Nadzorni Windows servis bo sestavljena iz več modulov, ki jih med seboj usklajuje upravitelj – SERVICE MANAGER. Upravitelj nadzoruje vse notranje in zunanje interakcije med moduli. RAZPOREJEVALNIK temelji na strukturi vrsta in skrbi tako za sosledje izvajanja zahtev (obvladuje faktor vzporednosti) kot tudi za periodične izračune, modul BAZA je odgovoren za komunikacijo s podatkovno bazo, modul PRESLIKAVA PODATKOV pretvori podatke iz zunanjih virov v entitete baze podatkov ter v podatkovni format za izračun, IZRAČUN NZ izvaja analitična opravila itd.

Modularna zasnova omogoča kasnejše razširitve orodja z npr. modul za obdelavo merilnih podatkov, ki omogoča validacijo in nadomeščanje manjkajočih merilnih podatkov kot je modul za izdelavo stohastičnih modelov porabe in proizvodnje za izvajanje analiz omrežja po metodologiji namestitvene zmogljivosti na merilnih podatkih (3.2Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.).

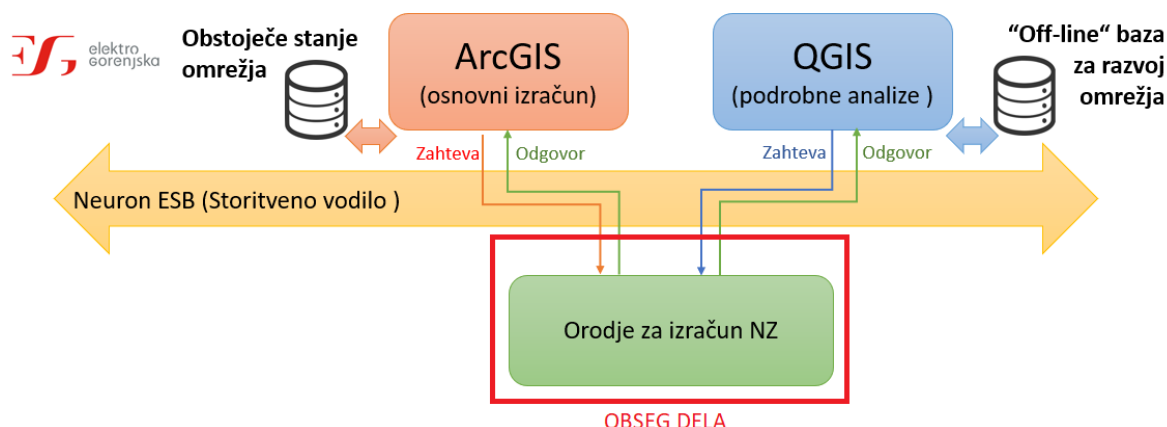
## 6.2 Integracija aplikacije v IT okolje naročnika

Shematski prikaz integracije novega orodja za določanje namestitvene zmogljivosti pri naročniku je prikazano na Slika 4.

Naročnik razpolaga z ArcGIS (GIS sistem) in QGIS (uporabniški vmesnik). Funkcionalnost novega orodja za določanje namestitvene zmogljivosti bo omenjenima GIS aplikacijama ponujena preko storitvenega vodila pri čemer je potreben vložek v razširitev oz. dograditev obeh GIS orodij. Orodje za NZ bo na storitvenem vodilu integrirano kot spletni servis oz. »endpoint«, ki prejema zahteve za izračun v CIM formatu in rezultat izračuna vrača kot odgovor prav tako v CIM formatu.

Obseg dela izvajalca predstavlja razvoj, implementacijo in umestitev orodja za izračun namestitvene zmogljivosti v okolje naročnika z možnostjo integracije razvitega orodja prek ESB storitvenega vodila, kot je prikazano na Slika 4, ne pa tudi same integracije z obstoječimi sistemi.

Naročnik je prepoznal dva primera uporabe orodja za določanje namestitvene zmogljivosti, ki bosta izkoriščala novo orodje.



Slika 4: Shematski prikaz integracije orodja pri naročniku

### 6.2.1 Integracija z orodjem ArcGIS

Namen integracije orodja z ArcGIS, je za **izvajanje osnovnega izračuna namestitvene zmogljivosti v distribucijskem omrežju**, ki ga bo naročnik ponudil kot orodje soglasodajalcem. Osnovni izračun je izračun namestitvene zmogljivosti nove PN na izbrani lokaciji, pri čemer je v orodje posredovana obstoječa



topologija z vsemi priključenimi odjemalci in PN ter vse PN, za katere je že bilo izdano soglasje za priključitev – Primer A iz poglavja 4.1.

Za določanje namestitvene zmogljivosti je predviden razvoj funkcionalnosti v spletni aplikaciji GIS. Preko spletne aplikacije bo uporabnik na izbranem merilnem mestu/omarici ali merilni celici dodal novo PN ter ji določil atribute. Ob potrditvi bo funkcija spletne aplikacije samodejno poskrbela za:

1. transformacijo prostorskih podatkov v CIM sporočilo;
2. posredovanje zahteve za izračun na spletno storitev, registrirano na storitvenem vodilu;
3. Zajem rezultatov v CIM sporočilu, transformacija podatkov in zapis v podatkovno bazo;
4. Prikaz rezultatov izračuna v spletni aplikaciji GIS;

Aplikacijo v spletni aplikaciji GIS bo naročnik izvedel skupaj z partnerjem, ki vzdržuje sistem ArcGIS. Izvajalec, ki bo razvil orodje NZ, mora poskrbeti za delovanje integracije orodja NZ (dokumentacija, izvedba testov pravilnosti in celovitosti delovanja vmesnikov, vzdrževanje, podpora idr.).

### 6.2.2 Integracija z orodjem QGIS

Namen integracija orodja s QGIS, je za **izvajanja podrobnih analiz in vpliva razvoja distribucijskega omrežja** na namestitveno zmogljivost. Ker podatkovna baza prostorskih podatkov namenjena razvoju omrežja, je primerna za izvajanje podrobnejših analize za različne ukrepe povišanja namestitvene zmogljivosti v omrežju (npr. zamenjava voda, postavitve nove trase, zamenjava transformatorja, ipd.) – Primer B iz poglavja 4.1. Različni ukrepi predstavljajo različne verzije omrežja, ki se jih v QGIS-u hrani v ločenih slojih oz. »layer«-jih.

Funkcionalnost orodja za namestitvene zmogljivosti se v QGIS integrira s pomočjo Python vmesnika v obliki t.i. »plugin«-a (vtičnika). Del vtičnika je tudi pojavno okno, ki se pojavi ob kliku na lokacijo nove PN. V pojavnem oknu se določijo atributi nove PN. Poleg tega se izbere verzija omrežja (izbere »layer«-je), ki predstavlja obravnavano topologijo omrežja v izračunu. Ob potrditvi QGIS nato vtičnik samodejno poskrbi za:

1. transformacijo prostorskih podatkov v CIM sporočilo;
2. posredovanje zahteve za izračun na spletno storitev, registrirano na storitvenem vodilu;
3. Zajem rezultatov v CIM sporočilu, transformacija podatkov in zapis v »Off-Line« podatkovno bazo (ETL);
4. Prikaz rezultatov izračuna v uporabniškem vmesniku QGIS-a;

## 7 Nefunkcionalne zahteve

Zahteva	Opis nefunkcionalne zahteve
N01	Orodje za izračun namestitvene zmogljivosti bo umeščeno v IT okolje naročnika kot samostojna neodvisna API knjižnica.
N02	Orodje NZ za ostale sisteme predstavlja t.i. »črno škatlo« (angl. »black box«), ki se z ostalimi sistemi integrira na nivoju storitev, ki bodo posredno dostopne preko ESB storitvenega vodila.
N03	Arhitektura orodja NZ mora biti skladna z opisom zahtev v poglavju 6.1.  Pri tem mora: - nadzorni nivo orodja temeljit na tehnologiji Microsoft .NET,



Zahteva	Opis nefunkcionalne zahteve
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- podatkovni nivo orodja temeljit na tehnologiji Microsoft SQL Server,</li> <li>- knjižnica za metodološke izračune temeljiti na tehnologiji Python (pandapower).</li> </ul> <p>Pri uporabi tehnologij naj se uporabijo najnovejše stabilne verzije, ki so aktualne v času razvoja. Izvajalec mora v okviru letnih pregledov zagotoviti sprotne nadgradnje tehnoloških platform (programskih ogrodij, knjižnic, tehnologij idr.), ki so uporabljene za razvoj orodja.</p>
N04	<p>Arhitektura orodja NZ mora biti modularna in mora predvidevati najmanj razširljivost za potrebe dodajanja novih:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- novih modelov PN,</li> <li>- novih metodologij,</li> <li>- novih algoritmov za validacijo,</li> <li>- novih algoritmov za overjanje meritev,</li> <li>- novih algoritmov za nadomeščanje meritev,</li> <li>- novih algoritmov za nadomeščanje tehničnih podatkov.</li> </ul>
N05	<p>Vsi parametri in konstante, ki niso del podatkovnega okvira zahteve, morajo biti nastavljivi (kot so npr. napetostne omejitve, ki izhajajo iz SIST EN 50160) skozi uporabniški vmesnik, tako da jih lahko nastavlja vsebinski skrbnik orodja za NZ.</p>
N06	<p>Integracija orodja bo izvedena preko storitvenega vodila, pri čemer se za sintakso sporočil uporabi CIM standard (IEC 61970) verzije 17v40. Arhitektura storitvenega nivoja orodja mora omogočati nadgradnjo verzije standardov, ki se uporabljajo za vmesnike storitev, in vzporedno delovanje več verzij storitvenih vmesnikov za potrebe vzdrževanja združljivosti z že izdelanimi vmesniki.</p>
N07	<p>Naročnik vzpostavlja storitveno usmerjeno arhitekturo na platformi storitvenega vodila (ESB – Enterprise Service Bus). Naročnik želi, da je orodje NZ umeščeno v IT okolje umeščeno enkrat in da ostali IT sistemi oz. aplikacije uporabljajo storitve orodja preko storitvenega vodila (brez integracij točka v točko med aplikacijami).</p> <p>Predpostavlja se, da za razvoj integracijskih vzorcev na samem storitvenem vodilu poskrbi naročnik. Naloga ponudnika je, da v okviru načrta zagotovi definicije integracijskih vmesnikov in scenarije, ki predstavljajo izhodišče za izvedbo integracij ter sodeluje pri izvedbi testiranj.</p>
N08	<p>Aplikacijo v spletni aplikaciji ArcGIS bo naročnik izvedel skupaj z partnerjem, ki vzdržuje sistem ArcGIS.</p> <p>Izvajalec, ki bo razvil orodje NZ, mora poskrbeti za delovanje integracije orodja NZ (dokumentacija, izvedba testov pravilnosti in celovitosti delovanja vmesnikov, vzdrževanje, podpora idr.).</p>
N09	<p>Predpostavlja se, da se bo orodje QGIS integriralo z orodjem NZ po enakem integracijskem vzorcu kot spletna aplikacija ArcGIS.</p> <p>Izbira izvajalca in način izvedbe izdelave orodij ter integracije QGIS ima namen naročnik izvesti v kasnejših fazah. Zato časovnica za izvedbo integracije z orodjem QGIS še ni znana in posledično ni predvidena v obsegu projekta.</p>
N11	<p>Orodje mora omogočati, da se pri vsakem vnosu novih meritev (najmanj enkrat letno) izvede rekaliibracija izdelanih modelov odjema in proizvodne. Naročnik predvideva, da bodo izdelani modeli shranjeni v podatkovni bazi orodja v obliki regresijskih koeficientov. Za učenje modelov naj bo izdelana ločena funkcionalnost oz. modul, ki omogoča pripravo novih modelov na zahtevo uporabnika (skrbnika orodja). Spletne storitve tega modula morajo biti organizirane tako, da ima naročnik dostop do celotnega ozadja delovanja spletne storitve in potencialnega povezovanja s oblaknimi storitvami.</p>
N12	<p>Izvajalec naj pripravi opis oz. načrt postopka testiranja pred produkcijsko uvedbo. Pri tem naj izvajalec upošteva, da naročnik zahteva vzpostavitev orodja v fazah s sprotnim preverjanjem (verifikacija in</p>

Zahteva	Opis nefunkcionalne zahteve
	<p>validacija) na testnem okolju in preverjanjem celovitosti na testnem okolju pred preходом v produkcijo. Načrt naj vsebuje tudi opis testiranja obremenitev in varnosti dostopov glede na zahteve okolja naročnika.</p> <p>Izvajalec naj vzpostavi procedure izvedbe samodejnega testiranja osnovnih, robnih in kritičnih scenarijev uporabe na nivoju storitev orodja v oblik t.i. »unit testov«. Na ta način se poveča učinkovitost ponovitve izvedbe testov ob popravkih in razširitvah orodja. Unit testi naj zaradi ponovljivost temeljijo na učnem modelu (t.i. mackup modelu) omrežja in predefiniranih vhodih in pričakovanih rezultatih.</p> <p><b>Testiranje pravilnosti in celovitosti delovanja orodja po SONDSEE mora zajemati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rezultati se bodo primerjali z obstoječimi programskimi rešitvami (SN nivo: Gredos, NN nivo: QGIS NNO).</li> <li>- V testiranju se primerja poraste napetosti na NN in SN nivoju, če se PN priključuje na NN nivo, ter poraste na SN nivoju, če se PN priključuje na SN nivo.</li> <li>- Izračuni se ponovijo za različne SN izvode in različne NN izvode s čimer preverimo ustreznost podatkovnega modela in kakovost podatkov.</li> <li>- Okvirni primeri uporabe, ki so podlaga za pripravo testnih scenarijev: <ul style="list-style-type: none"> <li>• priključitev PN na NN izvod, kjer še ni nobene PN,</li> <li>• priključitev PN na NN izvod, kjer so že obstoječe PN,</li> <li>• priključitev PN na NN izvod, kjer so že obstoječe PN in izdana soglasja za nove PN, ki še niso priključene,</li> <li>• priključitev PN na SN izvod, kjer še ni nobene PN,</li> <li>• priključitev PN na SN izvod, kjer so že obstoječe PN,</li> <li>• priključitev PN na SN izvod, kjer so že obstoječe PN in izdana soglasja za nove PN, ki še niso priključene,</li> <li>• pri testiranju je potrebno zajeti omrežje, ki je priključeno na TR z klasično regulacijo napetosti kakor tudi na omrežju, ki ga napaja TR s kompavdacijo,</li> <li>• pri vključevanju PN na NN omrežje je potrebno preveriti pravilnost delovanja metode na TR z različnimi prestavami,</li> <li>• preveriti je potrebno tudi delovanje algoritma glede na različno nastavljene odcepe TR SN/NN na SN izvodu.</li> </ul> </li> <li>- Vsak testni scenariji – ročni testi se izvede na trenutnim realnim poljubnim segmentom omrežja, pri čemer mora sam scenarij definirati predpostavke, ki definirajo okoliščine samega scenarija.</li> </ul> <p><b>Testiranje pravilnosti in celovitosti delovanja orodja po metodi z uporabo meritev:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Na testnem modelu omrežja se izvede izračun pretokov moči. Za ovrednotenje pravilnosti delovanja se izračunana nihanja napetosti (min, max) primerjajo z izmerjenimi meritvami napetosti števecv EE.</li> <li>- Rezultati se bodo primerjali z obstoječimi programskimi rešitvami (SN nivo: Gredos, NN nivo: QGIS NNO).</li> <li>- Na testnem modelu omrežja se primerja rezultate z rezultati razvite metodologije po SONDSEE.</li> <li>- V testiranju se primerja poraste napetosti na NN in SN nivoju, če se PN priključuje na NN nivo, ter poraste na SN nivoju, če se PN priključuje na SN nivo.</li> <li>- Izračuni se ponovijo za različne SN izvode in različne NN izvode s čimer preverimo ustreznost podatkovnega modela in kakovost podatkov.</li> </ul> <p>Okvirni primeri uporabe, ki so podlaga za pripravo testnih scenarijev so enaki kot pri testiranju metodologije po SONDSEE.</p>

Zahteva	Opis nefunkcionalne zahteve
	<p>Pri načrtovanju in vzpostavitvi orodja je izvajalec dolžan upoštevati polni nabor atributov entitet in šifrantov na podatkovnem viru (CIM profil). Posledično mora končen izdelek orodja omogočati izračune v poljubnih točkah omrežja in zgolj scenarije opredeljene s testnimi procedurami. Okvirne testne primere mora izvajalec razširiti in dopolnit glede na poznavanje tehničnih specifik delovanja orodja.</p>
N13	<p>Orodje mora omogočati dodeljevanje pravic za dostop do uporabniškega upravljanja nadzornega dela orodja na osnovi AD (Active Directory) skupin uporabnikov.</p>
N14	<p>Spletne storitve orodja naj za protokol zaradi varnosti uporabljajo HTTPS protokol.</p>
N15	<p>Avtentikacija uporabnikov storitev orodja naj temelji na uporabi avtentikacijskih žetonov (angl. authentication token). Avtentikacijski žeton se posreduje v glavi zahteve ob vsakem klicu storitve.</p> <p>Izvajalec naj v načrtu predvidi način generiranja žetonov in administriranja žetonov v okviru nadzornega dela orodja.</p>
N16	<p>Vse obdelave nad podatki, ki se bodo hranili v orodju, morajo biti v skladu z veljavno lokalno zakonodajo. Tukaj je predvsem mišljena skladnost z Zakonom o varstvu osebnih podatkov (ZVOP) in Splošno uredbo o varstvu podatkov (GDPR). V kolikor se bodo v orodju hranili osebni podatki, mora orodje preprečevati nepooblaščen vpogled v osebne podatke. Enako mora v tem primeru omogočati tudi beleženje revizijske sledi vpogledov v osebne podatke.</p>
N17	<p>Orodje mora omogočati shranjevanje in spremljanje aktivnosti uporabnikov (npr. preko shranjevanja logov). Beleženje mora zajemati tako aktivnosti zahtev za izračune, kot tudi posege v nadzornem delu.</p>
N18	<p>Izvajalec naj pripravi načrt strojne in programske opreme, ki je potrebna za vzpostavitev okolij orodja. Načrt mora vsebovati tudi postopke za izdelavo varnostnih kopij in postopke za obnovitev sistema iz varnostnih kopij.</p> <p>Orodje se vzpostavi na naročnikovi lastni infrastrukturi. Naročnikova obstoječa infrastruktura temelji na Microsoftovi platformi. Pri tem naročnik kot virtualizacijsko platformo uporablja Microsoft Hyper-V, na Windows server Datacenter licenčni osnovi. Naročnik prav tako uporablja Microsoft SQL Server kot primarno tehnologijo pri razvoju informacijskih rešitev.</p> <p>Od izvajalca se pričakuje izvedba oz. sodelovanje z naročnikom pri konfiguraciji okolja (Windows, SQL Server idr.) ter izvedba namestitve programske opreme izvajalca. Za vzpostavitev okolja (strojna oprema, namestitev sistema, domena, požarni zid, varnostne kopije, visoka razpoložljivost idr.) poskrbi naročnik.</p>
N19	<p>Izvajalec naj za orodje predvidi tudi možnost uporabe v oblaku Microsoft Azure. Izvajalec naj v okviru načrta pripravi in predstavi način za potencialno naknadno selitev postavitve v oblak.</p>
N20	<p>Načrt orodja naj vsebuje opis okrevnega načrta, kako se sistem vzpostavi v primeru katastrofe, vključno kako sistem omogoča replikacijo podatkov na redundančno hrambo ali oddaljeno lokacijo.</p>
N21	<p>Izvajalec mora tekom projekta in vzdrževanja sproti, s predajo posameznih sprememb (faz projekta, popravkov, prilagoditev, dopolnitev, posodobitev, novih funkcij idr.) v preizkušanje, naročniku predložiti dokumentacijo za preizkušane dele.</p> <p>Izvajalec mora v največji možni meri upoštevati predloge za izdelavo dokumentacije, ki jih naročnik že uporablja za dokumentiranje obstoječih informacijskih rešitev (želja po poenotenju dokumentacije na strani naročnika).</p> <p>Naročnik zahteva, da dobavitelj vzdržuje skladnost naslednjega nabora dokumentacije:</p>

Zahteva	Opis nefunkcionalne zahteve
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnično dokumentacijo, ki obsega najmanj arhitekturne diagrame, infrastrukturne diagrame in diagrame podatkovnega modela,</li> <li>- Celovita uporabniška navodila v skladu z dobavljeno (prilagojeno) konfiguracijo sistema. Gradivo mora pri tem vsebovati najmanj:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Navodila za uporabo funkcij, funkcionalnosti in modulov, ki so predmet prilagoditve.</li> <li>o Za standardne paketne rešitve, funkcionalnosti in module, ki nimajo prilagoditev, se lahko sklicuje na objavljena standardna navodila, če dovolj dobro opisujejo uporabo. V nasprotnem primeru je izvajalec dolžan pripraviti navodilo za uporabo tudi za tak sklop.</li> <li>o Procesne diagrame, ki ponazorijo uporabo in se sklicujejo na navodila.</li> </ul> </li> <li>- Celovito funkcionalno in tehnično specifikacijo sistema, ki jasno opredeljuje konfiguracijo funkcionalnosti, ki se bo vzpostavila (pred vzpostavitvijo).</li> <li>- Primeri uporabe funkcionalnosti sistema, na osnovi katerih se bo izvajalo testiranje. Pri tem se za vsak primer uporabe pripravi procesni diagram in testne scenarije (en primer uporabe ima lahko več scenarijev), ki definirajo najmanj:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o vlogo uporabnika/akterja/komponente sistema, ki sproži akcijo,</li> <li>o akcijo (uporabnik, sistem, integracija idr.),</li> <li>o aplikacijo/module/funkcionalnost, ki se uporablja za izvedbo akcije,</li> <li>o rezultat akcije,</li> <li>o predpogoje za izvedbo testnega scenarija,</li> <li>o sprejemne pogoje za uspešno izveden testni scenarij.</li> </ul> </li> <li>- Oceno tveganja in načrt za upravljanje tveganj.</li> </ul> <p>Dokumentacija vključuje tudi programsko kodo orodja za izračun priključne zmogljivosti, ki jo mora izvajalec naročniku predati v skladu s stilom pisanja in komentiranja programske kode po predpisu PEP 8.</p> <p>Izvajalec je skozi celoten projekt in tekom vzdrževanja dolžen skrbeti za ažurnost dokumentacije.</p>
N22	<p>Izvajalec naj pripravi standardni operativni postopek ob izvajanju sprememb (nadgradnje, dograjevanje z razširitvami, razširitve s konfiguracijo in uporabo standardnih funkcionalnosti, spremembe konfiguracije rešitve idr.). Postopek mora omogočati beleženje sprememb tako tehničnih kot vsebinskih za potrebe revizijske sledi (tako imenovani "release management").</p>
N23	<p>Projekt naj vsebuje načrt izvedbe izobraževanja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Izobraževanje za skrbnike administrativnega dela sistema.</li> <li>- Ob zaključku izobraževanja morajo skrbniki osvojiti znanje za samostojno delo in uporabo razvitega orodja.</li> <li>- Izobraževanje za naročnikovo IT osebje mora vsebovati:           <ul style="list-style-type: none"> <li>o Predajo tehnične dokumentacije.</li> <li>o Prestavitev potrebnih razvojnih orodij.</li> <li>o Predstavitev strukture in delovanja programske kode.</li> <li>o Predstavitev uporabe knjižnic na nivoju programske kode.</li> </ul> </li> </ul> <p>Izvedba izobraževanja za ključne uporabnike in IT osebje mora biti izvedena do mere, da bodo lahko ti prenesli znanje na preostale uporabnike (princip »train the trainer«).</p>
N24	<p>Izvajalec je dolžan skupaj z naročnikom ob zaključnem preizkušanju (celoviti SAT) izvesti in dokumentirati inicialne referenčne meritve odzivnih časov pri uporabi orodja NZ. Nabor referenčnih primerov uporabe za izvedbo meritev se določi pri izdelavi načrta. Meritve se ponovi in primerja ob vsakem letnem preventivnem pregledu. Poleg meritev se izvede tudi pregled delovanja sistema na osnovi log datotek. Izvajalec je na osnovi pregleda naročniku dolžan predlagati morebitne potrebne optimizacije in prilagoditve.</p>

Zahteva	Opis nefunkcionalne zahteve
N25	Pri podatkih merilnih mest (osnovni podatki, partnerji, naprave, poraba, meritve idr.) je potrebno vzpostaviti sistem brisanja podatkov (periodično brisanje zgodovine) v skladu z Energetskim zakonom (EZ-1) (vrste osebnih podatkov in rok hrambe osebnih podatkov).

## 8 Viri

[1] „SONDSEE Priloga 5: Navodila za priključevanje in obratovanje proizvodnih naprav in hranilnikov priključenih v distribucijsko elektroenergetsko omrežje“. SODO, d.o.o., 2020.

[2] „SIST EN 50160:2011: Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih“. SIST, 2011.

[3] A. Souvent et al., „Posodobitev nacionalnega programa pametnih omrežij, Študija št.:2444“. EIMV, 2020.

[4] „Welcome to the QGIS project!“ <https://www.qgis.org/en/site/index.html> (pridobljeno jul. 13, 2021).