



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
ELEKTROENERGEETIKA JA MEHHATROONIKA INSTITUUT

Jaotusvõrgu tasakaalustatud varustuskindluse tase ühiskondliku kogutoodangu alusel

Uurimustöö LEP18003 lõpparuanne

Tallinn 2018

Uurimistöö täitjad:

Ivo Palu	professor, tellimustöö vastutav täitja, TTÜ Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Peeter Raesaar	emeriitdotsent, TTÜ Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Juhan Valtin	emeriitprofessor, TTÜ Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Karl Kull	doktorant-nooremteadur, TTÜ Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Tarmo Trummal	insener

Uurimistöö lühikirjeldus

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi koostatud Energiamaajanduse arengukavas (ENMAK) aastaks 2030 seati eesmärgiks viia varustuskindluse näitaja SAIDI_{kogu} 90 minutini aastaks 2030, põhjustamata seejuures olulisi lisakulusid tarbijatele. Eelnevas uurimistöös LEP17034 (SAIDI_{kogu} 90 minutit tagava eelarve analüüs) selgus, et selle eesmärgi saavutamine pole Elektrilevi olemasoleva eelarve juures saavutatav. Antud töös analüüsiti, kas see eesmärk on majanduslikult mõistlik.

Uuriti, kuidas tasakaalustada ühiskondlik kulu ja investeeringud elektrivõrkudesse; milline on sel juhul SAIDI_{kogu} väärtus Eestile, erinevatele võrguettevõtetele ja varustuskindluse piirkondadele ning kuidas on tulemused võrreldavad SAIDI_{kogu} = 90 min saavutamiseks vajaliku eelarvega. Analüüsiti kahte stsenaariumit:

- Kogukulude minimeerimine, kus kogukuludeks on ühelt poolt ühiskondlik katkestuskulu ja teiselt poolt investeeringud elektrivõrkudesse ning kasutamata vara jääkväärtus;
- SAIDI_{kogu} saavutamine 90 minutini kogu Eesti jaoks.

Kasutati eelmises töös LEP17034 rakendatud süsteemidünaamika meetodit ja evolutsioonilise optimeerimise algoritme, mille abil leitakse lahenduste ruumist võimalikud lahendid ning selekteeritakse välja parim. Et saada tulemusi kogu Eesti jaotusvõrkude kohta, laiendati mudelit ka teistele jaotusvõrguettevõtetele. Varustuskindluse suurendamiseks arvestati nelja võimaliku tehnoloogiaga:

- Paljasjuhtmete asendamine ilmastikukindlamate kaetud juhtmete ja õhukaablitega;
- Võrgu automatiseerimine – rakendatakse ainult eluiga mitte ületanud varaklassidele;
- Keskpingeliinide viimine ennetavalt paigaldatud kaablitorudesse;
- Ebavajaliku võrgu kasutusest kõrvaldamine (keskmiselt ca 3% ulatuses).

Ühiskondliku katkestuskulu hindamisel rakendati TTÜs välja töötatud metoodikat, kus katkestuskulu väljendati nn katkestusminuti maksumuse kaudu. Kasutamata vara jääkväärtus leitakse mahakantud vara jääkeluea ja amortisatsiooninormi alusel. Kogukulud leitakse investeerimiskulude, kasutamata vara jääkväärtuse ja ühiskondliku katkestuskulu summana. Esimese kahe summat võib käsitleda uuenduskuludena.

Lahenduste ruumile rakendati mitmeid kitsendusi, mis peegeldavad Elektrilevi eelarve poliitikat, ehitusressurssidest tulenevaid aastaseid ehitusmahte, arvestite uuendamisvajadust jms. Eluea ületanud varaklassidele rakendati tehnilise riski määra 25 %. Mudelit on laiendatud Eesti kogu võrgule.

Uurimistöö tulemuste hinnang

Vähimkulu stsenaariumi korral vähenevad investeeringud varustuskindluse tõstmiseks peale aastat 2019 drastiliselt, jõudes aastaks 2022 tasemele ca 30 M€/a ja jäädes sellele aastani 2030. Ühiskondlik katkestuskahju väheneb praeguselt tasemelt suhteliselt vähe – ca 15 % aastaks 2030 tasemeni 21 M€/a. See tähendab aga, et vähendatud eelarve võimaldab siiski vähendada katkestuste hulka võrgus. Kasutamata vara jääkväärtus jääb väga madalale 2-3 M€/a tasemele. See näitab, et selle stsenaariumi korral enamik vara asendatakse tehnilise eluea lõpul või selle ületamisel. SAIDI saavutab aastaks 2030 väärtuse 152 min, mis tähendab üsna väikest vähenemist võrreldes tänasega. Seejuures tuleb ehitada 281 km kaetud juhtmega õhuliine ja 41 km maakaabelliini ning automatiseerida 315 km paljasjuhtmelist õhuliini aastas.

SAIDI 90 stsenaariumi puhul tuleb ehitada 908 km kaetud juhet ja 134 km maakaabelliini ning automatiseerida 305 km paljasjuhtmelist õhuliini aastas. Investeeringud kasvavad peale 2019 a tasemele ca 60 M€/a, täiendav kumulatiivne investeeringuvajadus on 287 M€. Võrgu varustuskindluse tõus vähendab aastaks 2030 ühiskondlikku katkestuskulu tasemele 15 M€/a ehk 41 % võrreldes praegusega. Kumulatiivselt ületab täiendavate investeeringute maht viiekordselt katkestuskulu vähenemise. Lisaks kasvab oluliselt kasutamata vara jääkväärtus, kuna nõutav on suure hulga vara asendamine enne tehnilise eluea ammendumist. Eriti on see märgatav õhuliinide osas. Kuna ka omanikutulu kasv jääb alla täiendavate investeeringute kasvule, nähtub et SAIDI 90 stsenaarium pole puhtmajanduslikust aspektist otstarbekas.

Selgub, et SAIDI 90 on saavutatav eelkõige hajaasustuspriirkonna võrgu töökindluse olulise suurendamisega. Kogu Eesti SAIDI vähendamiseks 152 minutilt 90 minutini tuleb hajapiirkonnas SAIDI vähendada 630 minutilt 280 minutini ehk üle kahe korra. Ülejäänud piirkondade SAIDI vajalik vähendamine on piires 10 – 30 %. Täiendavast investeeringuvajadusest tuleb suunata hajapiirkonda 47 %, hajatihe- ja tihepiirkonda vastavalt 30 % ja 21 %.

Kogu Eesti SAIDI 90 on saavutatav kombinatsioonina 95 min Elektrilevis ja 33 min ülejäänud võrguettevõtetes. Elektrilevi SAIDI vähendamine 95 minutilt 90 minutini on seotud suurte täiendavate investeeringutega ja kasutamata vara jääkväärtuse olulise kasvuga.

SAIDI 90 stsenaariumi kohaselt on investeeringuvajadus Elektrilevi võrku 2018. a 854 €/km, kasvades mõnevõrra väärtuseni 912 €/km aastaks 2030. Samad näitajad teistele võrguettevõtetele on vastavalt 645 ja 803 €/km. Suurem osa täiendavatest investeeringutest on vaja teha keskpingel. Seega tuleb eelseisvatel aastatel suunata eelarve vahendid suurel määral madalpingevõrkudest keskpingevõrkudesse.

Kokkuvõtteks tuleks eelkõige nimetada järgmist.

Ilmastikukindel elektrivõrk on tunduvalt töökindlam. Peale madalpingel paljasjuhtme õhukaabliga asendamise lõpule viimist tuleb eelseisvatel aastatel põhitähelepanu ümber suunata keskpingevõrgu ilmastikukindluse tõstmisele. Analüüsitud on selle otstarbekat ulatust.

SAIDI_{kogu} saavutamine 90 minutini Eesti jaoks võimaldab seada Elektrilevile eesmärgiks 95 min. ning vähendada seega Elektrilevi investeeringuvajadust võrreldes varasemates töodes leituga.

Et tõsta töökindlust ja vähendada tehnilist riski, vajab täiendavaid võrguinvesteeringuid eelkõige hajapiirkond, kus paikneb suur hulk paljasjuhtmetega ja tööea ületanud mastidega õhuliine. Piirkonda mitte- või alainvesteeringu suurendab lähiaastatel märgatavalt katkestuste hulka ja seab lõpptulemusena ohtu kogu võrgu stabiilsuse. Seetõttu tuleb vähimkulu stsenaariumis sätestada piirang ületatud elueaga varade lubatud kogusele.

SAIDI 90 stsenaarium näitab, et kogu võrgu parem töökindlus on saavutatav ainult täiendavate investeeringutega hajapiirkonda. See pole majanduslikult otstarbekas ei Elektrilevile ega kogu Eestile, sest lubatud omanikutulu kasvab aeglasemalt, kui täiendav investeeringuvajadus ning ühiskondliku katkestuskahju vähenemine ei korva uuenduskulusid. Seetõttu on ühiskondliku kokkuleppe küsimus, kas eesmärk SAIDI_{kogu} = 90 min aastaks 2030 on ikka mõistlik kogu Eestile ning mille arvel katta täiendav vajalik 300 M€ vähimkulu stsenaariumiga võrreldes.

Teatavasti maksavad täna hajapiirkonna võrgu kulud kinni peamiselt hajatihe- ja tihepiirkonna kliendid, sest võrgu kõigile klientidele kehtivad ühtsed tariifid. Selline ristsubsideerimine suureneb märgatavalt, kui saavutada SAIDI_{kogu} = 90 min aastaks 2030. Soovitav oleks analüüsida kumbagi stsenaariumi mõju elektritariifidele. Veelgi enam – nagu sedastab juba ENMAK 30 – arvestades Eesti rahvastiku paiknemist ja tihedust ning vajadust vähendada

survet tariifide tõusuks, on otstarbekas diferentseerida jaotusvõrgu SAIDI sihtväärtused sõltuvalt tarbimistihedusest ja potentsiaalsest katkestuskahjust, sobitades vastavalt ka kitsendused varade eluea, paljasjuhtmete kasutamise jms osas. Üldine sihtväärtus saadakse siis individuaalsete sihtväärtuste deduktsiooni teel.

Võimalike valikute osas tuleks kokkulepeteni jõuda võimalikult kiiresti – nende edasilükkamine raskendab kõiki osapooli rahuldavate tulemusteni jõudmist märgatavalt.

Töö tulemused kinnitavad ka eelnevate analüüside tulemusi, et praegused sihid, elektrivõrgu olukord ja regulatsiooni meetodid pole tasakaalus ja vajavad kohandamist.

Töö võib lugeda korda läinuks. Ta andis väärtuslike tulemusi elektrivõrguettevõtte arengu planeerimiseks ja eelarvepoliitika koostamiseks.

Lisa 1. Tõlkesõnad

Uurimistöös kasutatav sõna	Eestikeelne vaste
Evolutionary algorithms	Evolutsioonilise optimeerimise algoritmid
Evolutionary computation	Evolutsiooniline arvutuslik modelleerimine
Allowed owner revenue	Põhjendatud tulukus
Network automation	Võrgu automatiseerimine
Reliability area	Varustuskindluse piirkond
New technology (automation, tubes, insulated OHL, decommissioning)	Uus tehnoloogia (võrgu automatiseerimine, kaablitorude kasutamine, isoleerjuhtmega õhuliinid, võrgu mahu vähendamine)
Solution space	Lahenduste ruum
Asset importance (priority)	Varade olulisus (prioriteetsus)
Stock Loss	Kasutamata vara/ressurss;
Stock Loss Value	Kasutamata vara jääkväärtus
Scrapped assets	Mahakantud vara
Remaining lifetime	Jääkeluiga
Overall expenses	Kogukulud
CAPEX + Stock Loss Value	Uuenduskulud
Technical risk	Tehniline risk
Interruption cost for Society	Ühiskondlik katkestuskulu
Cost per interrupted minute	Katkestusminuti maksumus