



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimine**

### **Automation of the Cathodic Protection of Estonian Gas Transmission System**

TELEMAATIKA JA ARUKAD SÜSTEEMID ÕPPEKAVA  
LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Pavel Kaptelinin

Üliõpilaskood: EDTR182739

Juhendaja: Sergei Ponomar, lektor

Kaasjuhendaja: Reeno Niinepuu

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“28” detsember 2021

Autor: Pavel Kaptelinin

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

“28” detsember 2021

Juhendaja: Sergei Ponomar, lektor

/ allkiri /

Kaitsmisele

lubatud

“28” detsember 2021

Kaitsmiskomisjoni esimees Mare Roosileht

/ nimi ja allkiri /

Allkirjastatud digitaalselt.

# **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Pavel Kaptelinin (sünnikuupäev: 10.11.1980)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimine, mille juhendaja on Sergei Ponomar.
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Pavel Kaptelinin, EDTR182739

Õppekava, peeriala: EDTR 17, Protsesside automatiseerimine

Juhendaja(d): lektor, Sergei Ponomar, segei.ponomar@taltech.ee

Kaasjuhendaja: Reeno Niinepuu, Gaasitorustike valdkonna koordinaator

Elering AS, +372 5373 2674, Reeno.Niinepuu@elering.ee

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimine

(inglise keeles) Automation of Cathodic Protection of Estonian Gas Transmission System

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi ülesehitust ja kirjeldada selle automatiseerimise protsessi
2. Maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi optimeerimine automatiseerimise abil
3. Automatiseeritud katoodkaitsesüsteemi majanduslik analüüs
4. Eesti maagaasi ülekandevõrgu automatiseeritud katoodkaitsesüsteemi areng

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Dokumentatsiooni kogumine	15. oktoober
2.	Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise kirjeldamine ja analüüs	15. november
3.	Eesti maagaasi ülekandevõrgu automatiseeritud katoodkaitsesüsteemi arenguvõimaluste kohta ettepaneku esitamine	5. detsember
4.	Vigade parandused, lõpliku töö koostamine	10. detsember
5.	Lõputöö eelkaitsmine	13-21. detsember

**Töö keel:** Eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "28" detsember 2021a

<b>Üliõpilane:</b> Pavel Kaptelinin	/allkiri/	"....."..... 20.....a
<b>Juhendaja:</b> Sergei Ponomar	/allkiri/	"....."..... 20.....a
<b>Kaasjuhendaja:</b> Reeno Niinepuu	/allkiri/	"....."..... 20.....a
<b>Programmijuht:</b> Žanna Gratšjova	/allkiri/	"....."..... 20.....a

# SISUKORD

EESSÕNA .....	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	9
SISSEJUHATUS .....	10
1. EESTI MAAGAASI ÜLEKANDEVÕRK .....	11
1.1 Eesti maagaasi ülekandevõrk.....	11
1.2 Katoodkaitse .....	11
2. KORROSIONIKAITSE.....	13
2.1 Korrosiooni mõiste ja korrosiooni liigid.....	13
2.2 Korrosiooni aeglustamise meetodid .....	14
2.2.1 Passiivne korrosioonikaitse (kaitsekatted) .....	14
2.2.2 Galvaaniline katoodkaitse.....	14
2.2.3 Aktiivne katoodkaitse (ICCP) .....	14
2.3 Eesti maagaasi ülekandevõrgu korrosioonikaitse .....	15
2.4 Katoodkaitsesüsteemi hooldustööd ja mõõtmised.....	16
2.4.1 Torustiku kaitsepotsiaali mõõtmised .....	17
2.4.2 Isoleerliitmikute kontrollmõõtmised .....	17
2.4.3 Intensiivmõõtmised .....	18
3. KATOODKAITSESÜSTEEMI AUTOMATISEERIMISE VAJALIKKUS .....	19
3.1 Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise vajadus .....	19
3.2 Investeeringu põhjendus.....	19
4. KATOODKAITSESÜSTEEMI AUTOMATISEERIMISE TEHNILINE LAHENDUS .....	20
4.1 Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise põhilised eesmärgid .....	20
4.2 Kaugjuhitava katoodjaama PKJ-SM-1600 kirjeldus. ....	20
4.2.1 Otstarve.....	20
4.2.2 Kaugjuhitava katoodjaama põhimõtteline skeem .....	20
4.2.3 Katoodjaama tehnilised parameetrid.....	21
4.2.4 Katoodmuunduri üldkirjeldus .....	22
4.3 Kaugjuhitava katoodjaama loogika .....	24
4.4 Andmeside ja turvalisus .....	26
4.5 SCADA süsteemi kirjeldus .....	27
5. AUTOMATISEERITUD KATOODKAITSESÜSTEEMI MAJANDUSLIK EFEKTIIVSUS....	30
5.1 Katoodjaamade elektritarbimise analüüs .....	30
5.2 Katoodjaamade hoolduskulude analüüs.....	31

6. MAAGAASI ÜLEKANDEVÕRGU AUTOMATISEERITUD KATOODKAITSESÜSTEEMI ARENG .....	33
6.1 Arenguvõimalused.....	33
KOKKUVÕTE .....	35
SUMMARY .....	36
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	37
LISAD .....	39
Lisa 1. Katoodjaama skeem .....	39
Lisa 2. Kõrgsagedusliku toiteplokki POWERNET ADC7520 tehnilised parameetrid .....	41
Lisa 3. I/O mooduli tehnilised parameetrid.....	43
Lisa 4. LEUTRON liigpingepiiriku tehnilised parameetrid .....	45
Lisa 5. Katoodjaama signaalide nimekiri .....	46
Lisa 6. SUNBIRD kaugjälgimisseadme tehnilised parameetrid .....	48

## **EESSÕNA**

Käesoleva lõputöö teema on „Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodekaitsesüsteemi automatiseerimine“. See teema annab hea ülevaate maagaasi ülekandevõrgu korrosioonikaitse süsteemist ning katoodekaitsejaamade automaatjuhtimissüsteemist. Katoodekaitsesüsteemi automatiseerimisprotsess omab olulist rolli maagaasi ülekandevõrgu korrosioonikaitse süsteemi efektiivsuse tõstmisel.

Informatsiooni on kogutud paljudest korrosioonikaitsealastest allikatest, uuritud on erinevaid automaatjuhtimissüsteemidega seotud infoallikad ning kogutud on infomaterjali maagaasi ülekandevõrgu automaatika- ja katoodekaitse ekspertidelt ja spetsialistidelt. Lõputöö autor soovib tänada eeskätt juhendajat Sergei Ponomar't ja konsultanti Reeno Niinepuu'd abi ning suurepärase toetuse eest lõputöö koostamisel.

Võtmesõnad: katoodekaitsesüsteem, katoodekaitsejaam, automatiseerimine, protsess, efektiivsus, analüüs, lõputöö.



## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

A – amper

AC – Alternate Current (vahelduvvool)

CIPS -Close Potential Survey (kaitsepotentsiaali intensiivmõõtmised)

CP - Cathodic Protection (katoodkaitse)

CSE – Copper Sulfate Electorde (vask-sulfaat võrdluselektrood)

dB - detsibell

DC – Direct Current (alalisvool)

E - potentsiaal

GJJ – gaasjaotusjaam

GMJ - gaasimõõdujaam

GRJ – gaasireguleerjaam

HKS – harukraanisõlm

ICCP – Impressed Current Cathodic Protection (aktiivne katoodkaitse)

IoT – Internet of Things (asjade internet)

KJ - katoodjaam

kW - kilovatt

kWt – kilovatt tunnis

LKS – liinikraanisõlm

mV – millivolt

s - sekund

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition (arvutisüsteemide ja sidevõrkude abil toimuv tehniliste protsesside jälgimine ja juhtimine)

V- volt

VPN - Virtual Private Network (virtuaalne privaatvõrk)

$\Omega$  - oom

## SISSEJUHATUS

Käesolev lõputöö teema on Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimine ja selle esimeses peatükis kirjeldatakse lühidalt olemasolevat maagaasi ülekande võrku ja selle põhiparameetreid ning ülekande gaasivõrgu katoodkaitsesüsteemi. Seejärel teises peatükis antakse põhjalik ülevaade korrosioonist ja selle aeglustamise protsessist ja kirjeldatakse aktiivse ja galvaanilise katoodkaitse põhilisi omadusi.

Aktiivne katoodkaitse põhineb välise vooluallika abil elektrivoolu tekitamises anoodi ja katodi vahel ning selle tulemusena korrodeerub kaitstava metalli asemel anoodina töötav metall. Galvaaniline katoodkaitse tähendab erineva keemilise aktiivsusega metallide kokku ühendamist, mille tulemusena keemiliselt aktiivsem metall korrodeerub. Anood loovutab elektrone ja katood liidab elektrone ning sellega tagatakse kaitstava metallkonstruktsiooni säilimine.

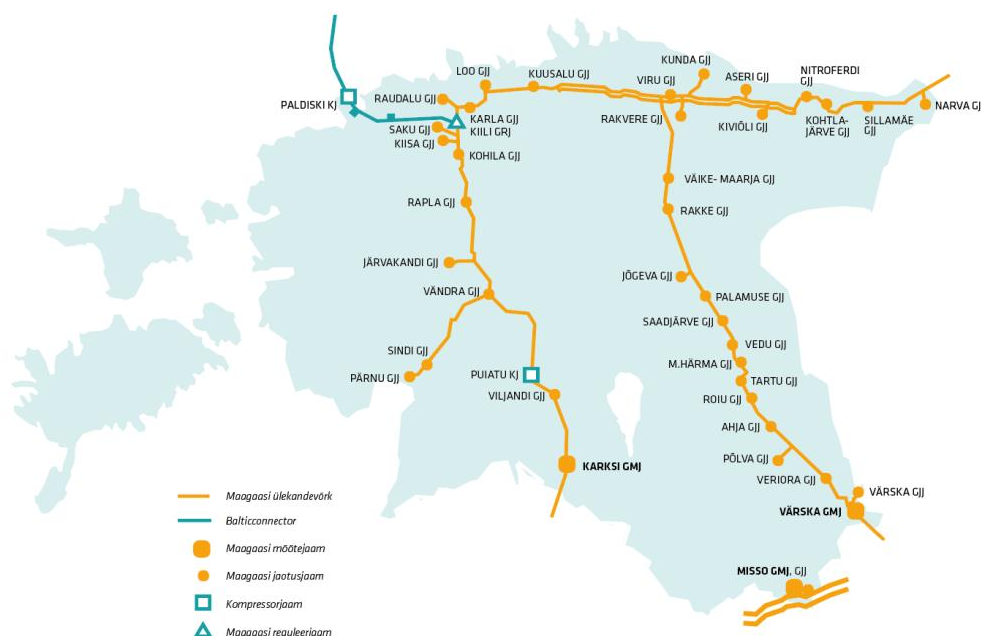
Olemasoleva Eesti maagaasi ülekande gaasivõrgu aktiivne katoodkaitsesüsteem on suures osas lokaalselt seadistatav ja katoodjaama parameetrite muutmiseks, peab hoolduspersonal alati kohale sõitma. Arvestades asjaolu, et ülekande gaasivõrk paikneb üle-eestiliselt ja seejuures tihti väga raskesti ligipääsetavates tingimustes kulub selleks märkimisväärne ressurss. Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimine koos kaugjuhtimisega võimaldab hoolduspersonali tegevusi oluliselt lihtsustada ja vähendada hooldustegevusele kuluvat aega. Katoodkaitsesüsteemi võimsust on vajalik muuta sõltuvalt pinnase eritakistusest, mis on otseses seoses niiskuse tasemega. Automatiseeritud katoodkaitsesüsteemi eeliseks on efektiivne kaitsepotentsiaali tagamine koos kaugjälgimise ja -seadistamise võimalusega. Automatiseeritud katoodkaitsesüsteem võimaldab analüüsida katoodjaama töö efektiivsust suurema täpsusega kui seda võimaldab kasutusel olev meetod, kus analüüsitakse käsitsi teostatud mõõtmistulemuste andmeid. Automatiseeritud süsteem võimaldab analüüsis suurendada sisendandmete hulka ja sellega suurendada kvaliteeti.

Selle lõputöö peamiseks ülesandeks on analüüsida maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi kaugjuhtimise võimalusi, kirjeldada selle tehnilist ülesehitust ja pakkuda välja võimalikud uued lahendused. Lisaks analüüsida majandusliku efektiivsust ja leida katoodkaitsesüsteemi arenguvõimalused.

# 1. EESTI MAAGAASI ÜLEKANDEVÕRK

## 1.1 Eesti maagaasi ülekandevõrk

Eesti maagaasi ülekandevõrk koosneb käesolevaga 977,4 km gaasitorustikust, 3 gaasimõõtejaamast (2021 aastal lisandub 4. jaam – Paldiski gaasimõõtejaam (GMJ)), kus toimub ülekandevõrku siseneva gaasi koguste mõõtmine ja gaasi kvaliteedi määramine, 36-st gaasijaotusjaamast (GJJ), kus toimub ülekandevõrgust väljuva gaasi rõhu redutseerimine, koguste mõõtmine, lõhnastamine ja kokkulepitud tarbimisrežiimi tagamine ning 1 gaasireguleerjaamast (Kiili GRJ), mis võimaldab ülekandevõrgu osasid juhtida erinevatel töörihkudel. [1]



Joonis 1.1. Eesti maagaasi ülekandevõrk [1]

## 1.2 Katoodkaitse

Korrosiooni kiirus pinnases või vees sõltub materjali potentsiaalst (E) teda ümbritsevas keskkonnas. Üldiselt korrosiooni kiirus väheneb potentsiaali nihkumisel negatiivses suunas. Seda negatiivse potentsiaali nihet saab tagada alalisvoolu suunamisega anoodidelt pinnase või vee kaudu kaitstava rajatise metallpinnale. Kui on tegemist isoleeritud rajatistega, siis põhiliselt sattub vool metalli pinnale isoleerkatte vigastuste kaudu. Kaitsevoolu võib saada välisvoolusüsteemidelt või galvaanilistelt anoodidelt.[2]

Lihtne kaitsemeetod ühendab kaitstava metalli kergemini roostetava "ohvrimetall" tegutsema kui anood. Seejärel söövitab ohvrimetall kaitstud metalli asemel. Põhineb metallide aktiivsuse pingerea printsiibil.

Metallide elektrokeemiline pingerida on metallide järjestus nende redokspaaride standardpotentsiaalide kasvavas järjekorras. Metallide elektroodipotentsiaalide rea nullpunktis on vesinik. Vesinikust üleval (vt. Joonis 1.1) olevate metallide elektrokeemiline potentsiaal on nullist väiksem (miinusmärgiga) ja allpool olevate metallide potentsiaal nullist suurem.[3]

Reactivity Series of Metals			
	<b>Potassium</b>	<b>K</b>	<b>(Most reactive metal)</b>
	Sodium	Na	
	Calcium	Ca	
	Magnesium	Mg	
These metals are more reactive than hydrogen	Aluminium	Al	
	Zinc	Zn	
	Iron	Fe	
	Tin	Sn	
	Lead	Pb	
	<b>[Hydrogen]</b>	<b>[H]</b>	
These metals are less reactive than hydrogen	Copper	Cu	
	Mercury	Hg	
	Silver	Ag	
	Gold	Au	<b>(Least reactive metal)</b>

Joonis 1.1 Metallide elektrokeemiline pingerida [3]

Katoodkaitset (CP) kasutatakse sageli metallpindade korrosioonikahjustuste leevendamiseks. Seda kasutatakse üle kogu maailma torustikke, veepuhustusjaamade, veepealsete ja veealuste mahutite, laeva- ja paadikerede, avamere tootmisplatvormide, betoonkonstruktsioonide ning muu metallkonstruktsioonide kaitsmiseks.[4]

Eesti maagasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi ehitamisel ja käitamisel lähtutakse peamiselt standarditest EN 12954 (General principles of cathodic protection of buried or immersed onshore metallic structures) ja ISO 15589 (Cathodic protection of pipeline systems) standartidega.

## 2. KORROSIONIKAITSE

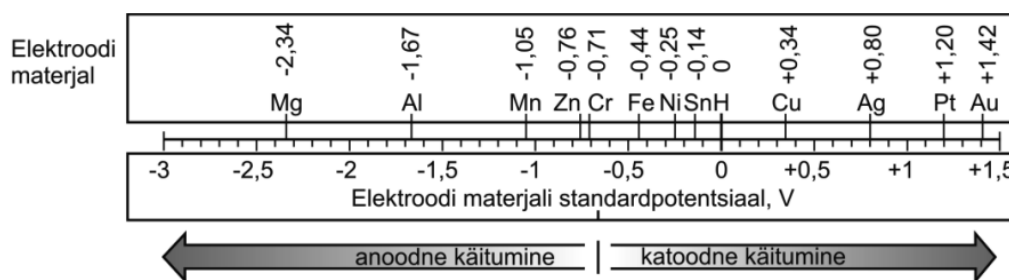
Käesolevas peatükis lõputöö autor annab ülevaade korrosiooniliikidest, erinevatest korrosioonivastasest meetoditest ning Eesti maagasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemist.

### 2.1 Korrosiooni mõiste ja korrosiooni liigid

Korrosiooniks nimetatakse metalli ja keskkonna (õhk, gaasid, pinnas, vesi, kemikaalid) vahelist reaktsiooni, milles metall hävineb.[5]

Korrosiooni liigid:

1. Keemiline korrosioon – on metalli vahetu ühinemine keskkonna oksüdeeriva komponendiga. Keemiline korrosioon toimub kuivades gaasides ja orgaanilistes vedelikes (nafta, bensiin). Metallid reageerivad keskkonna agressiivsete komponentidega, ilma et sellega kaasneks elektrivoolu teke.[5]
2. Elektrokeemiline korrosioon (electrochemical corrosion) toimub vettsisaldavas keskkonnas ja sulaelektrolüütides. Korrosiooni põhjustavad elektrokeemilised reaktsioonid (anoodi- ja katoodiprotsessid) metalli ja elektrolüüdilahuse kokkupuutepinnal. Elektrokeemilise korrosiooni tõttu hävinevad metallid merevees, hapete, aluste ja soolade lahustes, sulasoolades, niiskes õhus ja pinnases uitvoolude osavõtul. Korrosioonikahjustustest ca 80 % on tingitud metallide elektrokeemilisest korrosioonist. Metallide termodünaamilise püsivuse üle saab ligikaudselt otsustada nende normaalpotentsiaali alusel (Joonis 2.1): mida negatiivsem on metalli potentsiaali väärtus, seda väiksem on tema termodünaamilise püsivus.[5]



**Näide:** Cu normaalpotentsiaal on +0,34 V ja Al = -1,67 V, tekkiv potentsiaalide vahe  $U = +0,34 \text{ V} - (-1,67 \text{ V}) = 2,01 \text{ V}$ . Korrodeerub alumiinium (anood).

Joonis 2.1 Metallide normaalpotentsiaalid [5]

3. Biokorrosioon – on mikroobide tegevusest ja olemasolust tingitud korrosioon. See toimub mitmel kujul ja seda saab hallata traditsiooniliste kontrollimeetodite ja biotsiididega.[6]

4. Stressi korrosioon - on galvaanilise korrosiooni vorm, kus materjali stressis alad on materjali rõhutamata aladele anoodsed. Praktiliselt parim viis stressi korrosiooni pragunemise kontrollimiseks on piirata või vähendada pingeid, mille all materjal on söövitavas atmosfääris.[7]

## **2.2 Korrosiooni aeglustamise meetodid**

### **2.2.1 Passiivne korrosioonikaitse (kaitsekatted)**

Pindamine on lihtne viis korrosiooni vähendamiseks, piirates metalli kokkupuudet söövitava keskkonnaga. Värv on väga levinud kaitsekiht, kuid kasutatakse ka tõrva, pigi, bituumeni ja plastikut.[8]

Kõik korrosioonitõrjeks kasutatavad välised kaitsekatted, olgu need juhtivad või isoleerivad, peavad olema metallpinnaga piisavalt nakkuvad, et takistada niiskuse sattuda isoleerkihte alla; olema piisavalt plastiline, et vastu seista pragunemisele; piisavalt tugev, et taluda käitlemisest ja pinnase stressist tulenevaid kahjustusi; ja omama omadused, mis toetavad katoodkaitset (kui on rakendatud). Lisaks, kui väline kaitsekate on elektriliselt isoleeriv tüüp, peab sellel olema ka madal niiskuse läbivus ja kõrge elektritakistus. Üldiselt on hea elektriliselt isoleeriv kaitsekate isolatsioonitakistusega  $10^6 \Omega \cdot m^2$  ja sõltuvalt opereerimistingimustest on vastuvõetav kate, mille minimaalne takistus on  $10^4 \Omega \cdot m^2$ . [9]

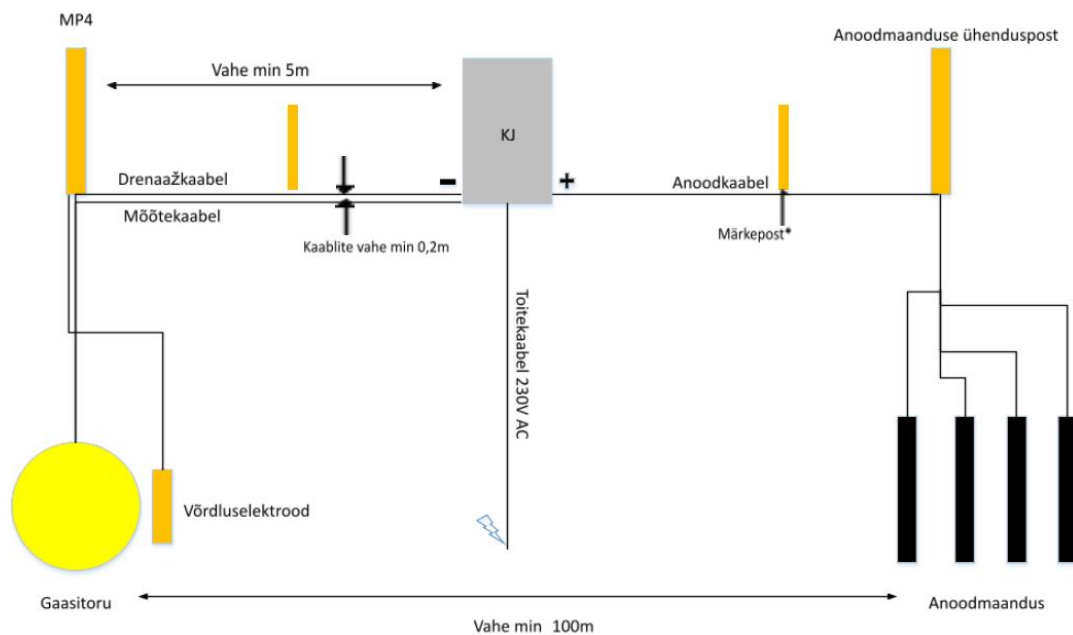
### **2.2.2 Galvaaniline katoodkaitse**

Metallist konstruktsioonide kaitsmiseks korrosiooni eest kasutatakse galvaanilist katoodkaitset, mis põhineb erineva potentsiaalidega metallide otsekontakti asetamises. Keemilisuse aktiivsuse pingereas eespool asuv metall hävineb. Aktiivsem metall ehk ohverdusanood hävineb kaitstava metalli asemel.[10]

### **2.2.3 Aktiivne katoodkaitse (ICCP)**

Aktiivset korrosioonikaitstesüsteemi, mis koosneb välisest toiteallikast ja anoodväljakust ning need on ühendatud kaitstava metallkonstruktsiooniga, nimetatakse aktiivseks katoodkaitstesüsteemiks (ICCP). Väline toiteallikas tagab elektrivoolu, mis on vajalik kaitsepotentsiaali saamiseks. Aktiivset katoodkaitstesüsteemi kasutatakse tavaliselt suhteliselt suurte metallkonstruktsioonide kaitsmisel, kus passiivsed ja galvaanilised katoodkaitsemeetodid on ebaefektiivsed.[10]

Aktiivse katoodkaitstesüsteemi skemaatiline ülesehitus on toodud Joonisel 2.2.



\*kraavidest ja jõgedest üleminekul, teede ääres, põllu servades ja kohtades kus kaabli sügavus kuni 700mm.

Joonis 2.2 Katoodkaitsejaama skeem

## 2.3 Eesti maagaasi ülekandevõrgu korrosioonikaitse

Eesti maagaasi katoodkaitsesüsteemis kasutakse metalli passiivset kaitset (torustiku isolatsioon), aktiivset- ja galvaanilist katoodkaitsesist.

Galvaaniline katoodkaitses on võetud kasutusule Balticconnector'i meretoru korrosiooni vastase kaitsemeetodina, tänu selle kasutusmugavusele.

Soome ja Eesti rannikuäärsete muldade kõrged eritakistuse väärtused põhjustavad anoodide väga lühikese sumbumiskauguse ja kogu anoodide arv on 574 tükki ja nende kogumass on 55,2 tonni. Andmed on võetud Balticconnector'i meretoru projektdokumentatsioonist. Anoodide põhilised parameetrid on toodud Tabelis 2.1.

Tabel 2.1 Anoodi parameetrid

Material	Density (kg/m <sup>3</sup> )	ID (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Internal Coating Thickness (mm)	Minimum Individual Net Mass (kg)
Al-Zn-In Alloy	2,750	517	34/54 <sup>[Note 1]</sup>	600	0.1	88 / 146 <sup>[Note 2]</sup>

Note 1: Anode thickness selected to suit the adjacent concrete coating thickness, such that the concrete is either flush or no more than 5 mm higher than the anode thickness.

Käesoleva lõputöö kirjutamise ajal koosneb Eesti maagaasi ülekandevõrgu aktiivne katoodkaitsesüsteem 71-st katoodjaamast, 2-st drenaažjaamast (kasutatakse

gaasitorustiku korrosioonikaitseks elektrifitseeritud rööbastranspordi asukohtades, nt Eestis elektrifitseeritud raudteed[11]), 160-st isoleerliitmikust ja liigi 1400-st mõõtepunktist ning neid ühendavatest kaablitest, mille kogu pikkus on ca 15000 meetrit.

Katoodjaama eesmärk on toota torustikele vajalikes piirides kaitsepotentsiaali. Torustiku sees kaitsepotentsiaali piirid on -850mV kuni -2500mV sõltuvalt torustiku omadustest.

Katoodkaitsejaam koosneb järgmistest osadest:

1. Toiteallikast (alalisvoolu/vahelduvvoolu)
2. Katoodmuundur
3. Kaitstava rajatise kaabel (maa-alune kaabel NYY-0 minimaalselt 1x10 mm<sup>2</sup> )
4. Mõõtekaablid (maa-alune kaabel NYY-0 2x2,5 mm<sup>2</sup>)
5. Mõõtepost
6. Statsionaarne vask-sulfaat võrdluselektrood (CSE)
7. Anoodpost (anoodkaabli ja anoodväljaku maapealne ühenduskoht)
8. Anoodväljak (Eestis kasutatakse Titaan MMO anoodid, 10 kuni 20 tk. iga maanduse kohta sõltuvalt kaitstava torustiku isolatsiooni seisundist ja pinnase eritakistusest ning torustiku läbimõõdust)
9. Anoodkaabel (maa-alune kaabel NYY-0 minimaalselt 1x10mm<sup>2</sup>)

## **2.4 Katoodkaitsesüsteemi hooldustööd ja mõõtmised**

Maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitse hooldustööd teostakse vastavalt standardile ISO 15589, EN 13509 ja EN 12954.

Katoodkaitsesüsteemide hooldus hõlmab katoodkaitsejaamade ja drenaažjaamade igakuist ülevaatust ning katoodkaitse tõhususe kontrollmõõtmiste teostamist.

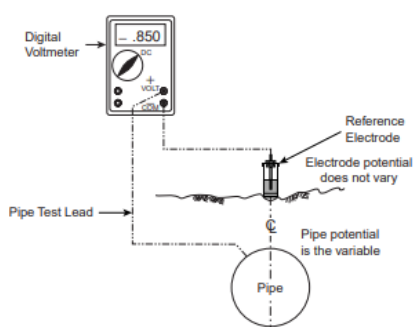
Alljärgnevalt on loetletud igakuiselt teostatavad hooldustööd:

1. Katoodjaamade ja drenaažjaamade igakuised mõõtmised (kaitsepotentsiaalide mõõtmised, väljundvool ja väljundpinge mõõtmised, visuaalne kontroll)
2. Sees (ON) potentsiaalide mõõtmised torustikul
3. Sees-väljas (OFF) potentsiaalide mõõtmised torustikul
4. Torustiku isolatsiooni terviklikkuse kontrollmõõtmised (vahelduvvoolugradienti meetodiga)
5. Isoleerliitmikute kontrollmõõtmised (kraanisõlmedes ja gaasijaotusjaamades)
6. Intensiivmõõtmised (CIPS meetodiga)



### 2.4.1 Torustiku kaitsepotsiaali mõõtmised

Kaitsepotsiaali mõõtmisi kasutatakse katoodkaitse jälgimiseks ja hindamiseks. Potentsiaali mõõtmisi, mis on tehtud kaitsevoolu väljalülitamise esimesel sekundil momendil, nimetatakse sees-väljas ehk ON-OFF potentsiaali mõõtmisteks. Potentsiaali mõõtmisi, mis on tehtud momendil, kui kaitsevool on sees, nimetatakse sees-potentsiaali ehk ON mõõtmisteks. ON-OFF potentsiaalide mõõtmiste käigus on väga oluline, et mõõdetaval torulõigul asetsevad katoodjaamad teostaksid kaitsevoolu katkestuse kindla ajaperioodiga (12 sekundid sees ja 3 sekundid väljas) ning sünkroonselt.[12]



Joonis 2.3 Kaitsepotsiaalide mõõtmised maa suhtes[13]

Maa-aluste ja veealuste teraskonstruktsioonide katoodkaitse 3 põhilist kriteeriumid on toodud Osas 6 NACE standardis RP-01-69 (rev.1996):

1. -850mV (CSE) rakendatud katoodkaitsega
2. polarisatsiooni potentsiaal -850mV (CSE)
3. 100mV polarisatsioon

Täielikus kriteeriumis on sätestatud, et piisav kaitse saavutatakse siis, kui negatiivne (katoodne) potentsiaal on vähemalt -850mV rakendatud katoodkaitsega. Kaitsepotsiaal mõõdetakse vask-sulfaat võrdluselektroodi suhtes, mis puutub kokku elektrolüüdiga.[13]

Eespool loetletud kolmest esmasest kriteeriumist on esimene, -850mV kriteerium rakendatud katoodkaitsega, tõenäoliselt kõige laialdasemalt kasutatav, et teha kindlaks, kas maa-alune või veealune teraskonstruktsioon on saavutanud piisava katoodkaitse taseme.[13]

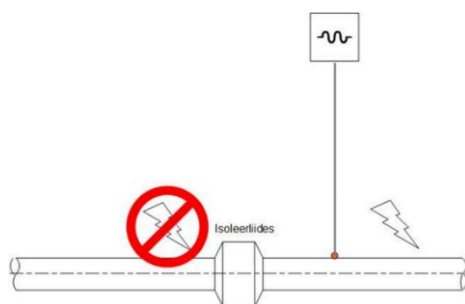
### 2.4.2 Isoleerliitmikute kontrollmõõtmised

Isoleerliitmik (maa-alune isoleermuhv või maapealsel torustikul isoleeräärik) - seade, mis toimib torustiku elektrilise terviklikkuse katkestajana, kontrollitakse laengute

edasikandumise vältimiseks kõikides gaasisüsteemi osades (GJJ , LKS , GMJ , HKS jms), lisaks omab ta katoodkaitse süsteemi sektioneerimise funktsiooni.[12]

Isoleerliitmike korrasolekut on võimalik kontrollida elektromagnetilise induktsiooni teel. Gaasitorule juhitud laeng tekitab magnetvälja ja sagedusliku vahelduvvoolu liikumise, mis teeb gaasitoru asukoha määramise mugavaks ja lihtsaks.[12]

Tööks on vajalikud signaalgeneraator ja vastuvõtja. Signaalgeneraator ühendatakse mõõteposti (Joonis 2.4). Vastuvõtjaga kontrollime signaali läbivust isoleerliitmikul. Isoleerliitmik tõkestab signaali edasikandumise torustikul.[12]



Joonis 2.4 Isoleerliitmiku kontroll signaalgeneraatoriga [12]

### 2.4.3 Intensiivmõõtmised

Intensiivmõõtmine (CIPS) on mõõtemetoodika, mis baseerub alalisvoolu (DC) toru-pinnase potentsiaali mõõtmisel maa-alusel torustikul.[14]

Seda protseduuri kohaldatakse maismaal maa-aluse torustiku suhtes, mis on kaitstud katoodkaitsega (CP) ja nõuab otseühendust torustikuga, mis on tavaliselt mõõtepunktides, mille kaugus on tavaliselt umbes üks kilomeeter. See uuring registreerib kogu torustiku pikkuses rea toru-pinnase potentsiaali korrapärase intervalliga umbes 1–3 meetrit. Potentsiaali mõõdetakse kalibreeritud küllastunud vask-vasksulfaat (CSE) võrdluselektroodiga. Mõõtmiste käigus väga oluline, et mõõdetaval torulõigul asetsevad katoodjaamad teostaksid kaitsevoolu katkestuse kindla ajaperioodiga ning sünkroonselt.[14]

Nende mõõtmistulemuste alusel saab hinnata gaasitorustiku isolatsiooni terviklikkust, hinnata katoodkaitse efektiivsust ja saada andmed pinnase eritakistusest.

## **3. KATOODKAITSESÜSTEEMI AUTOMATISEERIMISE VAJALIKKUS**

### **3.1 Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise vajadus**

Katoodkaitsesüsteemi ülesandeks on pikendada gaasitorustiku eluiga läbi korrosiooni aeglustamise protsessi. Selleks, et seda protsessi produktiivsemalt teostada on vaja kaasaegset ja optimaalsete kuludega katoodkaitsesüsteemi.

Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimine on samm edasi maagasi ülekandevõrgu korrosioonikaitse süsteemi arendamisel ning efektiivsuse tõstmisel.

### **3.2 Investeeringu põhjendus**

2016. aastal koosnes Eesti maagasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteem 70-st katoodjaamast. Kuna katoodjaamad paiknevad üksteisest suhteliselt kaugel, siis kõiki vajalikke katoodkaitse mõõtmiste (kaitsepotentsiaalide mõõtmised, katoodmuunduri väljundvoolu mõõtmised jms) teostamine toimub üsna aeglaselt, mis omakorda mõjub negatiivselt kogu katoodkaitsesüsteemi efektiivsusele.

Eesti maagasi ülekandevõrgu katoodkaitse valdkonna spetsialistid tegid 2017 aasta alguses ettepaneku alustada programmiga, et välja vahetada kohapealt seadistatavad katoodjaamad kaugjuhitavate vastu. Selle programmi käigus vanatüübi katoodjaam asendatakse SCADA süsteemi abil juhtiva ja andmeid edastava jaamaga (seadmega). Programmi tulemusena peavad olema lihtsustatud ja optimeeritud põhilised katoodkaitse hoolduse- ja kontrollmõõtmise tööd.

Esialgse prognoosi kohaselt kestab ülemineku periood kokku ligikaudu 6 aastat ja kõik maagasi ülekandevõrgu katoodjaamad saavad olema kaugjuhitavad.<sup>[1]</sup>

Katoodjaamade automatiseerimise põhilised eesmärgid:

1. Vananenud muundurite välja vahetamine
2. Katoodkaitsesüsteemi kaugjälgimise võimaldamine
3. Korrosioonivastase süsteemi tõhususe suurendamine
4. Majanduskulude vähendamine (sh elektri-ja hoolduskulud)
5. Korrosioonikaitse valdkonna efektiivsemaks muutmine

## **4. KATOODKAITSESÜSTEEMI AUTOMATISEERIMISE TEHNILINE LAHENDUS**

### **4.1 Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise põhilised eesmärgid**

Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimisel on püstitatud järgmised eesmärgid:

1. Maagasi ülekandevõrgu katoodkaitsejaamade kaugmonitoorimise ja kaugjuhtimise võimekus
2. Kõikide oluliste parameetrite jälgimise ja seadistamise võimaldamine ning logimine
3. Võimalus külgnevate katoodjaamade mõõtorežiimile üleviimiseks, et lihtsustada kaitsepotsiaali mõõtmiste teostamist
4. Katoodkaitse hoolduskulude optimeerimine
5. Nutika, informatiivse ja paindliku juhtimissüsteemi loomine

Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise protsessi alguseks sai vanade katoodjaamade asendamine kaugjuhitavatega, mis parandaks ülekandetorustike katoodkaitsesüsteemi efektiivsust.

Ülemineku periood on jagatud kaheks etapiks - esimene etapp 2017-2020 aastal ja teine etapp 2021-2023 aastal. Teise etappi riigihanke tehnilise kirjelduse koostamisest ja hanke korraldamisest võttis osa ka käesoleva lõputöö autor ning selle hanke tulemusel sõlmiti leping seadmete PKJ-SM-1600 tarnimiseks. Antud seade vastab katoodkaitse spetsialistide poolt koostatud tehnilistele nõuetele.

### **4.2 Kaugjuhitava katoodjaama PKJ-SM-1600 kirjeldus.**

#### **4.2.1 Otstarve**

Katoodjaam on ettenähtud maa-aluste teraskonstruksioonide elektrokeemiliseks kaitsmiseks pinnasega kontaktist tekkiva korrosiooni eest. Samuti korrosioonikaitset käsitleva teabe kogumiseks ja ümbertöötlemiseks ning teabe edastamiseks SCADA telemeetriasisüsteemidesse.[\[15\]](#)

Kaugjuhitav katoodkaitsejaam vastab standardite EN 12954 ja ISO 15589 nõuetele.

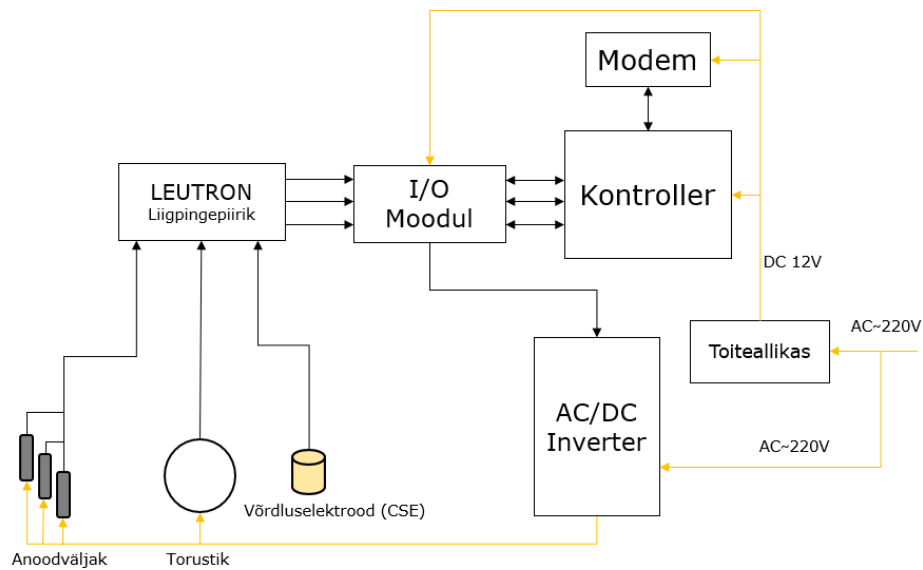
#### **4.2.2 Kaugjuhitava katoodjaama põhimõtteline skeem**

Kaugjuhitava katoodjaama põhilised koostisosad:

1. Torustik
2. Anoodmaandus

3. Võrdluselektrood (CSE)
4. Toiteallikas
5. Alalisvoolu allikas (AC/DC inverter)
6. Kontroller
7. I/O moodul (sisend/väljund moodul)
8. Modem
9. Liigpingepiirikud

Katoodjaama põhimõtteline skeem on toodud Joonisel 4.1.



Joonis 4.1. Põhimõtteline skeem

### 4.2.3 Katoodjaama tehnilised parameetrid

Katoodjaama tehnilised parameetrid on toodud Tabelis 4.1.

Tabel 4.1. Katoodjaama tehnilised parameetrid [15]

Katoodkaitsejaam seeria PKJ-SM-1600 tehnilised parameetrid	
Nimipinge	230V/50HZ
Peakaitse	1x16A
Maksimaalne väljundvool	30A
Maksimaalne Väljundpinge	50V
Väljundvoolu ulatus	0-30A

Väljundpinge ulatus	0-50V DC
Isolatsiooni takistus	≥10MΩ
Kaitseaste	IP55
Kaitse klass	I
Liigpinge klass	III
Keskkonna temperatuur	-40 °C/+70 °C
Õhu niiskus	Kuni 100 %
Kasutegur	>87%
Rikkevoolukaitse sisendil	30mA
Kaitse ülepingete eest	Tüüp1+2
Telemeetria ja valvesüsteemi tööaeg akude toitel	4 tundi
Seadme mõõdud	1000x600x290mm
Kilbi värvus	RAL7032
Kasutusiga	>15 aastat
Kaal	25kg
Side protokoll	Modbus TCP/IP

Katoodkaitsejaama elektriline skeem on toodud Lisas 1.

#### 4.2.4 Katoodmuunduri üldkirjeldus

Katoodmuundur kujutab endast stabiliseeritud alalisvoolu allikat kõrgsagedusliku impulss toiteploki POWERNET ADC7520 seeria baasil (toiteploki tehnilised andmed on toodud Lisas 2.). Muundur omab kahte kanalit ühel väljundil. Neist üks kanal ühendatud läbi reguleeritava takisti.[15]

Katoodjaam omab järgnevate kaablite ühendamise võimalust:

1. 1 x anoodkaabel 5x6 mm<sup>2</sup>
2. 2 x katoodkaabel 5x6 mm<sup>2</sup>
3. 2 x mõõtekaabel Cu 0,5-2,5 mm<sup>2</sup>
4. 2 x CuSO<sub>4</sub> võrdluselektroodi kaabel Cu 0,5-2,5mm<sup>2</sup>
5. 2 x elektritoite kaabel (1 faas) Al 16mm<sup>2</sup> või Cu 2,5-16mm<sup>2</sup>
6. 2 x kaitsemaanduse kaabel Cu 2,5-16 mm<sup>2</sup>

Kaugjuhitava katoodjaama töörežiimid:

1. Automaatne (AUTO) vastavalt kaugjuhtimisega etteantud maa-toru potentsiaalile
2. Automaatne (REMOTE) vastavalt kaugjuhtimisega etteantud väljundvoolu ning väljundpinge stabiliseerimisele
3. Käsirežiim (LOCAL) põhilised parameetrid seadistatakse kohapeal juhtpaneeli kaudu

KJ on varustatud ampermeetriga, voltmeetriga ja displeiga parameetrite jälgimiseks kohapeal. Lisaks sellele on olemas klemmliistud katoodjaama väljundites parameetrite mõõtmiseks väliste seadmetega.[\[15\]](#)

Katoodmuunduril on olemas sisseehitatud valvesignalisatsioon mida on võimalik lülitada sisse või välja puldiga kohapeal, kaugjuhtimisega volitatud mobiili numbrilt SMS-i teel või juhtimiskeskuse arvutist. Häire, side või toite katkemisel, muu vabalt valitava sündmuse korral seade saadab SMS programmeeritud numbrile.[\[15\]](#)

SCADA süsteem saadab päringu intervalliga üks minut katoodjaamast andmete saamiseks. Lisaks, läbi SCADA süsteemi on võimalik saata päring igal ajal katoodjaamast andmete saamiseks. Andmeid säilitatakse seadme mälus 1 aasta.[\[15\]](#)

Seadme kontrolleri aeg sünkroniseeritakse GPS aja järgi, selleks katoodmuundur on varustatud GPS vastuvõtjaga koos antenniga.[\[15\]](#)

Kaugjuhitav katoodjaam võimaldab teostada ON-OFF-potentsiaali mõõtmised ilma vajaduseta paigaldada lisaseadmeid (näiteks katkesti). Selleks "+" (Anood) väljund varustatud NC magneetkäivitiga, mida võimalik juhtida automaatika abil nii kohapeal kuid ka SCADA süsteemi abil. Katkestuste režiim on vabalt programmeeritav. Näiteks võib seadistada 12 sekundit töös ja 3 sekundit väljas (ON-OFF) või muud vahemikud vastavalt vajadusele. Juhtimiskeskusest on võimalik loogiliselt ühendada mitu katoodjaama, mis töötavad mõõdetaval torulõigul ning mõõtmise ajal sünkroonselt lülitada neid sisse ja välja.[\[15\]](#)

Joonisel 4.2 on toodud kaugjuhitava katoodkaitsejaama näidispilt.



Joonis 4.2. Kaugjuhitav katoodkaitsejaam PKJ-SM-1600

Katoodjaama kontrolleriiks on DIGI Rabbit SBC BL4S100. Kontrolleri on programmeeritud C-keeles ja tänu sellele on tarkavara võimalused üsna laialdased. Kontrolleri on varustatud 12-ga digitaalse sisenditega ja 8-ga digitaalse väljunditega, mis on piisavalt, et täita kindlaksmääratud funktsioone. Analoogväljundit sellel kontrolleriil on 4 ja analoogsisendit on 8. Sellel kontrolleriil on 2 liidest RS-232 ja 1 RJ-45 port Etherneti kommunikatsiooni jaoks[16]. Etherneti kaudu kommunikatsioon võimaldab muuta kontrolleri programmi kaugelt, mis on oluline, arvestades objektide kaugust ja arvu.

Täiendavaks kaitseks ülepingete eest on välised signaalid (gaasitorustiku katoodkaitse potentsiaal ja statsionaarne vask-sulfaat võrdluselektrood) ühendatud ICP-CON ET-7026 I/O-seadme kaudu ja uuemal katoodjaama mudelil ICP-CON ET-2254 kaudu (tehnilised andmed I/O moodulite kohta on toodud Lisas 3). Kuna kontrolleri on tundlik isegi väikeste ülepingete suhtes, lisaks paigaldati LEUTRON liigipingepiirid (tehnilised andmed on toodud Lisas 4). Seega I/O mooduli rikke korral jääb side kontrolleriiga kättesaadavaks, mis võimaldab rikke tuvastada SCADA süsteemi abil.

### 4.3 Kaugjuhitava katoodjaama loogika

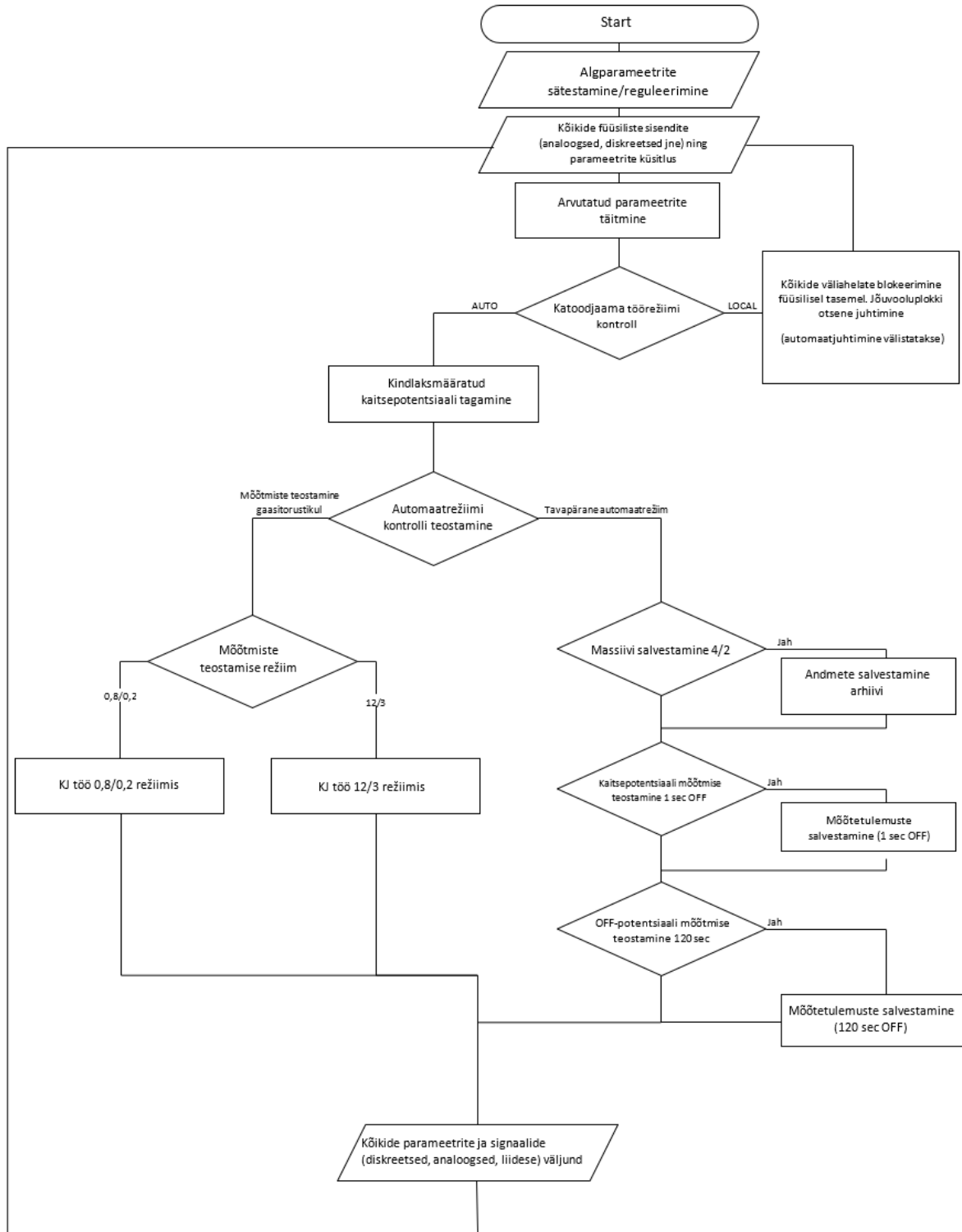
Katoodjaama esmasel kasutuselevõtul seadistatakse kõik katoodjaama peamised algparameetrid. Seejärel küsitletakse kõiki füüsilisi sisendeid ja signaale ning teostatakse arvutatud parameetrite täitmine (katoodjaama põhiliste signaalide nimekiri on toodud Lisas 5).

Teostatakse KJ töörežiimi kontroll (AUTO või LOCAL). Kui jaam on käsirežiimis (LOCAL), siis kõik väliahelad füüsilisel tasemel on blokeeritud, ehk katoodjaama kaugjuhtimine pole enam võimalik.



Automaatrežiimis (AUTO) töötab jaam vastavalt seatud kaitsepotentsiaali väärtusele. Järgmisena kontrollitakse automaatrežiimi. Mõõtmisrežiimi käivitamisel töötab jaam vastavalt konkreetsete mõõtmiste algoritmile, millele järgneb kõigi põhisignaalide ja parameetrite väljund.

Tavalises automaatrežiimis teeb jaam koos andmete arhiivi salvestamisega mitmeid põhiparameetrite mõõtmisi ning kuvab ka kõik vajalikud parameetrid ja signaalid. Kaugjuhitava katoodjaama tööalgoritm on toodud Joonisel 4.3.



Joonis 4.3 Kaugjuhitava katoodjaama tööalgoritm

## 4.4 Andmeside ja turvalisus

Põhimõtteliseks otsuseks automatiseeritud katoodkaitsesüsteemi projekteerimisel ja tehnilise lahenduse koostamisel oli, et andmeside kaugjuhitava katoodjaama ja

juhtimisasukoha vahel peab tuginema 4G mobiilsidele. See andmeedastuslahendus on laialt levinud ja seda kasutakse laialdaselt erinevates andmeedastust nõudvates süsteemides. Arvestades automatsiseeritavate paigaldiste geograafilisi asukohti, on see kõige ratsionaalsem ja majanduslikult efektiivseim valik.

PKJ-SM-1600 seade on varustatud 4G TCP/IP mobiilside modemiga koos 3G/4G/LTE MIMO väliantenniga ning ruuteriga mis toetab IP-SEC VPN protokollide andmeside krüpteerimiseks. Kogu andmeside klient-serveri vahel toimub krüpteeritud kanali kaudu. [15]

Võttes arvesse olemasolevat andmeside infrastruktuuri ülekandesüsteemi gaasipaigaldistel, mis on sarnane (kaugus juhtimise asukohast, paiknemine üle Eesti erinevates asukohtades jne), otsustati kasutada Digi TransPort® WR21 ruuterit, mis on hetkel kasutusel reserv andmesidekanalina, lisaks vask ja fiiberoptilisele kaablile.

Digi TransPort WR21 on täisfunktsionaalne mobiilside ruuter, mis pakub paindlikkust skaala põhilistest ühenduvusrakendustest ettevõtte klassi marsruutimis- ja turbelahendusteni. Oma suure jõudlusega arhitektuuriga Digi TransPort WR21 pakub esmast ja varu WWAN-ühendust 3G/4G/LTE kaudu. Paindlikud toite- ja ühenduvusvõimalused ning töötingimuste suhteliselt lai temperatuurivahemik muudavad Digi TransPort WR21 mitmekülgeks tooteks nii äri- kui ka tööstuskeskkondades. [17]

Mobiilside operaatori valiku aluseks olevad tehnilised nõuded töötas välja IT osakond. Riskide minimeerimiseks kasutatakse kahte mobiilside operaatorit. Juhul, kui ühel mobiilside operaatoril tekivad tehnilised probleemid, tagab mobiilside toimimise teine operaator. Käesoleva lõputöö kirjutamise hetkel on sõlmitud lepingud Tele2'ega ja Telia'ga.

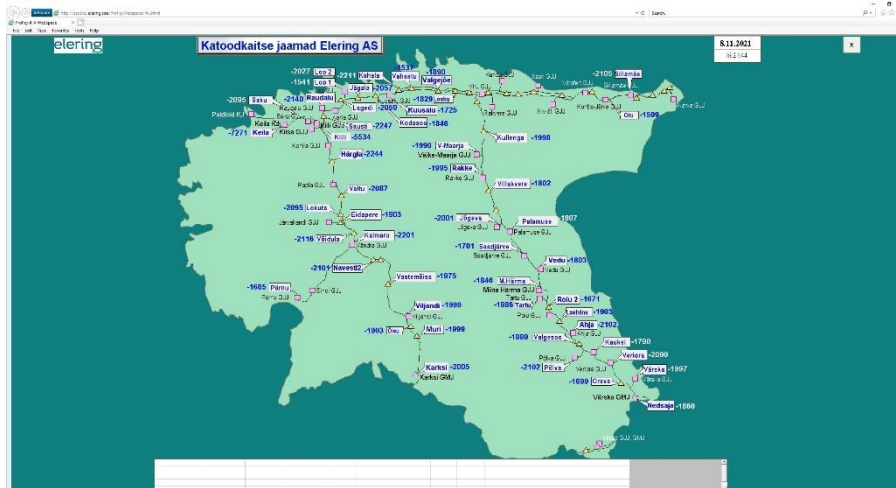
## **4.5 SCADA süsteemi kirjeldus**

Katoodjaam on varustatud tarkvaraga, mis võimaldab ühildada katoodjaamad infosüsteemiga. Tarkvara on paigaldatav virtualiseeritud Windows serverile ning töötab teenusena Windows-i serveri versioonidega, mis on nn Mainstream Support staadiumis. Tarkvara on GE Proficy WebSpace ja GE iFix + GE iHistorian ja MS SQL Server. [15]

WebSpace ja GE- iFix juurdepääsuks kasutatakse domeeni kontot. Tarkvara võimaldab luua kasutajaid erinevate juurdepääsuõigustega. Juurdepääsuõigusest sõltub, millised tegevused on kasutajal SCADA süsteemis lubatud. Jälgimisõigustega tarkvara kasutaja ei saa SCADA süsteemis katoodmuunduri parameetrid muuta ja juhtimisõigustega kasutaja saab muuta erinevad katoodmuunduri parameetrid (kaitsepotsiaalide SETPOINT-i määramine, väljundpinge ja väljundvoolu parameetrite muutmine,

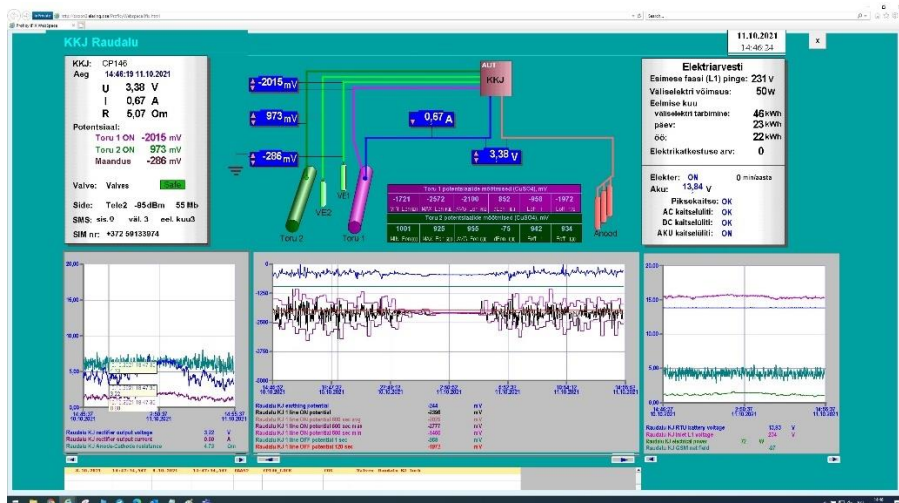
erinevate mõõtorežiimide käivitamine, alarmide valideerimine jne). Süsteemi kasutamisel tekkinud vead logitakse.[15]

Kõik kaugjuhitavad objektid on nähtavad põhiekraanil (vt. joonis 4.4). Iga objekti nime juures kuvatakse gaasitorustiku kaitsepotsiaali hetkeväärtus. Lisaks põhiekraanile on toodud alarmid kõikidelt objektidelt (voolukatkestus, valvest mahavõtmine, jne.).



Joonis 4.4 SCADA kasutajaliidese põhiekraan

Põhiekraanil objektil klõpsates liigutakse järgmisele ekraanile (vt. joonis 4.5), kus kuvatakse kõik katoodjaama peamised parameetrid ja andmed.

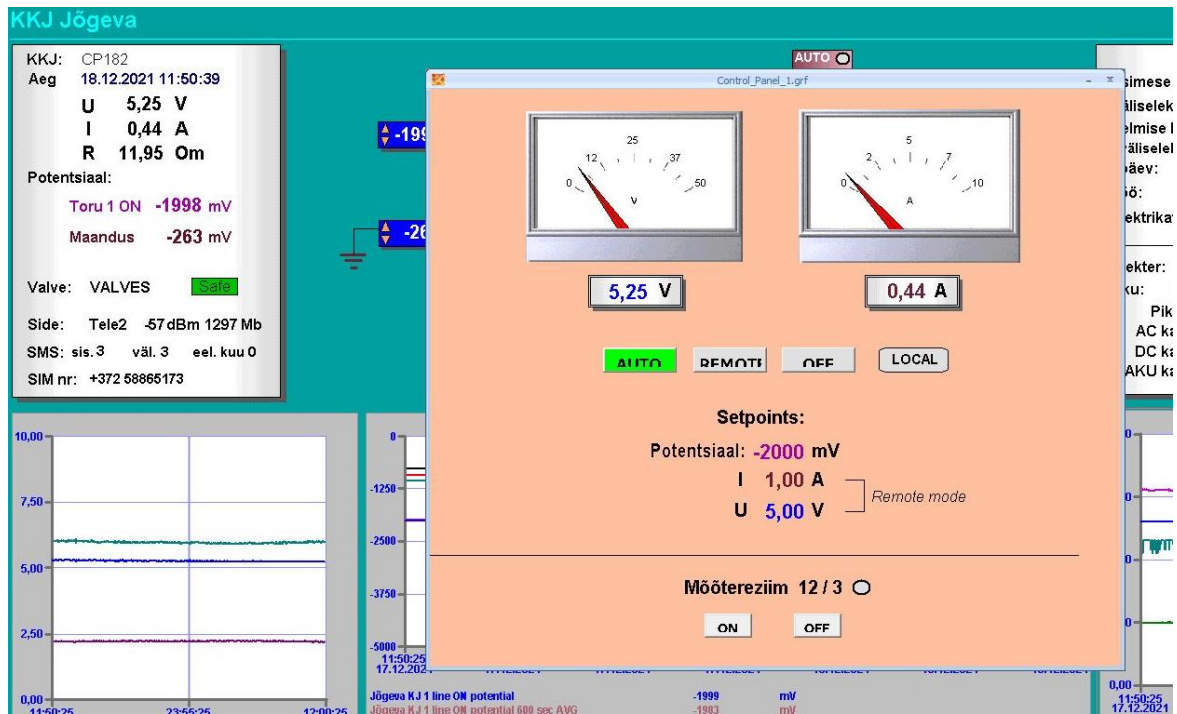


Joonis 4.5 Katoodjaama ekraan

Selle ekraani vasakus servas kuvatakse teave väljundvoolu, väljundpinge, anoodmaanduse takistuse ning gaasitorustiku kaitsepotsiaali kohta. Paremal küljel kuvatakse jaama energiatarbimise andmed.

Ekraani allosas saab jälgida kõiki jaama põhiparameetrite trende (graafikuid), samuti vaadata ja kinnitada olemasolevaid häireid.

Peamiste parameetrite juhtimine (potentsiaali väärtuse, väljundvoolu ja väljundpinge seadistamine) ning jaama üleviimine mõõterežiimile toimub juhtekraanil (vt. joonis 4.6).



Joonis 4.6 Katoodjaama juhtekraan

## 5. AUTOMATISEERITUD KATODKAITSESÜSTEEMI MAJANDUSLIK EFEKTIIVSUS

Üks oluline roll katoodkaitsesüsteemi automatiseerimisel on majandus- ja hoolduskulude optimeerimine. Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise majandusliku efektiivsuse hindamiseks koostas lõputöö autor mitme aasta majanduskulude analüüsi mis põhineb elektri- ja hoolduskulude andmetel ajavahemikudel 2015-2016 ning 2019-2020. Analüüs keskendub Viljandi- ja Tallinna hoolduspiirkondade gaasitorustiku katoodjaamade kuludele enne katoodjaamade automatiseerimist ja võrdleb olukorraga, kui kaugjuhitavad katoodjaamad on paigaldatud.

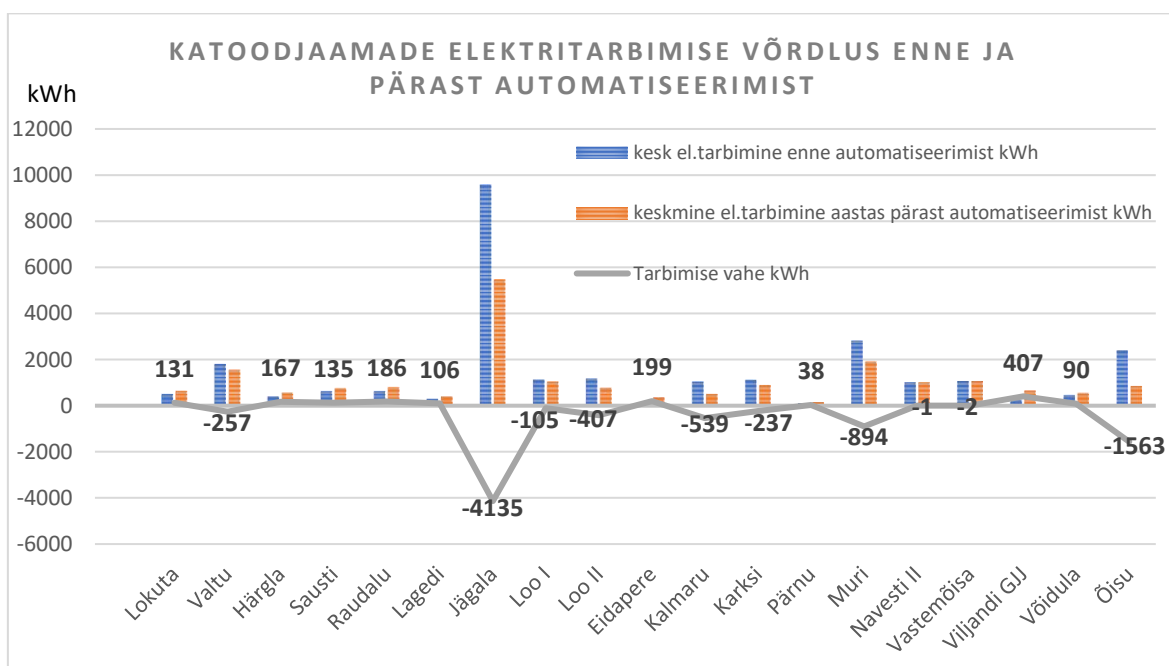
Analüüs jagas kulud kaheks grupiks:

1. Katoodjaamade elektrikulu
2. Katoodjaamade hoolduskulu

### 5.1 Katoodjaamade elektritarbimise analüüs

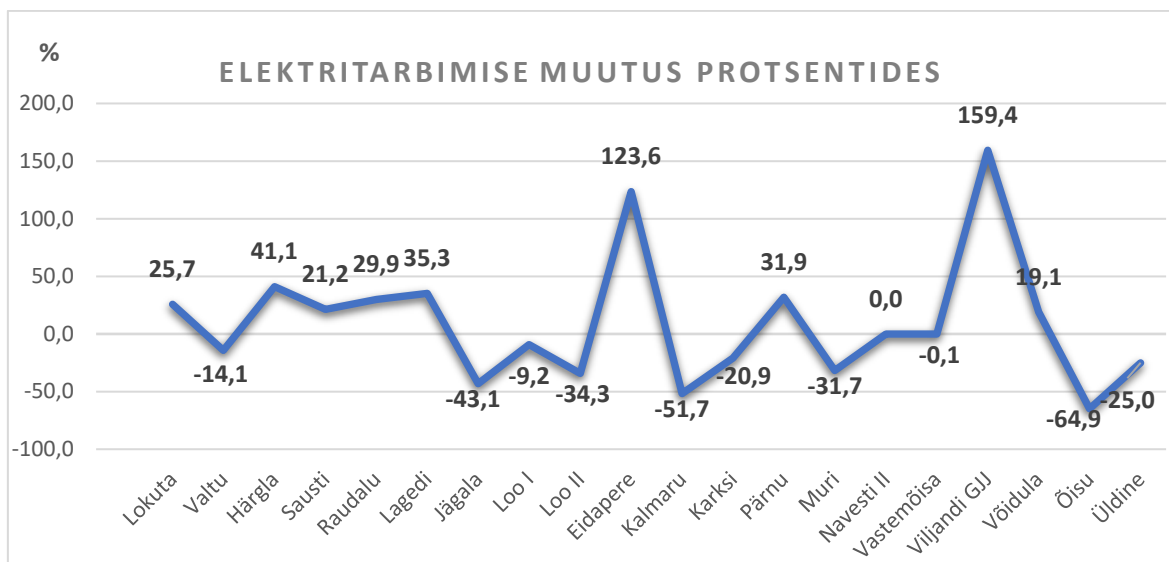
Elektrikulude analüüsi teostamiseks uuris käesoleva töö autor Viljandi ning Tallinna hoolduspiirkondade katoodkaitsesüsteemide elektritarbimist enne automatiseerimist aastatel 2015 ja 2016 ning peale automatiseerimist aastatel 2019 ja 2020. Kokku analüüsis olid kasutatud elektritarbimise andmed 19-st katoodjaamast.

Joonisel 5.1 on toodud katoodjaamade elektrikulude võrdlus 2015-2016. ja 2019-2020. aastatel Vireži – Tallinn gaasitorustikul.



Joonis 5.1 Elektrikulude analüüs

Energiatarbimise analüüsi tulemusena ilmneb katoodjaama efektiivsuse selge sõltuvus automaatikasüsteemi olemasolust. Madala väljundvooluga jaamades voolutarve veidi suurenes, suure väljundvoolu režiimil töötavates jaamades aga tarbimine oluliselt vähenes, tänu uute katoodjaamade suuremale kasutegurile. Alljärgneval joonisel on toodud elektritarbimise muutust ja selle põhjal selgub, et see on vähenenud ca 25%.



Joonis 5.2 Elektritarbimise muutus katoodjaama kohta protsentides

Joonisel 5.2 toodud negatiivne protsendi väärtus näitab elektritarbimise vähenemist ja positiivne protsendi väärtus näitab elektritarbimise suurenemist.

Kahtlemata on elektritarbimise põhjalikumaks analüüsiks vajalik katoodijaamade pikem vaatlusperiood, kuid isegi olemasolevate andmete põhjal on tulemus ilmne automatiseerimise kasuks.

## 5.2 Katoodjaamade hoolduskulude analüüs

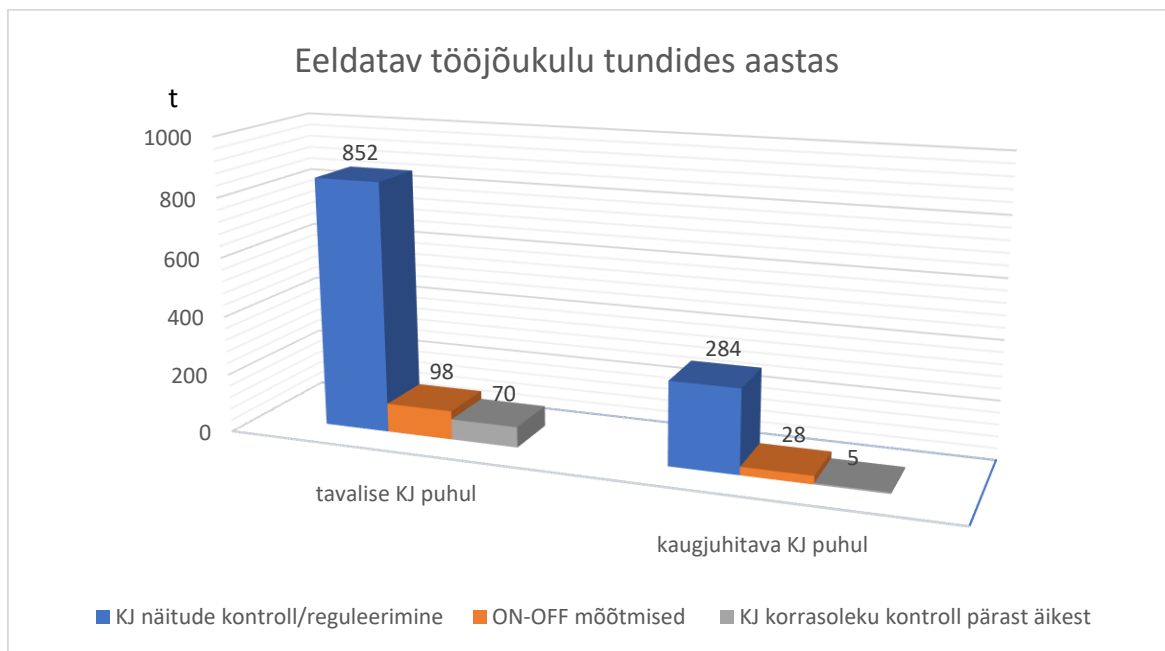
Hoolduskulude analüüsi teostamiseks on võetud ühe kalendriaasta tööjõukulud järgmistele katoodkaitse hooldus/mõõtmis töödele:

1. Katoodkaitsejaama töörežiimi kontroll ja reguleerimine teostatakse tavapärase KJ puhul igakuiselt, kaugjuhitava KJ puhul kord kvartalis.
2. ON-OFF mõõtmiste teostamine (voolukatkestite paigaldamine, sünkroniseerimine, voolukatkestite maha võtmine). Siin oleks asjakohane täpsustada, et kaugjuhitavad katoodjaamad on varustatud sisseehitatud voolukatkestitega ja sünkroniseeritakse omavahel kaugjuhitamise tarkvara abil, seega ei pea füüsiliselt kohapeale sõitma ja vajalikud tegevused teostama, et voolukatkestuse režiim koordineeritakse SCADA süsteemi kaudu vastava

spetsialistiga ning vajab tunduvalt vähem aega ja omakorda oluliselt vähendab rahalisi kulusid (ca 3 korda).

3. Katoodjaama korrasoleku kontrolli teostamine pärast äikest. Kontroll teostatakse iga kord peale äikest ja arvutuse käigus oli võetud, et kord aastas iga objekti kohta tavalise katoodjaama puhul ja 5 korda aastas (nt. juhul kui objektida puudub andmeside, üldjuhul andmeside objektiga olemas ja korrasoleku kontroll kohapeal pole nõutud) kaugjuhitava katoodjaama puhul.

Joonisel 5.3 on toodud eeldatav hoolduse tööjõukulude tundide arv tavalise katoodjaama ja kaugjuhitava katoodjaama võrdlus tundides ühe aasta kohta.



Joonis 5.3 Eeldatav tööjõukulu tundides aastas

Hoolduskulude analüüsist saab järeldada, et katoodjaama töö automatiseerimine vähendab kulusid kindlaksmääratud hooldustöödel ca 3 korda. Tuleviku perspektiivis kaalutletakse katoodjaamade näitude kontrolli teostamine peamiselt SCADA süsteemi kaudu ning kulud selle töö peale võib viia peaaegu nullini.

Hoolduskulude analüüs ei võta arvesse seadme investeeringuga seotud kulusid, mida käesolevas töös ei käsitleta.



## **6. MAAGAASI ÜLEKANDEVÕRGU AUTOMATISEERITUD KATODKAITSESÜSTEEMI ARENG**

Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise protsess on alguses ja olemasolevate katoodmuundurite asendamine kaugjuhitavate vastu omab põhilist rolli selles pikaajalises kavas.

Käesolevas töös on eelnevalt kirjeldatud, et ülekandevõrgu katoodkaitsejaamad planeeritakse täielikult üle viia kaugjuhtimisele, mis annab paremad võimalused üle-eestilise katoodkaitsesüsteemi toimimise jälgimiseks. Selle lõputöö kirjutamise hetkel, on selle kirjutaja jõudnud järeldusele, et automatiseerimisprotsessi on vaja jätkata ja otsida uusi lahendusi, mis oleks efektiivsemad.

Katoodkaitse spetsialisti tööülesanneteks ei ole ainult korrektse korrosioonivastase süsteemi toimimise korraldamine ja tagamine, vaid on lisaks ka selle süsteemi tuleviku visiooni loomine.

### **6.1 Arenguvõimalused**

Autor pakub välja, et järgmiseks etapiks katoodkaitsesüsteemi automatiseerimisel saaks olla isoleermuhvide (isoleerliitmike) jälgimissüsteemi väljatöötamine gaasitorustiku kraanisõlmedes ja gaasijaotusjaamades. Arvestades katoodjaamade kaitsepotsiaalide reguleerimissüsteemi ja automatiseeritud juhtimissüsteemi LKS-des ja GJJ-des, siis isoleermuhvide korrasoleku jälgimissüsteemi loomine ei ole väga keeruliseks probleemiks. Selline süsteem aitaks koguda vajalikke andmeid ja mõjuks terve katoodkaitsesüsteemi toimimisele positiivselt ning vähendaks hoolduskulude suurust.

Kahtlemata on vaja põhjalikumalt uurida olemasoleva SCADA süsteemi võimalused ja funktsioonid ning uurida turul uued tendentsid ja alternatiivid.

Väga huvitava lahenduse katoodkaitsesüsteemi monitooringu osas pakub tootja Abriox, kes on ülemaailmne turuliider katoodkaitse kaugseiresüsteemides. 2021 aastal aprillis toimunud konverentsil „Corrosion 21 Conference & Expo“ esitasid Abriox enda uue kaugjälgimisseadme „SUNBIRD“. [[18](#)]



Joonis 6.1 SUNBIRD katoodkaitse kaugjälgimisseade

Abriox SUNBIRD SP mõõteposti monitooringu seade on kompaktne katoodkaitse kaugseireüksus (RMU), mis on mõeldud mahtuma katoodkaitse mõõtepostile. Seade on varustatud päikesepaneeliga ja tugineb 5G andmesidele. Päikeseenergia tähendab, et patareisid pole kunagi vaja ning 5G IoT kasutamine pakub kommunikatsioonielu pärast 2030. aastat. 5G IoT side pakub ka suuremat geograafilist katvust kui olemasolevad 3G ja 4G võrgud.[19]

SUNBIRD ühendatakse olemasoleva katoodkaitse mõõtepostiga. Andmed laaditakse üles iga tunni tagant ja kiire logimine 1s kiirusega saab algatada ühe tunni jooksul. SUNBIRD-l on ka sisseehitatud GPS, mis tagab, et andmed pärinevad ettenähtud asukohast.[19]

Seade võimaldab kõiki mõõtmisi teha automaatselt ja andmed saadetakse ühe tunnise intervalliga „Abrioxi cloud CP“ juhtimissüsteemi iCPSM4. Seadet saab kasutada igal pool torustikul või gaasipaigaldistel, kus on oluline registreerida „ON-OFF“ toru-pinnase potentsiaalid ja häirivate vahelduvvoolude mõõtmised. Tehniline kirjeldus antud seadme kohta on toodud Lisas 6.[19]

Tingimata on oluline enne uue lahenduse kasutuselevõttu läbi viia põhjalik majanduslik ja tehniline analüüs.

## KOKKUVÕTE

Eesti maagaasi ülekandevõrgu korrosioonikaitse süsteemis kasutakse nii passiivset kui ka aktiivset katoodkaitset. Käesoleva lõputöö kirjutamise hetkel koosneb ülekandevõrgu aktiivne katoodkaitsesüsteem 71-st katoodjaamadest, 2-st drenaažjaamadest, 160-st isoleerliitmikust ja liigi 1400-st mõõtepunktist ning kaablitest, mille kogu pikkus on ca 15000 meetrit.

Katoodjaama eesmärk on tagada terastorustikele nõutud piirides kaitsepotentsiaal ning lõputöö eesmärgiks oli teha ülevaade maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemi automatiseerimise protsessist, mille põhiline väljund on vanade katoodjaamade asendamine uute kaugjuhitavate jaamadega. Katoodjaamade asendamise protsess kestab prognooside kohaselt ligikaudu 6 aastat. Selle tegevuse põhieesmärk on suurendada katoodkaitse tõhusust, mis omakorda mängib olulist rolli majanduslike kulude mõistlikkuse tagamisel. Selle lõputöö kirjutamise hetkeks on automatiseeritud 50 katoodjaama.

Lõputöös kirjeldati kaugjuhitavate katoodjaamade põhilisi ülesanded, seadme tehnilisi parameetreid ja komponentide omadusi. Lisaks uuriti käesolevas töös kaugjuhitava katoodjaama töötamise põhimõtet. Töös anti ülevaade andmeside lahendusest, selle valiku kriteeriumitest ja kirjeldati olemasolevat SCADA süsteemi.

Töös tehtud automatiseeritud katoodkaitsesüsteemi majanduslik analüüs põhineb elektri- ja hoolduskulude andmetel ajavahemikudel 2015-2016 ning 2019-2020. Analüüsi käigus uuriti Tallinna ja Viljandi hoolduspiirkondade katoodjaamade elektritarbimist enne automatiseerimist ning peale automatiseerimist. Hoolduskulude analüüsi teostamiseks võeti ühe kalendriaasta peamine hooldus- ja mõõtmistöö ajakulu. Selle analüüsiga tuvastati energiatarbimise kulude vähenemine ning hooldus- ja mõõtmistegevuste aja kokkuhoid.

Katoodkaitsesüsteemi automatiseerimist on vajalik edasi arendada ja võimalikuks arengusuunaks pakub autor välja kaasaegese ja lihtsama monitooringu süsteemi rakendamise katoodkaitse mõõtepostidel. Selline (autonoomne) süsteem võiks anda lisavõimalusi spetsialistidele vajalike andmete kogumisel gaasitorustike kaitsepotentsiaali mõõtmisel raskesti ligipääsetavates kohtades.

Lõputöö koostamisel kasutati erinevaid rahvusvahelisi infoallikad ja lisaks koguti teavet ülekande gaasvõrgu gaasi- ja katoodkaitseala ekspertidelt.

Lõputöö koostamise tulemusena sai autor hea ülevaate Eesti maagaasi ülekandevõrgu katoodkaitsesüsteemist ning selle automatiseerimisprotsessi käigust, tulemustest ja arenguvõimalustest.

## **SUMMARY**

The author of bachelor final thesis has written about the process of automation of the Cathodic Protection system of Estonian gas transmission system.

Both passive and active cathodic protection are used in the corrosion protection of the Estonian natural gas transmission system. At the time of writing, the active cathodic protection system of the gas network consists of 71 cathodic stations, 2 drainage stations, 160 insulating fittings and 1 400 potential measuring points, and cables with a total length of approximately 15 000 meters.

Cathodic Protection system is an efficient system used for protecting the underground metal objects from corrosion. The aim of developing a Cathodic Protection system is to provide control over gas pipelines and to reduce the incidence of corrosion.

Automation of the Cathodic Protection is the way to improve efficiency of the Cathodic Protection system.

The main step in automation of the CP of Estonian gas transmission system was replacement of the existing cathodic protection stations by the remotely controlled ones. And one of author`s goals was to describe the main technical characteristics of the remotely controlled CPS.

Another important goal of this work was to analyze the cost-effectiveness after the transition to automated cathodic stations, as a result of which a clear economic benefit was identified.

In final part of my bachelor thesis, author has tried to propose an option for the further development of an automated cathodic protection system. One of the options for further development may be the creation of an autonomous system for monitoring insulating joints and measuring of the pipe to soil potential in hard-to-reach places. Undoubtedly, this proposal needs a thorough economic and technical analysis before proceeding with its implementation.

As a result of compiling the final thesis, the author has a clear understanding of the cathodic protection system of the Estonian natural gas transmission system and the course and results of its automation process.

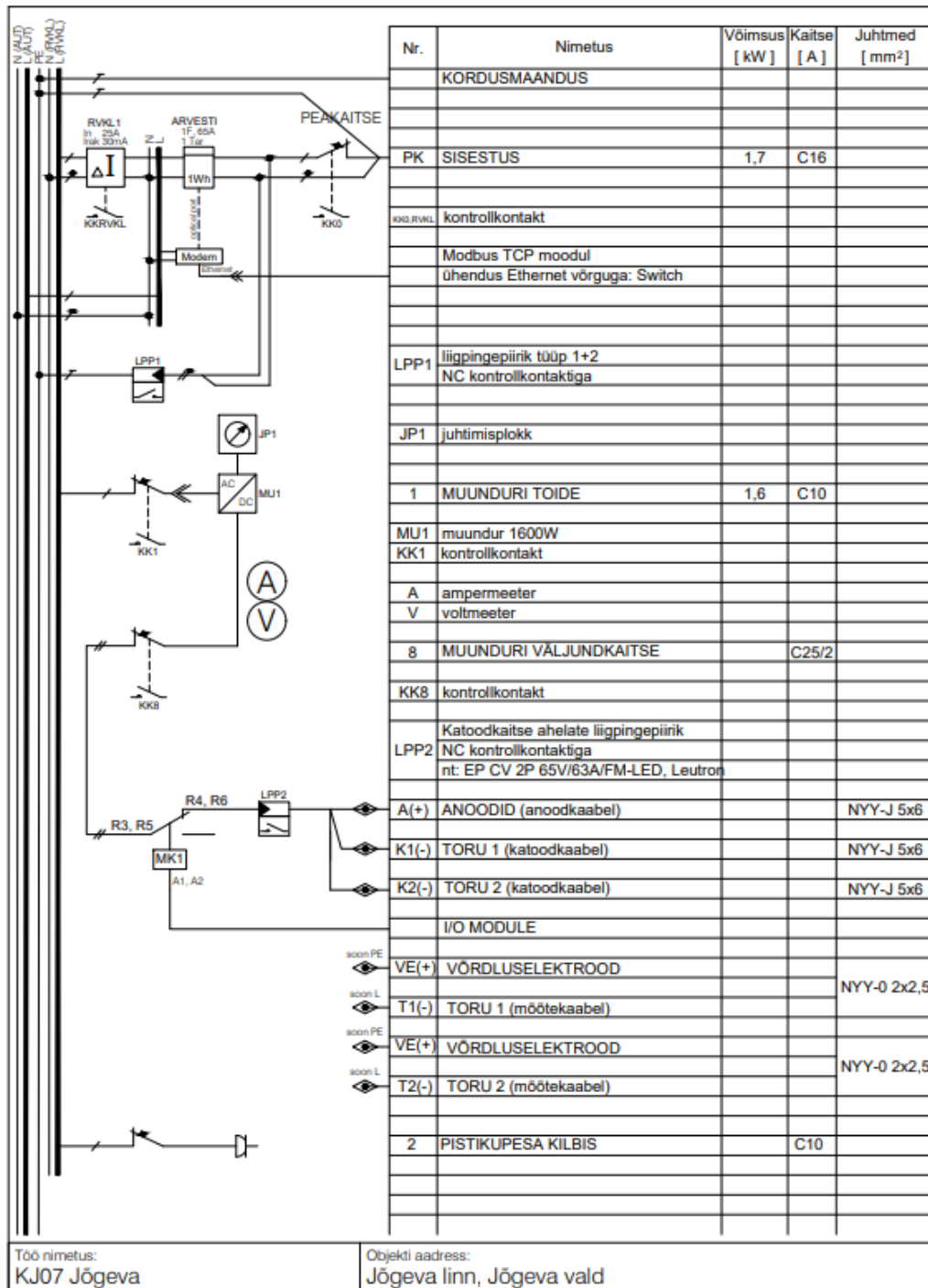
## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

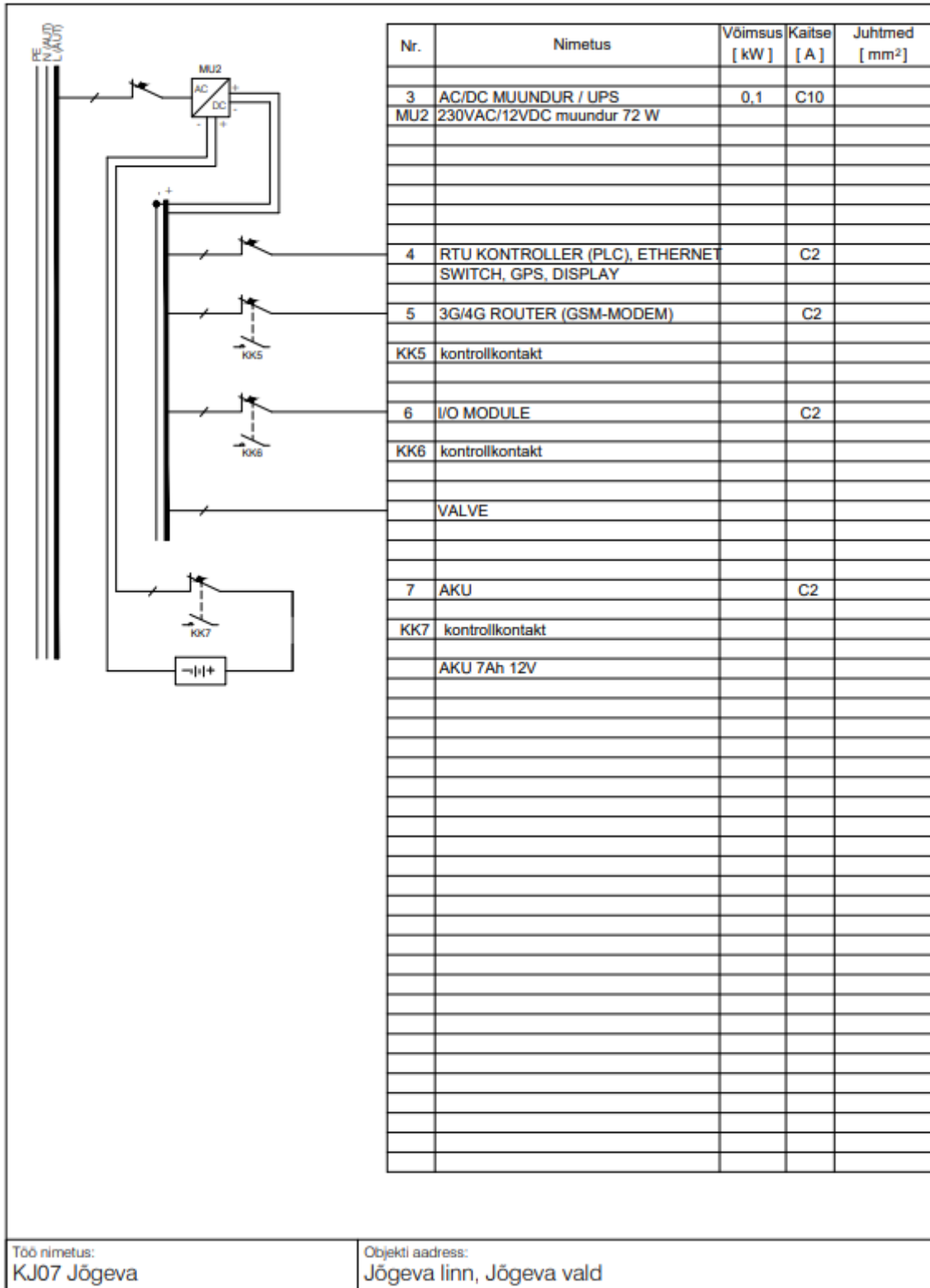
1. Elering AS, „EESTI GAASIÜLEKANDEVÕRGU ARENGUKAVA 2021-2030“. [Online] <https://elering.ee/sites/default/files/2021-03/Eesti%20gaasi%C3%BClekandev%C3%B5rgu%20arengukava%202021-2030.pdf> (5.11.2021)
2. EN 12954 General principles of cathodic protection of buried or immersed onshore metallic structures [Standart].
3. Study.com „Electrochemical Series: Examples & Uses“. [Online] <https://study.com/academy/lesson/electrochemical-series-examples-uses.html> (11.11.2021)
4. EACON „What is Cathodic Protection?“. [Online] <https://eoncoat.com/what-is-cathodic-protection-and-how-does-it-work/> (16.11.2021)
5. P. Kulu, J. Kübarsepp, A. Laansoo, R. Veinthal., Materjalitehnika I, Õpik kõrgkoolidele, Tallinn: TTU Kirjastus, 2015. [Online] <https://digikogu.taltech.ee/en/Download/90459b4f-868e-4329-90a2-2b040ea6faec> (31.09. 2021)
6. A.S.H Maklouf, M.A. Botello „Handbook of Materials Failure Analysis“ [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008101928300001X> (25.10.2021)
7. UNSW School of Materials Science and Engineering, „Stress Corrosion“. [Online] <https://www.materials.unsw.edu.au/study-us/high-school-students-and-teachers/online-tutorials/corrosion/types-corrosion/stress-corrosion> (31.10.2021)
8. UNSW School of Materials Science and Engineering, „Protective Coatings“. [Online] <https://www.materials.unsw.edu.au/study-us/high-school-students-and-teachers/online-tutorials/corrosion/corrosion-protection/protective-coatings> (02.10.2021)
9. Kathy Riggs Larsen., „Using Pipeline Coatings with Cathodic Protection“, Materials Performance. [Online] <https://www.materialsperformance.com/articles/cathodic-protection/2016/04/using-pipeline-coatings-with-cathodic-protection> (5.11.2021)
10. K. Nanan., „The Basics of Cathodic Protection“, Corrosionpedia. [Online] <https://www.corrosionpedia.com/2/1368/prevention/cathodic-protection/cathodic-protection-101> (25.10.2021)
11. Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium. Eesti gaasisüsteemi energiatõhususe suurendamine. 2020. Lõpparuanne. [Online] [https://www.mkm.ee/sites/default/files/1\\_lopparuanne\\_-](https://www.mkm.ee/sites/default/files/1_lopparuanne_-)

- [\\_gaasisusteemi\\_energiatohususe\\_suurendamine.pdf](#) (20.11.2021)
12. Elering AS, „Gaasivõrgu raamhanke dokumentatsioon“, osa 6, 2017. [Tööjuhend]
  13. A.W. Peabody., „Controll Of Pipeline Corrosion“, Second Edition by NACE International, 2001. [Online] <https://asremavad.com/wp-content/uploads/2019/01/CONTROL-OF-PIPELINE-CORROSION-peabody.pdf> (28.10.2021)
  14. Ecordera Blog, „CIPS Procedure“. [Online] <https://ecorderablog.wordpress.com/2018/10/24/cips-procedure/> (3.11.2021)
  15. „Katoodkaitsejaam seeria PKJ-SM-1600 tehniline pass ja kasutusjuhend“, Pluvo OÜ, 2020.
  16. Digi, Digi Rabbit SBC BL4S100 product overview. [Online] <https://www.digi.com/products/embedded-systems/single-board-computers/bl4s100#overview> (7.11.2021)
  17. Digi, Digi WR21 product overview. [Online] <https://www.digi.com/products/networking/cellular-routers/industrial/digi-transport-wr21> (8.11.2021)
  18. Materials Performance, „New Remote Monitoring Unit is a Global Game-Changer“ [Online] <https://www.materialsperformance.com/articles/cathodic-protection/2021/07/new-remote-monitoring-unit-is-a-global-game-changer> (18.11.2021)
  19. Abriox Remote monitoring & Control of pipelines, „SUNBIRD“ cathodic Protection SP test post monitor data sheet. [Online] <https://www.abriox.com/wp-content/datasheets/SUNBIRD%20Test%20Post%20Monitor%20Info%20Sheet%20US.pdf> (18.11.2021)

# LISAD

## Lisa 1. Katoodjaama skeem





Töö nimetus:  
KJ07 Jõgeva

Objekti aadress:  
Jõgeva linn, Jõgeva vald



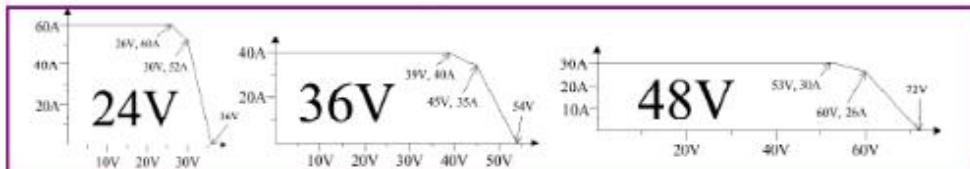
# Lisa 2. Kõrgsagedusliku toiteplokki POWERNET ADC7520 tehnilised parameetrid



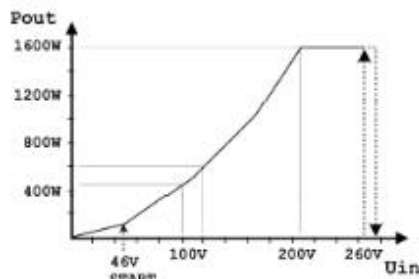
DATASHEET / USER MANUAL

## TECHNICAL DATA

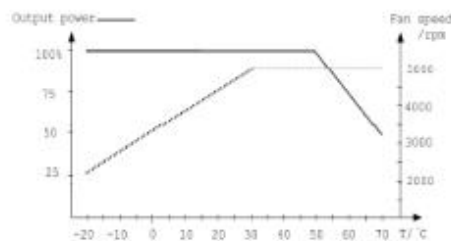
Input voltage		55...264 VAC (55...200VAC reduced power, see curve below) 78...340 VDC (78...200VDC reduced power)
Input current		9 A
Power factor		>0.99
Efficiency (230VAC, 10...100% load)		> 88%
Inrush current		<30A, cold start
Line regulation		0.01%
Load regulation		0.2V
Output setting accuracy		± 0.1%
Output ripple ( $f > 50\text{Hz}$ )		<30mVrms
Hold up time		> 5ms
Status LED indication	Standard models	Orange Power OK LED
	Cyclic chargers	Three color LED, red-yellow-green
Isolations	Input - chassis	1500VAC
	Input - output	3750VAC
	Output - chassis	500VAC
Standards	Safety	EN60335-2-29 +A2
	EMC	EN55022B, EN50081-1, EN50082-2
Approvals		CE marking
Protection class	Mechanical	IP20 metal enclosure
	Electrical	Class I
Connectors	Input	Input power cord
	Output	10 mm <sup>2</sup> 2m output cables
Dimensions	l x w x h	267 x 135 x 85 mm with rubber ends
Weight		1,9kg without output cables
Mounting		Wall, bench
Cooling		Temperature controlled fan
Operating temperature range	Full power typically	-25°C...+40°C
	Reduced power	+40...+70°C, see curve below
Humidity		0...95%, non condensing



Nominal output voltage / current characteristics 1600W models



Output power / input voltage derating curve



Output power and fan speed vs ambient temperature

**SELECTION TABLE OF ADC7520 FEATURES**

This table shows which features are possible at the same time.  
 IF N THEN then not possible.  
 Some of allowed combinations are optional. Contact manufacturer or your local distributor for further details.

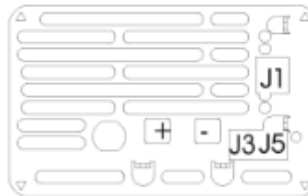
	T r i m m e r	A n a l o g	R e l a y	B u s O u t	B u s I n	T e m p	S e n s e	C o d e	S w i t c h
Trimmer adjustment		N			N	N		N	
Analog control (isolated)	N				N	N		N	
Relay alarm				N					
BusOut (RS-232 control to slave)			N		N				
BusIn	N	N		N					
Temp.comp.	N	N							
Sense									
Customised charging algorithm chargers with code Switch	N	N							

**PIN CONFIGURATION, MODULAR CONNECTORS**

Front panel



Rear panel



- J1: Analog input 0-5VDC
- J3: Temperature compensation, Sense option
- J5: RS-232 bus in and out, master-slave  
Alternatively power fail relay alarm

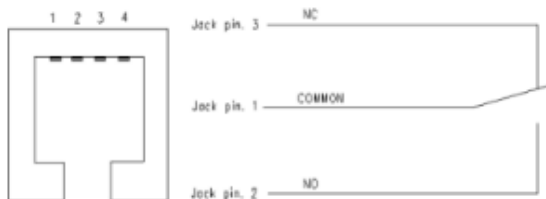
**OPTIONAL ALARM RELAY**

If the unit is ordered with alarm relay (for example ADC7520/24H), the potential free alarm output indicates if the charger's output is healthy. The alarm signal is activated at AC fail and charger fail cases. Both normally open and normally closed signals are presented.

Pin Configuration, Modular connector J5 with relay alarm option

**MODULAR JACK**

Front view



**CABLE**  
 Black = common  
 Red = NO  
 Green = NC

**RELAY**  
 Isolation:  
 Output to Case: 500V  
 Output to GND: 120V

Technical data:  
 1A @ 24Vdc  
 0,5A @ 120VAc

If power is off the COMMON is connected to NC. When power is switched ON the COMMON is connected to NO

## Lisa 3. I/O mooduli tehnilised parameetrid



**ET-7026  
PET-7026**

Ethernet I/O Module with 6-channel AI, 2-channel AO,  
2-channel DI, 2-channel DO

**ET-7226  
PET-7226**

### Features

- Built-in Web Server
- Web HMI
- Support for both Modbus TCP and Modbus UDP Protocols
- Communication Security
- 2-port Ethernet Switch for Daisy-Chain Topology
- Dual Watchdog
- Wide Operating Temperature Range: -25 to +75°C
- I/O Pair Connection
- Built-in I/O
  - AI: 6 Channels with 240 Vrms Overvoltage Protection
  - AO: 2 Channels
  - DI/Counter: 2 Channels
  - DO: 2 Channels



### Introduction

The ET-7026/PET-7026/ET-7226/PET-7226 is a multi-function module with 6-channel analog inputs, 2-channel analog outputs, 2-channel digital inputs and 2-channel digital outputs. It provides various programmable analog inputs (+/-500 mV, +/-1 V, +/-5 V, +/-10 V, +/-20 mA, 0 ~ 20 mA and 4 ~ 20 mA), and analog outputs (+/-5 V, +/-10 V, 0 ~ 20 mA and 4 ~ 20 mA). Each analog input is allowed to configure a proper range with 240 Vrms high voltage protection. Each analog input/output can be programmed to accept current or voltage as input/output depending upon the position of corresponding jumper.

### System Specifications

Model	ET-7026	PET-7026	ET-7226	PET-7226
<b>Software</b>				
Built-in Web Server			Yes	
Web HMI			Yes	
I/O Pair Connection			Yes	
<b>Communication</b>				
Ethernet Port	1 x RJ-45, 10/100 Base-TX		2 x RJ-45, 10/100 Base-TX, Switch Ports	
PoE	-	Yes	-	Yes
Protocol	Modbus TCP, Modbus UDP			
Security	ID, Password and IP Filter			
Dual Watchdog	Yes, Module (0.8 seconds), Communication (Programmable)			
<b>LED Indicators</b>				
for System Running			Yes	
for Ethernet Link/Act			Yes	
for DI/DO status		-		Yes
for PoE Power	-	Yes	-	Yes
<b>2-Way Isolation</b>				
Ethernet	1500 VDC	-	1500 VDC	-
I/O	2500 VDC			
<b>EMS Protection</b>				
ESD (IEC 61000-4-2)	±4 kV Contact for Each Terminal and ±8 kV Air for Random Point			
EFT (IEC 61000-4-4)	±4 kV for Power Line Line		±2 kV for Power Line	
Surge (IEC 61000-4-5)	±0.5 kV for Power Line		±2 kV for Power Line	
<b>Power</b>				
Reverse Polarity Protection	Yes			
Powered from Terminal Block	10 ~ 30 VDC	12 ~ 48 VDC	12 ~ 48 VDC	12 ~ 48 VDC
Powered from PoE	-	Yes, IEEE 802.3af, Class1	-	Yes, IEEE 802.3af, Class1
Consumption	3.6 W (Max.)	3.9 W (Max.)	5.0 W (Max.)	5.2 W (Max.)
<b>Mechanical</b>				
Dimensions (L x W x H)	123 mm x 72 mm x 25 mm		120 mm x 76 mm x 38 mm	
Installation	DIN-Rail or Wall Mounting			
<b>Environment</b>				
Operating Temperature	-25 to +75°C			
Storage Temperature	-30 to +80°C			
Humidity	10 to 90% RH, Non-condensing			

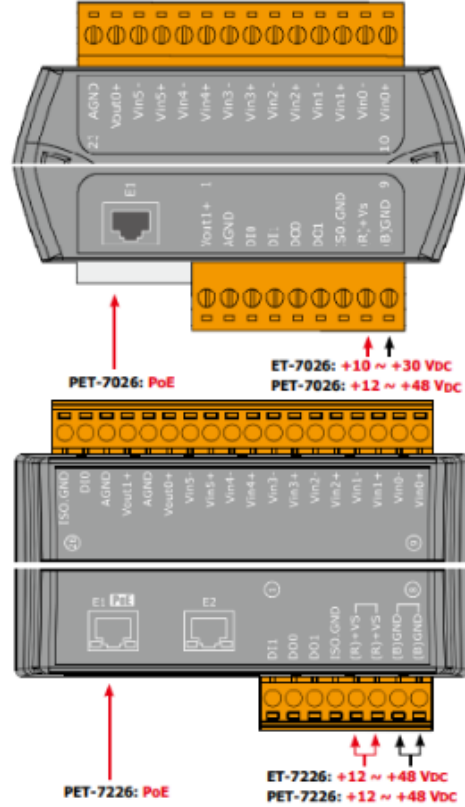
## I/O Specifications

Analog Input		
Channels	6 (Differential)	
Type	+/-500 mV, +/-1 V, +/-5 V, +/-10 V +0 mA ~ +20 mA, +/-20 mA, 4 ~ 20 mA (Jumper Selectable)	
Individual Channel Configuration	Yes	
Resolution	16-bit	
Sampling Rate	Normal Mode	10 Samples/Second (Total)
	Fast Mode	50 Samples/Second (Total)
Accuracy	Normal Mode	+/-0.1%
	Fast Mode	+/-0.5% or better
Zero Drift	+/-20 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C	
Span Drift	+/-25 ppm/ $^{\circ}$ C	
Overvoltage Protection	240 Vrms	
Overcurrent Protection	50 mA Max. at 110 Vdc/Vac Max.	
Common Voltage Protection	$\pm$ 200 Vdc	
Overcurrent Protection	Yes, 50 mA at 110 Vdc	
Virtual Channel to Channel Isolation	Yes, 400 Vdc	
Open Wire Detection for 4 ~ 20 mA	Yes	
Input Impedance	Voltage	2 M $\Omega$
	Current	125 $\Omega$
Common Mode Rejection	86 dB Min.	
Normal Mode Rejection	100 dB	
Analog Output		
Channels	2	
Type	+0 Vdc ~ +5 Vdc, +/-5 Vdc, +0 Vdc ~ +10 Vdc, +/-10 Vdc, +0 mA ~ +20 mA, +4 mA ~ +20 mA (Jumper Selectable)	
Individual Channel Configuration	Yes	
Resolution	12-bit	
Accuracy	+/-0.1% of FSR	
Voltage Output Capability	20 mA @ 10 V	
Current Load Resistance	500 $\Omega$	
Open Wire Detection	Yes, for 4 ~ 20 mA only	
Power-on Value	Yes, Programmable	
Safe Value	Yes, Programmable	
Digital Input/Counter		
Channels	2	
Dry Contact (Source)	On Voltage Level	Close to GND
	Off Voltage Level	Open
Wet Contact (Sink Source)	Effective Distance for Dry Contact	500 M Max.
	On Voltage Level	+1 Vdc Max.
Input Impedance	Off Voltage Level	+3.5 Vdc ~ +30 Vdc
		-
Counters	Channels	2
	Max. Count	4,294,967,295 (32-bit)
	Max. Input Frequency	100 Hz
	Min. Pulse Width	5 ms
Overvoltage Protection	30 Vdc	
Digital Output		
Channels	2	
Type	Isolated Open Collector	
Sink/Source (NPN/PNP)	Sink	
Max. Load Current	700 mA/Channel	
Load Voltage	+5 Vdc ~ +50 Vdc	
Overvoltage Protection	60 Vdc	
Overload Protection	1.4 A	
Short-circuit Protection	Yes	
Power-on Value	Yes, Programmable	
Safe Value	Yes, Programmable	

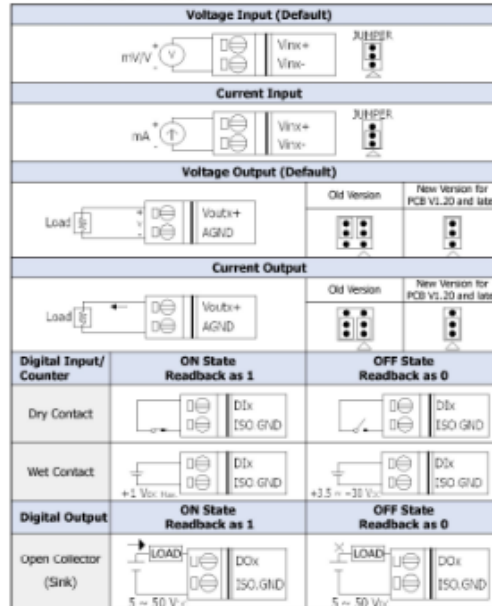
## Ordering Information

<b>ET-7026 CR</b>	Ethernet I/O Module with 6-channel AI, 2-channel AO, 2-channel DI, 2-channel DO (RoHS)
<b>PET-7026 CR</b>	PoE Ethernet I/O Module with 6-channel AI, 2-channel AO, 2-channel DI, 2-channel DO (RoHS)
<b>ET-7226 CR</b>	Ethernet I/O Module with 2-port Ethernet Switch, with 6-channel AI, 2-channel AO, 2-channel DI, 2-channel DO (RoHS)
<b>PET-7226 CR</b>	PoE Ethernet I/O Module with 2-port Ethernet Switch, with 6-channel AI, 2-channel AO, 2-channel DI, 2-channel DO (RoHS)

## Pin Assignments



## Wire Connections



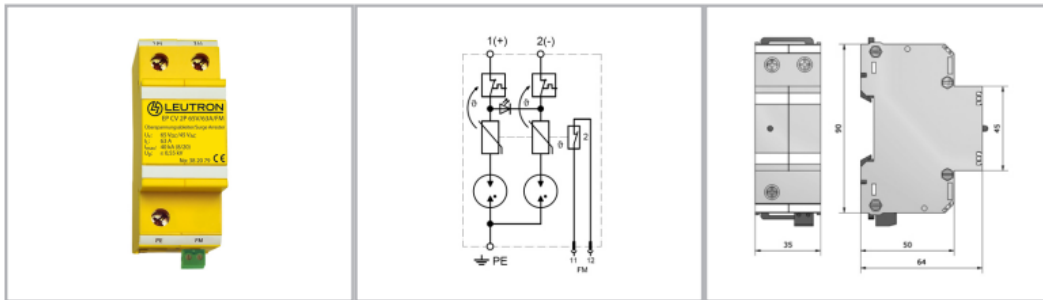
# Lisa 4. LEUTRON liigpingepiiriku tehnilised parameetrid



## Datasheet

### Web catalogue

### Pipeline Protection



These devices are predominantly used for cathodic corrosion protection systems at gas and oil pipelines with bitumen insulation layer. For protection of 30 V DC / 36 V AC lines in CCPS up to max. fuse 63 A.

- Arresters for Cathodic Corrosion Protection Systems
- Mounting directly on DIN rail
- Operating current up to 63 A
- Leakage current-free

Technical Data		EP CV 2P 65V/63A/FM
IEC category		Type 2 /class II
Nominal voltage DC	UN	36V=
Nominal voltage AC	UN	30V-
Max. continuous operating voltage DC	Uc	65V=
Max. continuous operating voltage AC (50/60 Hz)	Uc	45V-
Max. acceptable fuse or back-up fuse		63 A gG
Voltage protection level (1 kV/μs)	Up	≤ 0,55kV
Protection level at 1 kV/μs (1, 2-PE)	Up	≤ 0,55kV
Response time	tA	≤ 50ns
Nominal discharge current (8/20 μs)	In	20kA
Max. impulse discharge current (8/20 μs)	I <sub>max</sub>	40kA
Lightning impulse current (10/350 μs) per pole	I <sub>imp</sub>	5 (2,5 As)kA
Operating temperature range	TU	-40 - +80°C
Max. conductor cross section		50 mm <sup>2</sup> stranded/35 mm <sup>2</sup> flexible
Max. connection torque for terminals		4,0Nm
Enclosure material / colour		polycarbonate (halogen-free) UL 94-V0 / yellow
Degree of protection (IEC EN 60529)		IP 20
Mounting on		35 mm DIN rail (EN 60715)
Max. conductor cross section FM		1,5mm <sup>2</sup>
Max. switching capacity of remote signal contact		250 / 2V/A

### Order Data

Produkt	EP CV 2P 65V/63A/FM
Artikel-Nr	38 20 79

06.11.2021

We reserve the right to make alterations in style and form in line with technical development. The illustrations are non-binding. We do not assume liability for mistakes or printing errors. Copyright © LEUTRON GmbH 2020

Leutron GmbH, Gaußstr. 2 · D-70771 Leinfelden-Echterdingen · Tel. +49 (0) 711 94771-0 · [www.leutron.de](http://www.leutron.de)

## Lisa 5. Katoodjaama signaalide nimekiri

Katoodjaama signaalide nimekiri			
Nr	Nimi	Mõõtmine	Parameetri tüüp
1.	Valvekontuur	ICP-CON	diskreetne
2.	Valvesse panek	ICP-CON	diskreetne
3.	Piksekaitse	ICP-CON	diskreetne
4.	Aku seisund	ICP-CON	diskreetne
5.	Punase nupu seisund	ICP-CON	diskreetne
6.	Rohelise nupu seisund	ICP-CON	diskreetne
7.	Käsirežiim	ICP-CON	diskreetne
8.	Automaatrežiim	ICP-CON	diskreetne
9.	Välitoide olemasolu	ICP-CON	diskreetne
10.	Väljundpinge (V)	ICP-CON	analoo
11.	I torustiku kaitsepotsiaal (mV)	ICP-CON	analoo
12.	Maanduskontuuri potentsiaal(mV)	ICP-CON	analoo
13.	II torustiku kaitsepotsiaal (mV)	ICP-CON	analoo
14.	Väljundvool (A)	ICP-CON	analoo
15.	Toitepinge(V)	ICP-CON	analoo
16.	Takistus ( $\Omega$ )	arvutatud	Float
17.	Elektrikulu (kWt)	el. arvesti	Float
18.	Pinge (V)	el. arvesti	Float
19.	Aktiivne tarbimine (Wt)	el. arvesti	Float
20.	Reaktiivne tarbimine (Wt)	el. arvesti	Float
21.	Toitevool (A)	el. arvesti	Float
22.	Miinum kaitsepotsiaal 600 s (I toru)	arvutatud	Float
23.	Maksimaalne kaitsepotsiaal 600 s (I toru)	arvutatud	Float
24.	Keskmine kaitsepotsiaal 600 s (I toru)	arvutatud	Float
25.	Miinum kaitsepotsiaal 600 s (II toru)	arvutatud	Float
26.	Maksimaalne kaitsepotsiaal 600 s (II toru)	arvutatud	Float
27.	Keskmine kaitsepotsiaal 600 sek (II toru)	arvutatud	Float
28.	Mobiilside levitugevus (dB)	Digi WR 21	Float
29.	GSM operaator	Digi WR 21	Float
30.	Traffic (kByte)	Digi WR 21	Float
31.	Katoodjaama töörežiim	arvutatud	Integer
32.	Katoodjaama mõõterežiim	arvutatud	Integer
33.	Mõõtmised (120 s)	arvutatud	String
34.	Mõõtmised (1 s)	arvutatud	String
35.	Katoodjaama süsteemne aeg	arvutatud	String
36.	Mõõtetulemuste massiiv (120 s)	arvutatud	Float Array
37.	Mõõtetulemuste massiiv (4/2 s)	arvutatud	Float Array
38.	Reguleerimiskoeffitsient KP	arvutatud	Float
39.	Reguleerimiskoeffitsient KI	arvutatud	Float
40.	Reguleerimiskoeffitsient KD	arvutatud	Float
41.	SETPOINT (kaitsepotsiaal)	määratud	Float
42.	Remote ping	seatud	Float
43.	Remote vool	seatud	Float
44.	Elektritarbimine Tariif 1	arvutatud	Float
45.	Elektritarbimine Tariif 2	arvutatud	Float
46.	Eelmise kuu kumulatiivne elektritarbimine (kWt)	arvutatud	Float

47.	Eelmise kuu tarbimine Tariif 1 (kWt)	arvutatud	Float
48.	Eelmise kuu tarbimine Tariif 2 (kWt)	arvutatud	Float
49.	Mobiilnumber Admin	seatud	String
50.	Mobiilnumber User 1	seatud	String
51.	Mobiilnumber User 2	seatud	String
52.	Kaitsepotentsiaal I toru - 1 s	arvutatud	Float
53.	Kaitsepotentsiaal I toru - 120 s	arvutatud	Float
54.	Kaitsepotentsiaal II toru - 1 s	arvutatud	Float
55.	Kaitsepotentsiaal II toru - 120 s	arvutatud	Float



# Lisa 6. SUNBIRD kaugjälgimisseadme tehnilised parameetrid



## MONITORING AND CONTROL FOR OIL AND GAS

### OVERVIEW

The Abriox SUNBIRD SP Test Post Monitor is a compact Cathodic Protection Remote Monitoring Unit (RMU) designed to fit on a CP riser post. It harvests energy from the sun and incorporates the latest 5G IoT communication technology.

Solar powered means no batteries required – ever. Utilizing 5G IoT delivers a communication life beyond 2030. 5G IoT communications also provide greater geographical coverage than existing 3G and 4G networks, meaning the unit will work in more locations than was previously possible with cellular communication.

Installation is far easier than any other product on the market. Just plug the SUNBIRD on to the existing CP post, no laptops or cellphones required. Unlike other products the data is uploaded every hour and fast logging at a 1s rate can be initiated within an hour. SUNBIRD also has built-in GPS to guarantee the data is coming from the intended location.

SUNBIRD's plug and play installation allows all measurements to be taken automatically and the data seamlessly sent in every hour to iCPSM4, Abriox's Cloud CP Management System. SUNBIRD can be deployed anywhere on the pipeline network where it is important to record ON/OFF pipe-to-soil potentials, native coupon potentials and measurements of interfering AC currents.

Alternatively, it may simply be that certain measurement points on the pipeline create risks to CP technicians, such as at busy road or rail crossings, or are difficult to access, such as on private land. At these locations remote monitoring is extremely cost-efficient and can improve safety.

### FEATURES AND BENEFITS

- ▶ 5G IoT communications
- ▶ Built-in GPS to confirm the location of the unit
- ▶ Solar powered, no battery changes required
- ▶ 1 second fast logging on demand
- ▶ Hourly CP level reports
- ▶ Sealed weather proof unit for deployment on a 3" test post
- ▶ Easy plug on and off installation
- ▶ Robust lightning protection
- ▶ Wide operational temperature for all extremes
- ▶ DC and AC monitoring for full corrosion prevention
- ▶ ON / OFF / Native Potentials and coupon current monitoring channels

DOC-020-00-020-US-SUNBIRD SP Test Post Monitor Info Sheet-V3



### SPECIFICATIONS

#### DIMENSIONS (H x Dia)

9.7" x 4.3" Diameter

#### INGRESS PROTECTION

NEMA 6

#### TEMPERATURE RANGE

-40°F to +185°F 100% condensing humidity

#### COMPATIBILITY

The SUNBIRD SP Test Post Monitor has been designed to fit most standard 3" riser posts including Pro-Mark PM TS3, Big Fink, Rhino and Tinker & Razor T-3.

#### COMMUNICATIONS

5G IoT. The SUNBIRD SP Test Post Monitor utilizes NB-IoT communications which is a 5G technology designed for the Internet of Things and intended to endure beyond commercial fast 5G.

#### POWER

Integrated solar panel

#### SOFTWARE PLATFORM

iCPSM4

### ABOUT US

Abriox is a dynamic high technology company specializing in remote monitoring and control for pipelines with US Headquarters in Ohio and European and International Headquarters in the UK.

### GET IN TOUCH

W [www.abriox.com](http://www.abriox.com)

E [usinfo@abriox.com](mailto:usinfo@abriox.com)

SCAN TO FIND OUT MORE

