

MAADOITUSVASTUKSEN SEKÄ MAAPERÄN  
RESISTIIVISYYDEN MITTAUS

**Maadoitusvastuksen  
mittausopas**

## Maadoitusvastuksen mittaus

Hyvä maadoitus on sähköturvallisuuden perustekijä sekä kotitalouksien että teollisuuden sähköistyksessä. Ellei maadoitus ole kunnossa altistetaan sekä henkilöturvallisuus että sähkölaitteet ja muu omaisuus vaaratilanteille.

Yksittäinen maadoitin ei kuitenkaan riitä takaamaan turvallisuutta. Ainoastaan säännöllisesti tehdyt tarkastukset takaavat sähköasennusten asianmukaisen toimivuuden.

On olemassa eri menetelmiä maadoitusten kunnan tarkastamiseen, riippuen asennusjärjestelmästä, nolausjärjestelmästä sekä itse sähköverkosta (kotitalous, teollisuus, kaupunkiverkosto jne.). Tarkistustavan valintaan vaikuttaa myös se, voidaanko työskennellä jännitteettömässä verkossa, jne.

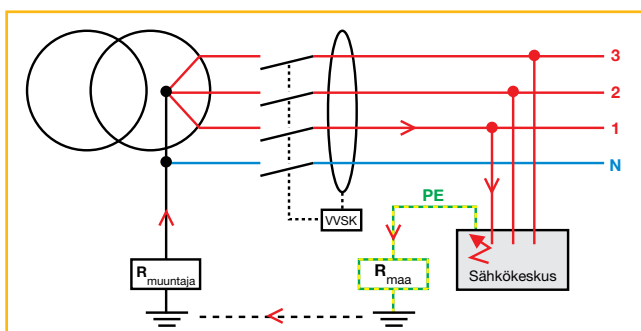
### Mikä tekee maadoituksesta välttämätöntä?

Maadoitus tarkoittaa maadoituselektrodin ja tarkastellussa sähköverkon pisteessä olevan sähkölaitteen tai virtapiirin välistä kytkentää. Maadoituselektrodi on johtava osa (materiaali), joka asetetaan maahan tai toiseen johtavaan materiaaliin, jolla on sähköinen kytkös maahan.

Maadoitus muodostuu siten, että kaapeloidaan maadoituselektrodi ja sellaiset kosketeltavissa, johtavaa metallia olevat metallialustat, jotka voivat tulla jännitteellisiksi sähkölaitteistossa tapahtuvan eristysvian vuoksi. Näin ollen ihmisille ei aiheudu vaaraa, sillä vikavirta johtuu maahan. Jos maadoitus puuttuu, voi kohteeseen koskeva ihminen altistua hengenvaaralliseksi sähköiskulle.

Käytettäessä vikavirtasuojakytkintä (vvs) kytkeytyy vioittunut piiri automaattisesti pois päältä vaaratilanteiden ehkäisemiseksi. Siten kunnollinen maadoitus suojaa sekä ihmisiä että sähkölaitteistoja esimerkiksi vikavirroilta ja salamaniskuilta.

*Esim. Jos kuormituksen eristys on virheellinen, johtuu vikavirta maahan suojajohtimen (PE) kautta. Vikavirtasuojakytkin varmistaa sen, että kohde kytkeytyy pois päältä vikavirran ylittäessä sallitun turvarajan.*



### Minkä suuruinen maadoitusvastuksen tulee olla?

Ennen maadoitusvastuksen mittauksia, tulee määrittää asennuksessa hyväksyttävä korkein maadoitusvastuksen arvo. Tämä arvo riippuu asennuksen, itse laitoksen ja sähköverkon luonteesta, sekä sijaintimaan voimassa olevista säädöksistä. Siksi on tärkeää etukäteen varmistua määräyksistä, jotka liittyvät testattavaan kohteeseen.

#### Esimerkinä TT-järjestelmä > TN-järjestelmä:

Turvallisen sähköistyksen takaamiseksi, tulee sähköasennus varustaa suojauskella, mikä aktivoituu havaittuaan raja-arvon ylittäviä jännitteitä suojattavassa piirissä. Tutkimukset osoittavat, että suurin jännitearvo kuivissa tiloissa ihmiselle saa olla 50 V<sub>AC</sub>. Kyseinen kosketusjännitteen arvo on alempi kosteissa tiloissa, kuten kylpyhuoneissa (25 V).

Esimerkinä teollisuustiloissa sijaitsevaan maadoitukseen kytketylle vikavirtasuojakytkimelle sallitaan jopa 500 mA:n virta.

Ohmin lain mukaisesti:

$$U = RI$$

Tässä tapauksessa:

$$R = 50 \text{ V} / 0,5 \text{ A} = 100 \Omega$$

Maadoitusvastuksen tulee näin ollen olla pienempi kuin 100 Ω, jotta voidaan olla varmoja käyttöturvallisuuden tasosta.

Yllä oleva laskelma osoittaa sen, että maadoitusvastus on riippuvainen sähköasennusta suojaavan vikavirtasuojakytkimen virrasta.

#### Maadoituselektrodin maksimaalinen vastus VVSK:n nimellisvirralla

|                   | Max. VVSK:n nimellisvirta (Δn) | Maadoituselektrodin max. vastus suojamaahan kytkemiseksi (Ohm) |
|-------------------|--------------------------------|--|
| Alhainen herkkyys | 20 A                           | 2,5  |
|                   | 10 A                           | 5  |
|                   | 5 A                            | 10   |
|                   | 3 A                            | 17   |
| Keskiherkkyys     | 1 A                            | 50   |
|                   | 500 mA                         | 100  |
|                   | 300 mA                         | 167  |
|                   | 100 mA                         | 500  |
| Korkea herkkyys   | ≤ 30 mA                        | > 500  |

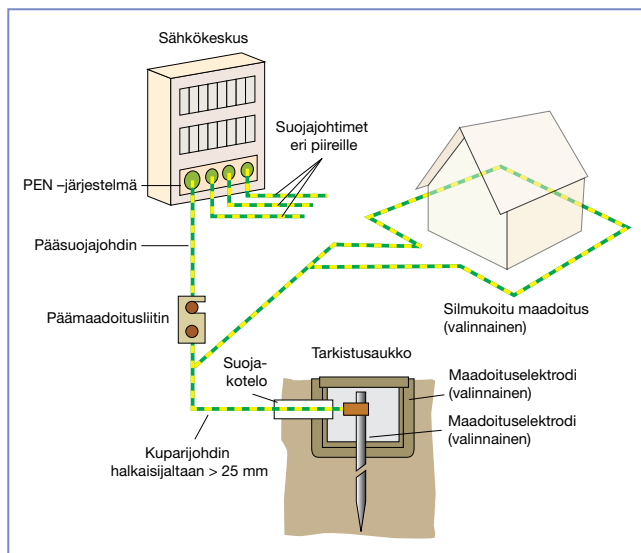


## Mistä maadoitus koostuu?

### Maadoitus

On olemassa erilaisia tapoja muodostaa toimiva maadoitus. Asennustapaan vaikuttaa itse maan normit ja määräykset sekä järjestelmän tai asennuksen laatu. Maadoituselektrodi voi koostua mm.:

- maanalaisesta maadoitusilmukasta
- kuparilangasta tai -köydestä
- teräsnauhasta, -langasta tai -tangosta
- maanalaisista metalliputkista (esim. vanhat vesijohtoputket), jotka on useimmiten upotettu maahan, rakennuksen perusteiden alle (esim. betoniin).

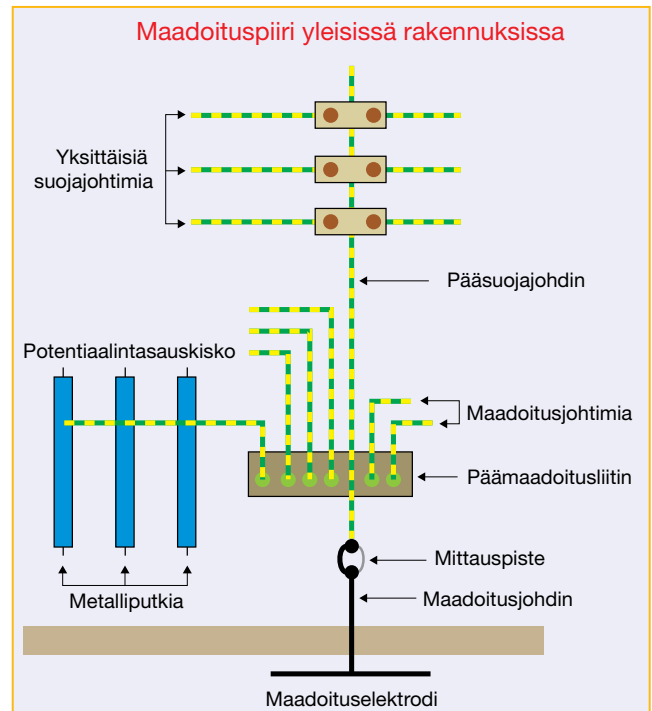


Maadoitustyyppistä riippumatta on tärkeää, että maadoittimen ja maan välinen yhteys on hyvä, jotta vuotovirrat johtuvat turvallisesti maahan. Maadoituksen laatuun vaikuttaa pääasiassa kolme asiaa:

- maadoituselektrodin tyyppi
- maadoitusliitännät
- maaperän laatu sekä vastus, jonka vuoksi on tärkeä mitata maan resistiivisyys ennen maadoituselektrodin asentamista.

### Muita vaikuttavia tekijöitä

Rakennuksen koko maadoitusjärjestelmä on kytketty maadoittimeen. Maadoitusjärjestelmä koostuu tavallisesti seuraavista tekijöistä: maadoituselektrodista, mittausliitäntäosasta, maadoitusjohtimesta ja potentiaalintasauskiskosta.



### Maaperän resistiivisyys

Maaperän resistiivisyys ( $\rho$ ) ilmaistaan muodossa  $\Omega/\text{metri}$ . Kyseinen arvo on teoreettinen vastus  $\Omega$ :ssa maasylinterille, jonka poikkipinta-ala on  $1 \text{ m}^2$  ja pituus  $1 \text{ m}$ . Mittaamalla kuutio saadaan selville kuinka hyvin maaperä johtaa sähköä. Siten, mitä alhaisempi on maaperän resistiivisyys, sitä pienempi maadoituselektrodi tarvitaan kyseiselle paikalle.

Resistiivisyys vaihtelee merkittävästi alueesta ja maaperän koostumuksesta johtuen, sillä siihen vaikuttaa kosteus ja lämpötila (kylmyys ja maan jäätyminen kasvattavat sitä).

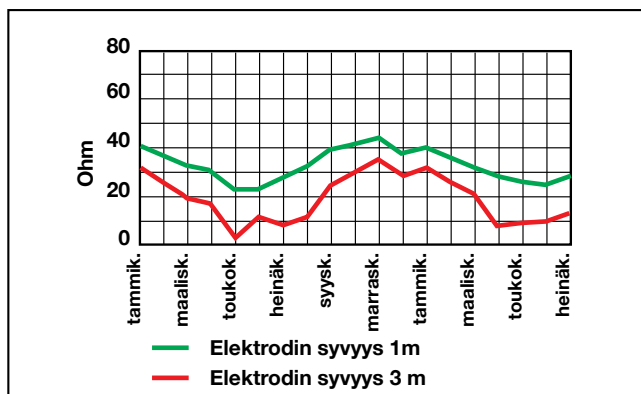
Saadut mittausarvot vaihtelevat näin ollen vuoden-aikojen ja muiden ympäristöolosuhteiden mukaan.

Mitä muuttumattomampia lämpötila- ja kosteusolosuhteet ovat ja mitä syvemmälle maadoitus sijoitetaan, sitä vähemmän maadoitusjärjestely on herkkä ympäristövaikutuksille.

**On suositeltavaa sijoittaa maadoitus aina mahdollisimman syväälle maahan.**

# Maadoitusvastuksen mittausopas

Alla oleva kuva havainnollistaa maadoitusvastusarvojen vaihtelua eri vuodenaikoina (elektrodi sijoitettuna savihiekkamaahan).



## Eri maaperien tyypillisiä resistiivisyysarvoja

| Maalaji                           | Vastus $\Omega$ m |
|-----------------------------------|-------------------|
| Suo                               | 2...30            |
| Savimaa                           | 20...100          |
| Viljelymaa                        | 10...150          |
| Kalkkikivi                        | 30...40           |
| Saven sekainen hiekka             | 50...500          |
| Kvartsihiekk                      | 200...3000        |
| Kivinen maasto                    | 1500...3000       |
| Ruohoisa kivimaasto               | 300...500         |
| Pehmeä kalkkikivi                 | 100...300         |
| Murskattu kalkkikivi              | 500...1000        |
| Liuskekivi                        | 800               |
| Murskattu graniitti ja hiekkakivi | 1500...10000      |
| Graniitti ja hiekkakivi           | 10000...60000     |

## Miksi on hyvä mitata maaperän resistiivisyys?

Mittauksella selvitetään:

- Maadoituselektrodin malli ja upotuskohta.
- Maadoitusjärjestelmän laajuus.
- Syntyvien kustannusten optimointi ja tarvittavan maadoituksen laajuuden nopea arviointi.

Näistä syistä mittauksia tehdään myös muuntajien ja jakeluasemien uudisasennuskohteissa, joissa maaperän laadulla on suuri merkitys maadoituselektrodin asennusta ajatellen.

## Menetelmiä resistiivisyyden mittaamiseen

Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen on olemassa eri menetelmiä, joista kaksi käytetyintä "4-elektrodi"-menetelmää ovat:

- **WENNER**-menetelmä mittauksiin, joissa käytetään vain yhtä syvyyttä.
- **SCHLUMBERGER**-menetelmä mittauksiin, joissa käytetään useampia syvyyksiä.

## Wenner-menetelmä (yleisin)

### Mittausperiaate

Neljä apuelektrodiä upotetaan maahan samaan linjaan, tasaisin välein "a" (kts. kuva). Mittalaite (G) syöttää mittausvirran kahden uloimman elektrodin (E ja H) välille. Jännite  $\Delta V$  mitataan jännitemittarilla (V) sisäelektrodien (S ja ES) väliltä.

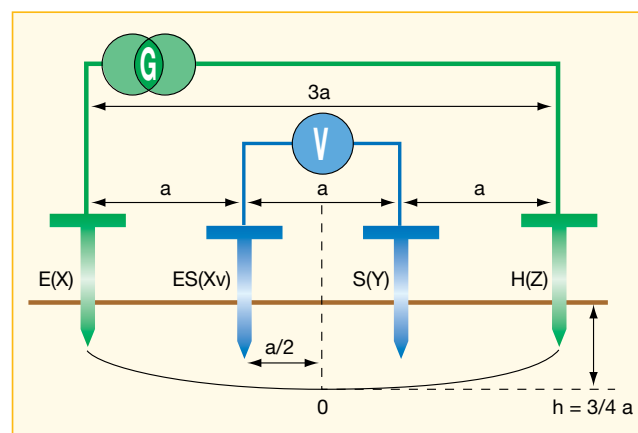
Mittausmenetelmässä käytetään 4-johdin maadoitusvastustesteriä, joka syöttää mittausvirran ja mittaa  $\Delta V$ -arvon.

Maadoitusvastusarvoa **R** voidaan käyttää maaperän resistiivisyyden määrittämiseen seuraavan kaavan avulla:

$$\rho = 2 \pi a R$$

Jossa:

**$\rho$**  on maaperän vastus  $\Omega$ /metri 0-pisteessä, syvyydessä  $h = 3a / 4$ , jossa **a** on mittausmatka metreissa ja **R** ( $\Omega$ ) on testeristä saatu vastusarvo. Tässä mittauksessa suositellaan "a":n etäisyydeksi vähintään 4 m.



Apuelektrodien nimitykset E, ES, S ja H (suluissa vanhat X, Xv, Y ja Z).

## Schlumberg-menetelmä

### Mittausperiaate

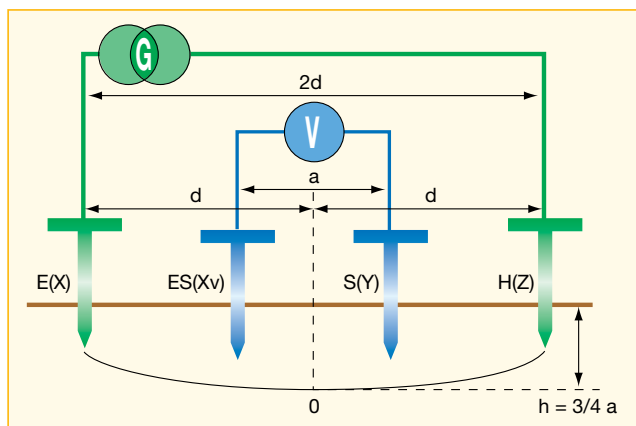
Schlumberg-menetelmä on hyvin samankaltainen kuin Wenner-menetelmä. Ainoa ero liittyy apuelektrodien sijoitteluun:

- kahden uloimman elektrodin välimatka on  $2d$
- kahden sisemmän elektrodin välimatka on  $A$

ja testerillä vastussaatua  $R$  voidaan käyttää maaperän resistiivisyyden määrittämiseen seuraavan kaavan avulla:

$$\rho_S = (\pi(d^2 - A^2/4) \cdot R_{S-ES}) / 4$$

Menetelmä on aikaa säästävää varsinkin jos tehtävänä on useita resistiivisyydsmittauksia maan geologisen profiilin määrittämiseksi. Aikaa säästyy, kun ainoastaan kahta ulointa elektrodia tarvitsee siirtää. Wenner menetelmässä kaikkia 4 elektrodia on siirrettävä.



Vaikka Schlumberg-menetelmä säästää aikaa on Wenner-menetelmä tunnetumpi ja laajemmin käytetty. Laskukaava on myös yksinkertaisempi. Useat Chauvin-Arnoux'n maadoitusvastustestereistä sisältävät molemmat laskukaavat maaperän resistiivisyyden välittömään laskemiseen.

## Jo olemassa olevan maadoituksen vastuksenmittausmenetelmiä

### Eri menetelmät:

Aikaisemmin esitettyjä, maaperän resistiivisyyden mittausmenetelmiä käytetään uuden maadoitusjärjestelmän asennuksen yhteydessä. Jo olemassa olevien maadoitusten resistiivisyyden tarkastuksessa käytetään menetelmiä, joilla varmistetaan maadoituksen määräystenmukaisuus sekä rakenteiden, että maadoitusvastusarvon suhteen.

Käytettävänä on useita eri mittausmenetelmiä. Mittausmenetelmää valittaessa kannattaa ottaa huomioon, voidaanko;

- tarkastus suorittaa jännitteettömänä?
- maadoituselektrodi irrottaa ja onko elektrodin ainoa maadoitus vai kytketty muihin?
- mitä mittaustarkkuutta edellytetään ja missä olosuhteissa mittaukset tehdään (esim. taajama, maasto)?

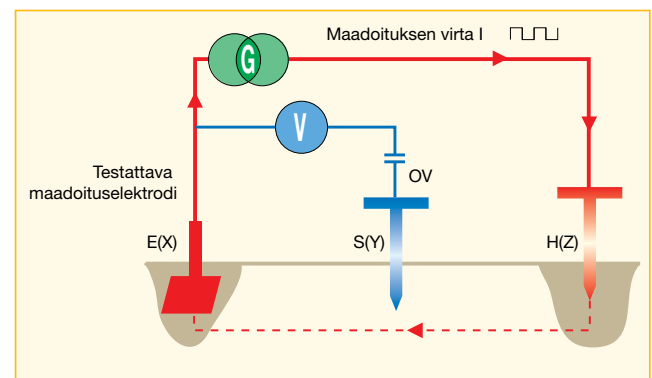
### Maadoitusvastusmittaus yhden elektrodin asennuksessa

On tärkeää pitää mielessä, että maadoitusvastustestaus suoritetaan kahden apuelektrodin avulla. Tähän menetelmään viitataan kaikissa testausstandardeissa ja sillä voidaan mitata maadoitusvastus tarkasti ja turvallisesti.

Mittauksessa maadoitusvastustesterin generaattori  $G$  syöttää vaihtovirtaa ( $I$ ) apuelektrodin  $H$  kautta ja edelleen maaperää pitkin maadoituselektrodille  $E$ .

Jännite  $V$  mitataan  $E$ -elektrodin ja maan nolla-potentiaalikohtaan sijoitetun apuelektrodin ( $S$ ) väliltä. Vastus voidaan näin ollen määrittää jakamalla mitattu jännite syötetyllä vakiovirralla ( $I$ ) alla olevan kaavan mukaisesti:

$$R_E = U_{ES} / I_{EH}$$



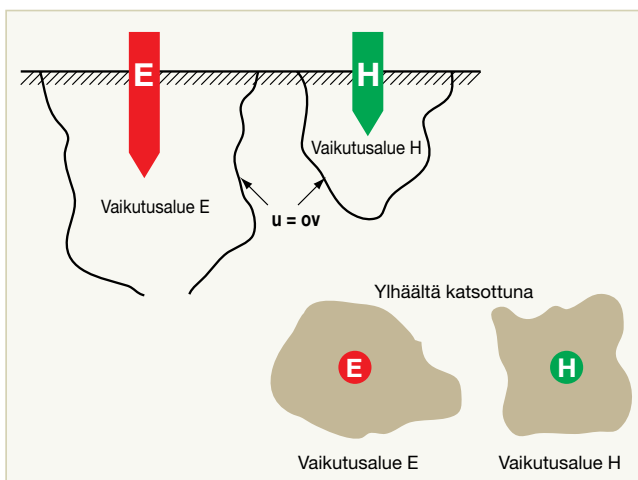
### Tärkeää:

Vikavirta kulkee ensin maadoituksen kontaktivastusten läpi. Kun siirrytään etäämmäs elektrodista rinnakkaisten kytkentymisteiden (vastusten) määrä lähestyy ääretöntä, josta seuraa että ekvivalenttinen vastusarvo lähenee nollaa. Raajaetäisyyden ulkopuolella, riippumatta virran arvosta, potentiaali on nolla. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen maadoituselektrodin ympärillä on vaikutusalue, jonka muotoa ja kokoa ei tunneta.

Mittauksissa on varmistettava, että apuelektrodi  $S$  (0 V potentiaalielektrodi) sijaitsee sen vaikutusalueen ulkopuolella, jonka läpi mittausvirta ( $i$ ) kulkee.

# Maadoitusvastuksen mittausopas

Alla oleva kuva havainnollistaa maadoittimien vaikutuksesta syntyneitä vaikutusalueita.



Koska virran määrä riippuu maaperän resistiivisyydestä, voi vaikutusalueen välttäminen näin ollen olla vaikeaa. Paras tapa mittauksen varmistamiseksi on siirtää S-elektrodiä ja toistaa mittaus, jolloin sama mittaustulos varmistaa onnistumisen.

## 3-napamenetelmä (62 %-n-menetelmä)

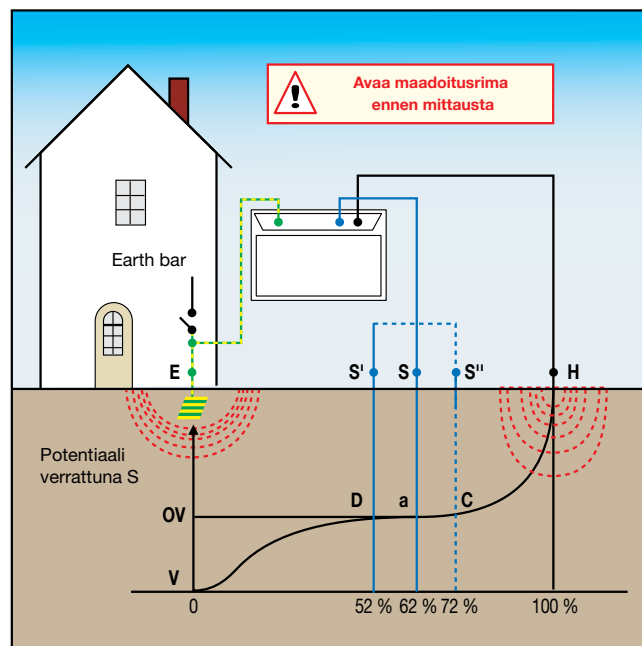
Tämä menetelmä vaatii kahden apuelektrodin käyttöä virransyöttöön ja 0 V:n potentiaalilinjan muodostamiseen. Apuelektrodien oikeanlainen asennointi suhteessa mitattavaan maadoitukseen E (X) on tärkeää.

Oikeiden mittaustulosten saamiseksi, on tärkeää että "0 V potentiaalilinjan apuelektrodit" ei aseteta E ja H -elektrodien välisen virran (i) vaikutusalueelle.

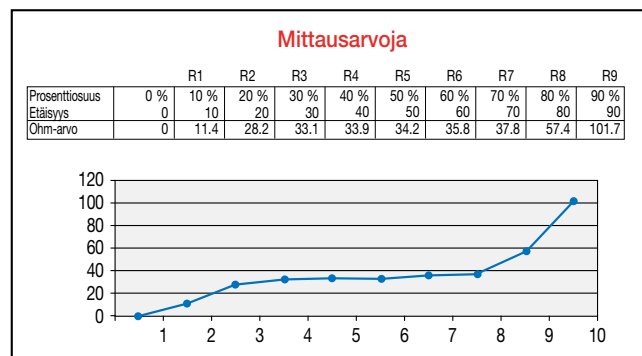
Kenttäkokemusten perusteella on havaittu, että paras menetelmä hyvälle mittaustarkkuudelle saavutetaan asettamalla S elektrodi 62 %:n etäisyydelle E:stä, kohti suoraan linjaa E-H vastaan.

Tällöin tulee varmistaa, että mittaustulos ei muutu tai muuttuu hieman, kun apuelektrodi S siirretään  $\pm 10\%$  (S' ja S'') puolelta toiselle linjalla EH.

Jos mittaustulos vaihtelee, tarkoittaa se sitä että S sijaitsee vaikutusalueen sisäpuolella, jolloin etäisyyttä pitää lisätä ja toistaa mittaukset.



Esimerkkinä: Mittaukset tehtynä eri etäisyyksillä R1...R2, 10...90 % etäisyydeltä SH:sta.



## Kolmiomittausmenetelmä (kahdella apuelektrodilla)

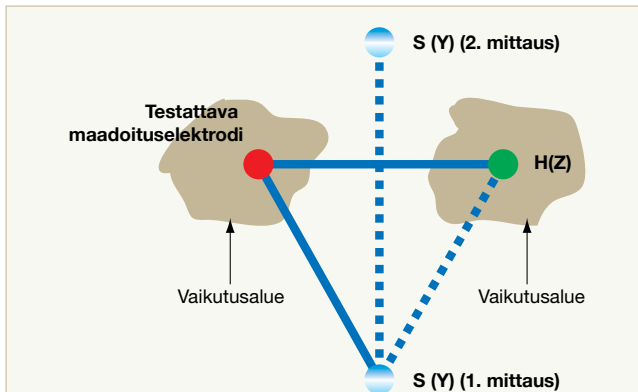
Tässä menetelmässä käytetään kahta apuelektrodiä. Kyseistä menetelmää käytetään, ellei "62 %-n menetelmää" voida käyttää (elektrodien asettaminen ei ole mahdollista).

Toteutus:

- Asetetaan apuelektrodit S ja H siten, että maadoituselektrodi E ja elektrodit S ja H muodostavat yhdessä tasasivuisen kolmion.
- Suoritetaan ensimmäinen mittaus S:n sijainnin yhdellä puolella ja toinen mittaus S:n sijaitessa toisella puolella (alla olevan kuvan mukaisesti).

Jos huomataan, että mittaustulokset poikkeavat merkittävästi johtuu se siitä, että S sijaitsee maadoituselektrodin vaikutusalueella. Apuelektrodiä tulee tällöin siirtää ja mittaus uusia. Muutamien prosenttien eroavaisuus mittaustulosten välillä on sallittu. Vaikka päästäisiin samoihin mittaustuloksiin molemmilla mittauseroilla, voivat tulokset silti olla epäluotettavia (johtuen vaikutusalueen laajuudesta).

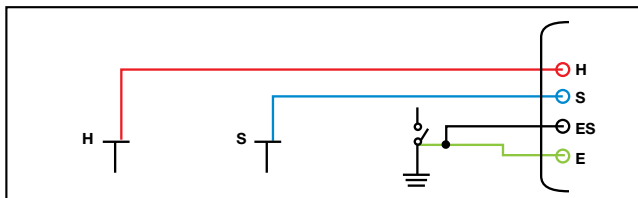
Toistamalla mittaus mittausväliä pidentämällä varmistetaan oikeiden mittaus tulosten saavuttaminen.



## 4-napamenetelmä

Menetelmä on perusteiltaan samankaltainen 3-napa mittaukseen nähden. Se sisältää lisäkytkennän mitattavan maan ja mittalaitteen välillä.

Menettely antaa n. 10 kertaa paremman erottelutarkkuuden kuin 3-napa menetelmä, josta seuraa että mittausjohtojen vastusta ei tarvitse ottaa huomioon. Kyseistä toimintoa on kätevä käyttää tilanteissa, joissa mitataan hyvin alhaisia maadoitusvastusarvoja. Ominaisuudella on erityistä tarvetta sähköjakelu ja -tuotanto sovelluksissa, joissa maadoitusvastukset ovat vain muutamien Ohmien luokkaa.



## HUOM: maadoitusriman avaaminen

3- ja 4-napa maadoitusmittausten etu on se, että ne voidaan suorittaa jännitteettömille asennuksille, joten maadoitustestaukset voidaan suorittaa vaikka kohdetta ei ole liitetty sähköverkkoon.

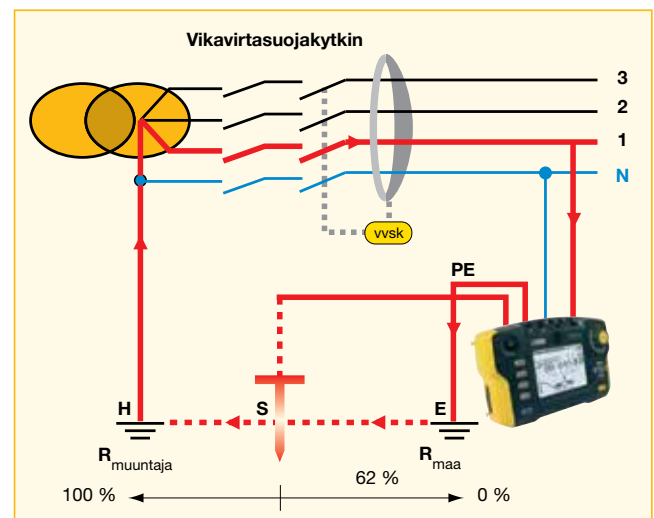
Tällöin potentiaalintasauskiskosta voidaan irrottaa maadoituselektrodi mittausta varten, jotta voidaan varmistua todella po. maadoitusvastuksen arvo. Muutoin maadoitusvastus koostuisi potentiaalintasaukseen liitettyjen, esimerkiksi vesijohto- tai kaasuputkien yms. yhteisvaikutuksesta. Maadoitusvastuksen mittaus avaamattomalla maadoitusrimalla voi aiheuttaa virheellisiä mittaus tuloksia. Mittaus tuloksen arvot voivat myöhemmin ilmetä epätavallisen korkeina mikäli esimerkiksi metallinen johdin vaihdetaan eristävään materiaaliin. Maadoitusvastuksen mittaus tulee aina tehdä avonaisella maadoitusrimalla oikeiden mittaus tulosten saamiseksi epävarmoissa tilanteissa.

**Δ Irrota maadoituselektrodi vain jännitteettömästä verkosta!**

## Muunneltu 62 %:n menetelmä (yhdellä apuelektrodilla)

(Ainoastaan TT- tai IT-järjestelmille)

Tämä menetelmä ei vaadi maadoitusriman avaamista ja siinä käytetään ainoastaan yhtä maadoitussauvaa (S). Jakelumuuntajan maadoitusjärjestelmä toimii apuelektrodina (H), PE-johdin ylimääräisenä suojamaana ja E apuelektrodina.



Mittausmenetelmä on sama kuin normaalissa 62 %-menetelmässä. Apuelektrodi S asetetaan niin, että E:n ja S:n välinen etäisyys on 62 % kokonaisvälimatkasta (E:n ja H:n välinen etäisyys).

Apuelektrodi S tulee tämän tuloksena olemaan neutraalissa "0 V:n maavyöhykkeellä". Maadoitusvastuksen arvo saadaan jakamalla mitattu jännite syötetyllä virralla.

Erot tavalliseen 62 %-menetelmään nähden:

- Mittausjännite saadaan verkkojännitteestä paristojen sijaan.
- Mittaukseen tarvitaan yksi apuelektrodi (S), mikä nopeuttaa mittauksen tekoa.
- Maadoitusta ei tarvitse irrottaa rakennuksen maadoituskiskosta mittauksen ajaksi. Näin säästyy aikaa ja tekee menetelmästä turvallisemman.

## Vaihe-PE silmukkamittaus

(Ainoastaan TT-järjestelmille)

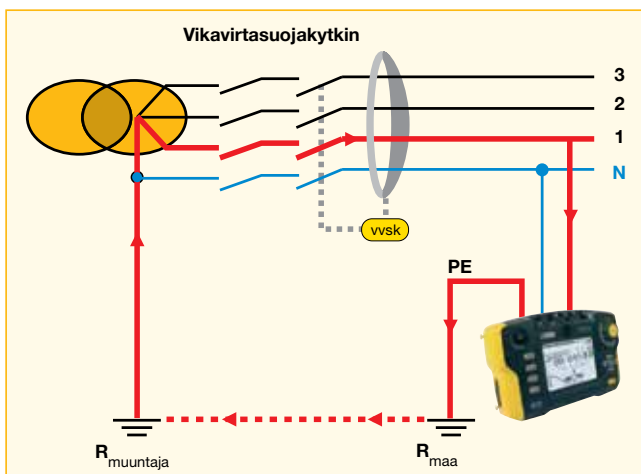
Kaupunkiverkoston maadoitusvastuksen mittaus on usein vaikeaa apuelektrodia käyttävillä menetelmillä sillä yleensä on mahdotonta asettaa sauvat maaperään johtuen päällysteistä, betonirakennelmat, jne. Näin ollen standardeissa on esitetty, että sähköisten asennusten silmukkaimpedanssimittaus sallitaan kohdeissa, joissa apuelektrodien käyttö on mahdotonta.



# Maadoitusvastuksen mittausopas

Silmukkaimpedanssimittausmenetelmää voidaan näin ollen käyttää maadoitusvastuksen mittaamiseen kaupunkiverkostoissa ilman apuelektrodeja. Mittaus suoritetaan yksinkertaisesti verkkopistokkeen kautta.

Näin suoritettu silmukkaimpedanssimittaus sisältää maadoitusvastukseen summautuvana muuntajan sisäisen vastuksen ja mittauspiirin kaapelien vastuksen. Koska summautuvat vastukset ovat pieniä, edustaa mittaustulos maadoitusvastusta.



Maadoitusvastuksen todellinen arvo on siksi mitattua arvoa pienempi:

**R mitattu > R maadoitus**

*HUOM: Silmukkaimpedanssia voidaan käyttää oikosulkuvirran määrittämiseen johdonsuojalaitetta valittaessa (TN- tai IT-järjestelmissä).*

## Maadoitusvastuksen mittaukset useamman rinnakkaisen maadoitusjärjestelmän järjestelmissä

Joissakin sähköasennuksissa käytetään jaettua maadoitusta rinnan, erityisesti silloin kun maadoitus "toimitetaan" käyttäjälle sähkön jakelijalta. Lisäksi silloin kun kohteessa on paljon herkkiä elektroniikkalaitteita, tarjoaa yhteen kytkettyjen maadoitusten verkko todella hyvän ja yhtenäisen maadoitusalan. Selektiiviset maadoitusvastusmittaukset tämän tyyppisissä asennuksissa auttavat turvallisuuden optimointia ja nopeuttavat testauksia.

Kaikkia tähän asti läpikäytyjä maadoitusvastuksen mittausmenetelmiä voidaan käyttää yksittäisen maadoituksen mittaamiseen. Jos maadoitus koostuu useasta rinnakkaismaadoituksesta, on yksittäisen maadoittimen eristäminen sekä mittaus lähes mahdotonta. Tällaisissa tapauksissa mitataan kaikkien maadoittimien rinnankytkettyyn vastusarvo. Toinen ratkaisu on se, että jokainen maadoitin erotetaan toisistaan yksittäisten vastusten mittaamiseksi. Mainittu ratkaisu on erittäin aikaa vievä ja hankala toteuttaa. Tämän tyyppisiä asennuksia löytyy yleensä teollisuuspuolelta, jolloin mittauksissa käytetään yhtä tai useampaa virtapihtiä.

On olemassa kaksi selektiivistä mittausmenetelmää; apuelektrodilla tai ilman. Kaikki selektiiviset maadoitusvastuksen mittausmenetelmät:

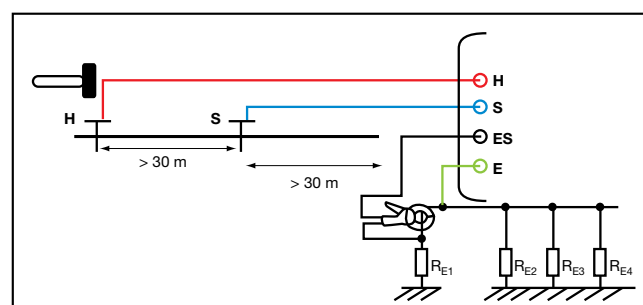
- Säästävät aikaa: virtapihdin avulla voidaan mitata maadoituksessa kulkeva virta ja ohittaa näin rinnakkaiset maadoituspiirit.
- Takaavat henkilö- ja laitteistoturvallisuuden sillä järjestelmän maadoitusta ei katkaista.

## Selektiivinen 4-napamittaus

Kun perinteistä 3- tai 4-napa mittausmenetelmää käytetään rinnakkaismaadoituksissa, jakautuu mittausvirta maadoitusten välillä. Tämä tarkoittaa, että on mahdotonta mitata halutun maadoituksen virtaa ja siten myös sen vastusta. Tässä tapauksessa mitataan maadoitusjärjestelmässä sijaitsevan kokonaisvirran suuruus ja tuloksena saadaan virtapiiriin kuuluvien rinnakkaismaadoittimien kokonaisvastus.

Rinnakkaismaadoitusten vaikutuksen välttämiseksi on kehitetty selektiivinen 4-napa mittausmenetelmä. Menetelmä on periaatteessa samankaltainen, mutta nyt mitataan testattavan elektrodin kautta kulkevan virran tarkka arvo virtapihdillä. Näin yksittäisen maadoituksen vastusarvo voidaan laskea.

Käyttämällä apuelektrodeja ja erityisesti S-apuelektrodin käyttö 0 V-referenssinä antaa tässä menetelmässä hyvän toistettavuuden maadoitusvastusmittauksissa. Alla kaaviokuva kyseisestä menetelmästä.



## Maadoituksen silmukkamittaus kahdella virtapihdillä ja maadoitusvirtapihdillä

### Mittaus maadoitusta irrottamatta ja ilman apuelektrodeja

Nämä mittausmenetelmät ovat "vallankumouksellisia" perinteisiin menetelmiin nähden: Kuten selektiivinen 4-napamittaus, nämäkään 2 menetelmää eivät vaadi rinnakkaisen maadoitusjärjestelmän erottamista ja säästävät aikaa, koska ei ole tarpeellista etsiä apuelektrodeille sijoituspaikkoja.

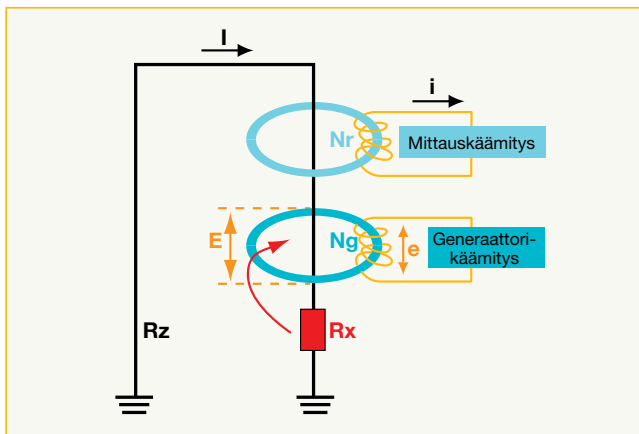


## Mittausperiaate:

Mittausmenetelmän edut ovat sen yksinkertaisuus ja nopeus: Maadoitusvastuspihtimittari laiteetaan maadoituskaapelin ympärille ja mitataan maadoitusvastusarvo sekä maadoittimen läpi kulkeva virta.

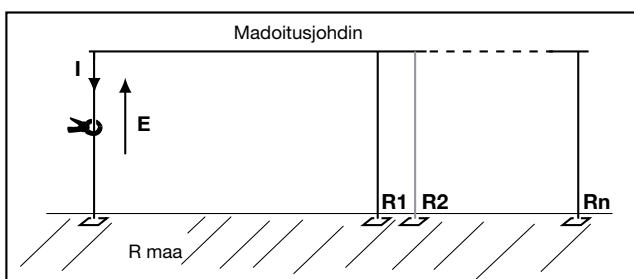
Maadoitusvastuspihtimittari koostuu kahdesta käämityksestä; "generaattorikäänitys" ja "vastaanotinkääänitys".

- Pihtimittarin "generaattorikäänitys" kehittää vakio-vaihtojännitteen **E mitattavaan piiriin, jolloin virta  $I = E/R$**  virtaa resistiivisen silmukan läpi.
- Pihtimittarin "vastaanotinkääänitys" mittaa tämän virran
- Koska **E** ja **I** tunnetaan, voidaan silmukavastus laskea näiden arvojen perusteella.



Jotta mittausvirta voidaan varmuudella tunnistaa ja välttää häiriövirrat mittaa maadoituspihtimittari selektiivisellä mittaustaajuudella.

Esimerkiksi mittaus tehtynä rinnakkaismaadoitusjärjestelmään, jossa halutaan mitata maadoitusvastus **Rx**, joka on rinnankytketty *n* määrän muun elektrodin kanssa.



Jos jännite E annetaan jossakin pisteessä maadoitusjärjestelmässä Rx, kulkee piirissä virta I seuraavan kaavan mukaisesti:

$$R_{\text{loop}} = E / I = R_x + R_{\text{maa}} + (R_1 // R_2 // R_3 \dots // R_n) + R_{\text{kaapeli}}$$

Jossa:

$R_x$  (haettu mittaussarvo)

$R_{\text{maa}}$  (jonka arvo on yleensä  $< 1 \Omega$ )

$R_1 // R_2 \dots // R_n$  (merkityksetön arvo: useita maadoituksia rinnakkain)

$R_{\text{kaapeli}}$  (jonka arvo yleensä  $< 1 \Omega$ ), koska tiedetään, että "n" vastusta rinnakkain on mitätöitävissä sekä yhtä kuin  $R_{\text{aux}}$ , minkä arvo on myös mitätöitävissä:

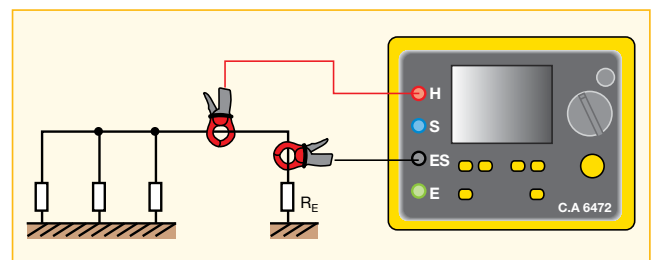
Mitattu  $R_{\text{loop}} = R_x$  (maadoitusarvon vastus, jota mitataan).

## Silmukkamittaus kahdella pihdillä

Mittausperiaate on sama kuin maadoitusvastusvirta-pihtimenetelmässä.

Mittausperiaate:

Kaksi maadoitusvastustesteriin kytkettyä virtapihtä asetetaan testattavan maadoitusjohtimen ympärille. Toinen pihdeistä syöttää tunnettua signaalia (32 V / 1367 Hz) ja toinen mittaa piirin virran.



Sen sijaan että yhdet pihdit toimisivat sekä generaattorina että vastaanottimena, käytetäänkin mittauksessa kahta pihtä: Toinen pihdeistä toimii generaattorina ja toinen vastaanottimena. Kyseisen mittausmenetelmän hyvä puoli on se, että mittaus voidaan helposti suorittaa hankalille kohteille, joihin maadoitusvastuspihtimittari ei kokonsa puolesta sovellu.

Maadoitusvastus testereitä CA6471 sekä CA6472 voidaan käyttää Chauvin-Arnoux'n C- tai MN-pihtien kanssa edellä mainitun menetelmän mukaisesti. Pihdit soveltuvat käytettäväksi kaikenlaisien johtimien sekä liitäntöjen mittauksessa.

**Ennen kuin ryhdytään mittaamaan silmukavastuspihtimittareilla, tulee muutama seikka ottaa huomioon:**

### 1 – Rinnakkaismaadoitusten määrä

Edellisellä sivulla oleva kaavaa kuvaa sitä, että menetelmä toimii ainoastaan tapauksissa joissa testattava maadoitin sijaitsee rinnakkain matalaimpedanssisten maadoituspiirien kanssa. Siksi on huomautettava, että rinnan kytkettyjen n-elektrodien vastus testataan ja todetaan, että niiden vaikutus on merkityksetön mitattuun arvoon nähden.

# Maadoitusvastuksen mittaussopas

Esimerkki 1:

Ajatellaan  $20 \Omega$  maadoituselektrodi rinnan  $100 \mu\text{uun}$   $20 \Omega$  elektrodin kanssa.

Silmukan vastusarvoksi saadaan:

$$R_{\text{loop}} = 20 + 1 / 100 * (1/20) = 20 + 1/5 = 20,2 \Omega$$

Esimerkki 2:

Ajatellaan kahden  $20 \Omega$  maadoituselektrodia rinnan kytkettyinä.

Silmukan vastusarvoksi saadaan:

$$R_{\text{loop}} = R1 + R2 = 40 \Omega$$

Mitattu silmukan vastusarvo poikkeaa näin ollen huomattavasti varsinaisesta arvosta  $R1$ , mikä on  $20 \Omega$ . Jos tarkoituksena ei ole mitata  $R1$ :n tarkkaa arvoa, vaan pysytellä raja-arvon alapuolella (esim.  $100 \Omega$ ), voidaan mittaamenetelmää käyttää.

## 2 – Mittauspiirin tunnistaminen

Silmukkavastuspihtimittarimenetelmän käyttö vaatii sen, että mittaaja ymmärtää maadoitusjärjestelmän rakenteen:

- virtapihtimenetelmän käyttö ei ole mahdollista tilanteissa, joissa testattavalle maadoitukselle ei ole olemassa matalaimpedanssista rinnakkaista piiriä, kuten yhden maadoituselektrodin kohteissa
- jos mitatut arvot ovat erittäin alhaisia, tulee tarkistaa ettei pihti ole asetettu potentiaalintauspiiriin. Kuitenkin pihtiä voidaan käyttää tällöin silmukan jatkuvuustestaukseen.

## 3 – Mittaustaajuus ja impedanssi

On tärkeää huomata, että edellä kuvatuissa mittauksissa puhutaan "silmukkavastuksista". Havaitaan, että pihdin mittauseriaate ja yleiset mittaussignaalit (pihdeille: CA6416 ja CA6417 taajuus on  $2083 \text{ Hz}$ ) osoittavat, että tulisi mieluummin puhua silmukkaimpedanssimittauksista. Käytännössä silmukan sarjavastus arvojen (linjareaktanssien) voidaan katsoa olevan mitättömiä verrattuna silmukkavastukseen, joten silmukkaimpedanssi  $Z$  vastaa silmukkavastuksen  $R$ -arvoa.

Pitkissä verkoissa, kuten esimerkiksi rautatielinjat ei Induktiivisen osa ole enää merkityksetön. Tällaisessa tapauksessa mitattu silmukkaimpedanssi on todellista silmukkavastusta suurempi.

Induktiivisen vaikutuksen poistamiseksi uusissa Chauvin-Arnoux -maadoitustestereissä käytetään 2-pihtimittauksia (CA6471 & CA6472).

Niiden  $128 \text{ Hz}$  mittaustaajuus rajoittaa mitattavan linjan induktiovaikutusta mittaustaajuuden ollessa mahdollisimman lähellä mitattavan verkon taajuutta ja vastaten siten asennuksen normaaleja käyttöolosuhteita.

## Kytkeytyvyyden mittaus

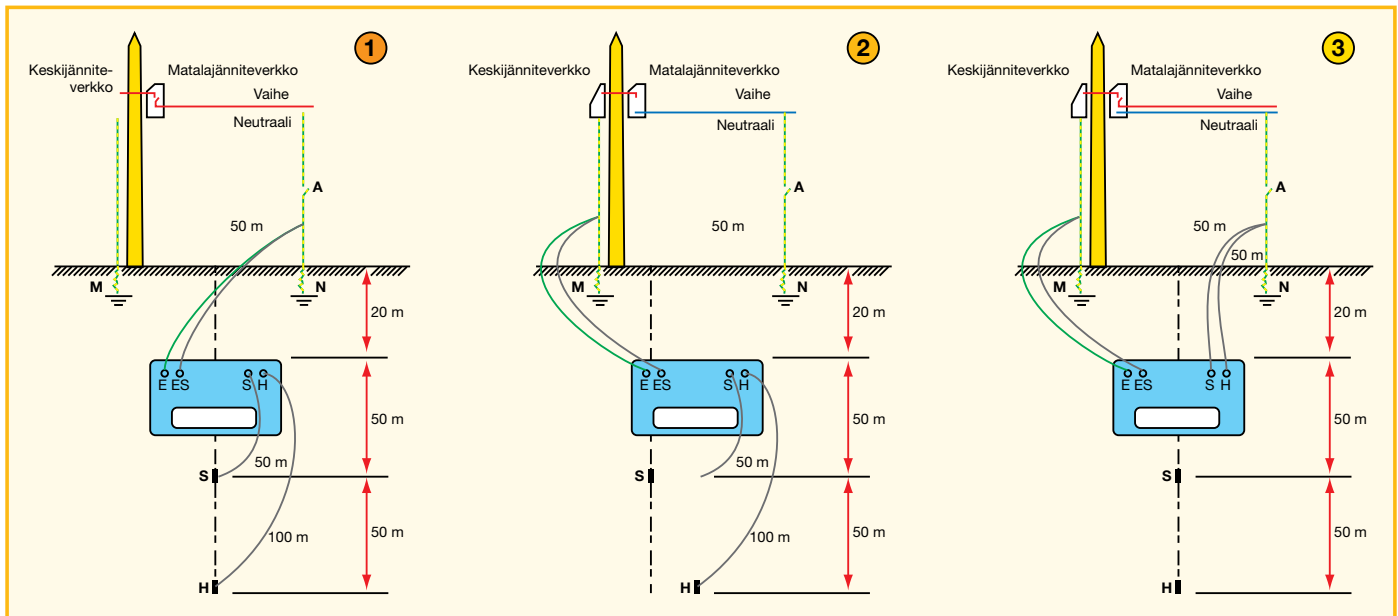
Menetelmää käyttävät yleisesti sähköntoimittajat keski- ja käyttöjänniteverkostojen välisen kytkennän testauksessa. Tämä tarkoittaa kahden maadoitusjärjestelmän - joita ei normaalisti ole kytketty yhteen - tarkistusmittausta.

Havaittavissa oleva kahden, toisistaan erillään olevan maadoitusjärjestelmän välinen liityntä voi vahingoittaa laitteistoja ja olla vaaraksi ihmisille. Vikavirran virtaaminen maadoituksen  $M$  läpi keskijänniteverkostossa voi johtaa maaperän potentiaalın nousuun ja näin ollen myös matalajänniteverkoston nollopotentiaalın nousuun, minkä seurauksena voi syntyä vaaratilanteita sekä ihmisille että pienjänniteverkkoon kytketyille laitteistoille.

Salaman iskiessä keski- / pienjännitemuuntajaan voi välitön potentiaalınousu olla useita kilovolttaja (kV). Käytettävän "62 %-menetelmän" mukaisesti.

Apuelektrodi  $H$  (paluuvirta) sekä  $S$  (potentiaalireferenssi) tulee asettaa siten, että varmistetaan:

- riittävä etäisyys mitattavasta maadoitimesta siten kuin seuraavan sivun kuvissa esitetään.
- täyttää hyväksyttävän maapotentiaalıtason.



Kytkeytyvyys mitataan seuraavasti:

- 1 Avaa pienjänniteverkon (LV) nolla (A auki)\*
  - Kytke **E** ja **ES** N:ään (LV nolla) kahdella 50 m:n kaapelilla
  - Kytke **S** ensimmäiseen elektrodiin 50 m:n kaapelilla
  - Kytke **H** toiseen elektrodiin 100 m:n kaapelilla
  - Aseta maadoitusvastustesteri **M**:n ja **N**:n väliin, 20 m:n etäisyydelle kyseisten pisteiden akselista
  - Mittaa nollajohtimen maadoittimen vastus:  $R_{\text{neutraali}}$

\*A (nollaus) tulee avata, jotta ensimmäisen maadoitus-selektrodin kytkeytyvyys voidaan mitata

- 2 Toista mittaus tällä kertaa **E** ja **ES** kytkettyinä **M**:ään (mikä on MV verkon alustan (rungon) maa) (LV:n nollajohdin on yhä auki)
  - Mittaa alustan maadoituselektrodin vastus:  $R_{\text{alusta}}$
- 3 Kytke **E** ja **ES** **M**:ään (MV rungon maa) kahdella 50 m:n kaapelilla
  - Kytke **S** ja **H** N:ään (LV nollan maa) kahdella 50 m:n kaapelilla
  - - mitattu  $R_{\text{alusta/nolla}}$

- 4 Laske kytkeytyvyys:

$$R_{\text{järjestelmä}} = [R_{\text{alusta}} + R_{\text{nolla}} - R_{\text{alusta/nolla}}] / 2$$

- 5 Laske kytkeytyvyyskerroin:

$$k = R_{\text{järjestelmä}} / R_{\text{alusta}}$$

## Maadoitusvastuksen mittaus suurilla taajuuksilla

Kaikki tähänastiset maadoitusvastuksen mittaussuunnitelmat suoritetaan alhaisilla mittaustaajuuksilla, mikä tarkoittaa että ne suoritetaan lähellä verkon taajuutta jotta olosuhteet ovat mahdollisimman todelliset. Maadoitusvastuksen mittaus on periaatteessa täysin riippumaton taajuuden suuruudesta, sillä maadoitusvastus on tavallisesti puhtaasti resistiivinen.

Monimutkaiset maadoitusjärjestelmät useine rinnakkaismaadoituksineen voivat olla hyvinkin induktiivisia johtuen maadoituskaapelien kytketyistä erilaisiin maadoituksiin. Toisaalta joissakin vanhoissa asennuksissa voi olla "piilotettu" kytkentä muihin maadoituksiin vaikka maadoitus irrotettaisiin potentiaalintauskiskosta. Vaikka kyseisten maadoitusten induktanssin vaikutus on alhainen matalilla taajuuksilla, voi se nousta korkeisiin arvoihin suurilla taajuuksilla (esim. salamäniskiessä). Tästä johtuen, vaikka maadoitus on tehokas pientaajuusreaktanssin ollessa matala se nousee korkeilla taajuuksilla ja estää vikavirran ohjautumisen maahan, jolloin esim. salamavirta voi etsiä odottamattomia reittejä maahan.

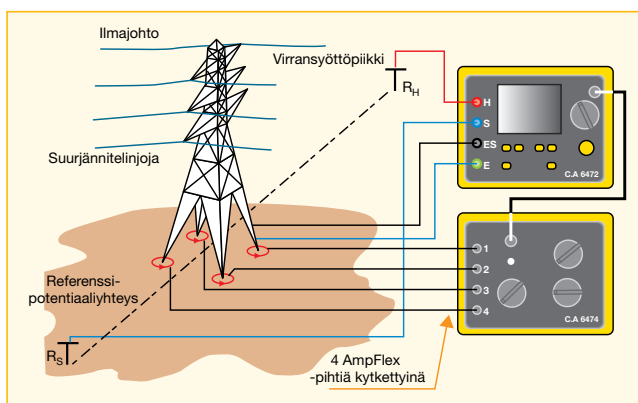
Maadoitusvastuksen mittausta yhdessä taajuusanalyysin kanssa voidaan näin ollen käyttää maadoitusjärjestelmän käyttäytymisen arviointiin tilanteissa, joissa salama iskeytyisi kohteeseen.

## Maadoitusvastuksen mittaus pylväsvoimainlinjojen maadoituskaapeleille

Korkeajännitelinjoilla on tavallisesti maakaapeli maapinnan yläpuolella (pylvässä, jota kautta salamavirta ohjautuu salamäniskiä maahan). Kaikkien pylväiden maadoitusten ollessa kytkettyinä toisiinsa ovat maadoitusvastukset rinnankytkettyjä (on verrattavissa edellä kuvattuihin rinnankytkettyihin maadoitustapoihin).

# Maadoitusvastuksen mittausopas

Käyttämällä perinteistä mittausmenetelmää, voidaan mittaus tehdä vain voimalinjan kokonaismaadoitukselle, so. kaikkien maadoitusten rinnankytkennälle. Kun pylväitä on paljon johtaa se hyvin pieneen maadoitusvastukseen olkoonkin, että mittauskohdan pylvään maadoituksen vastus olisi liian suuri. Tästä seuraa, että perinteisillä menetelmillä on mahdotonta mitata yksittäisen pylvään maadoitusta muutoin kuin irrottamalla kyseinen kaapeli maadoitusketjusta, joka on vaikea ja vaarallinen tehtävä.



## Mittausperiaate

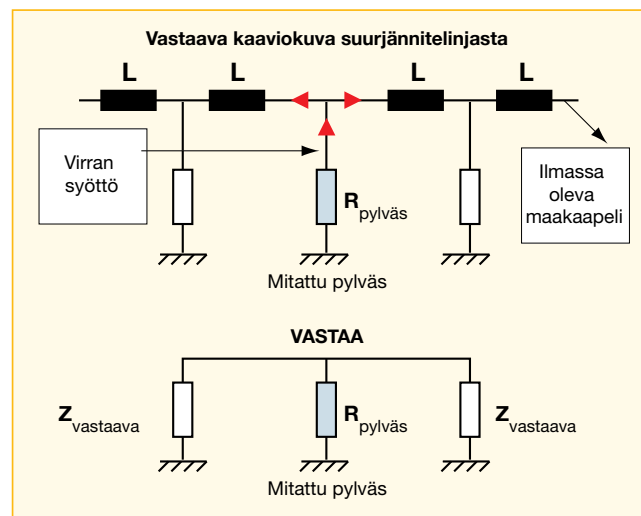
Kun maadoitusvastustesteri CA6472 kytetään yhteen vektoriprosessointilaitte CA6474:n kanssa, voidaan menettelyä käyttää selektiivisenä maston maadoitusmittausmenetelmänä ja mitata vastus vaikka mastomaadoitus on osa rinnakkaismaadoitusjärjestelmää. Kyseisellä kahden mittalaitteen menetelmällä on kaksi mittausperiaatetta:

### 1. Joustavien lenkkivirtapihtien käyttö (AmpFLEX™)

Asetetaan lenkkivirtapihti sähkömaston jalustan ympäri ja mitataan pylväismaadoituksen virta. Tämä selektiivinen mittaus perustuu samaan periaatteeseen kuin tavallisella virtapihdillä tehty mittaus, erona vain että käytetään AmpFLEX-virtapihtiä.

### 2. Korkeataajuus (5 kHz asti) mittaus antaa:

- yhteismitallisen Z-arvon (kts. oikealla sijaitseva kaavio), joka on paljon suurempi kuin mitattava maadoitusvastus. Ilmassa pylväiden kautta kulkevan maadoitusjohdon virta tulee suuren mittaustaajuuden ansiosta merkityksettömäksi maadoituksen kautta kulkevaan virtaan nähden, jolloin mittauksen tarkkuus paranee merkittävästi.
- mahdollisuus taajuuden muuttamiseen välillä 41Hz – 5 kHz, jolloin voidaan tutkia maadoitusjärjestelmän käyttäytymistä taajuuden suhteen ja siten ennakoita salamakäyttäytymistä.



## Mittausmenetelmiä

Maadoitusvastustesteriä CA6474 voidaan käyttää sähköpylväiden maadoitusvastusmittauksiin kahdella eri menetelmällä:

**1. Aktiivinen mittausmenetelmä**, jossa syötetään mittausvirta CA6472:lla (kuten perinteisissä 3- tai 4-napamittauksissa).

**2. Passiivinen mittausmenetelmä**, jossa käytetään suurjännitelinjassa virtaavia loisvirtoja. Kyseinen menetelmä on käyttökelpoinen aktiivisella menetelmällä saavutettujen tulosten luotettavuuden arvioinnissa. Se myös takaa mittauks tulokset olosuhteista riippumatta, sillä korkea maaperän resistiivisyys voi estää riittävän mittausvirran pääsyn maahan, jolloin aktiivista menetelmää ei voi käyttää.

## Muita mittauksia

Kytkemällä CA6472 ja CA6474 yhteen, aikaansaadaan nerokas työkalu suurjännitelinjoille. Lisäksi tarkka pylväsimpedanssien selektiivinen mittaus, jota voidaan käyttää:

- Taajuusriippuvaisen linjan kokonaisimpedanssin mittaamiseen**, jolloin voidaan ennustaa miten linja käyttäytyy vikatilanteissa. Salamän iskiessä, tulee linjaimpedanssin olla riittävän alhainen, jotta salamavirrat ilma-maakaapeleista kulkeutuvat pylväismaakaapelien kautta maahan.

### Ilmamaakaapelin liittännän laadun arviointi

Virran kulkiessa ilmassa maadoituskaapelissa ja sitten pylvään kautta maahan pitää liittäntöjen olla hyvälaatuisia. Mittaamalla virta pylvään yläpäässä ja liittäntävastus ilmamaadoituskaapelin ja pylväskaapelin välillä voidaan todeta liittännän hyvyys.



## Maadoitusvastuksen mittaus kaikista pylvään jaloista

Mittauksella voidaan varmistaa kaikkien pylväsalkojen maadoitusliitokset.

### Maadoitusvastusmittauksiin vaikuttavat tekijät

On kaksi tekijää, jotka vaikuttavat maadoitusvastuksen mittaustuloksiin:

- Apuelektrodien H ja S vastus
- Häiriöjännitteet

## Apuelektrodien H ja S vastus

Jos apuelektrodien H ja S vastus on korkea johtueen maan resistiivisyydestä (esim. kiviperäinen maa) on sillä vaikutusta mittaustarkkuuteen; mittausvirta alenee erittäin heikoksi eikä enää riitä maavastuksen mittaukseen.

Chauvin Arnoux CA647X-sarjan maadoitustestereitä voidaan käyttää apuelektrodien vastusmittauksiin ja siten määrittää onko niiden vastusarvo liian suuri. Näin säästetään aikaa, sillä viallinen elektrodi havaitaan välittömästi eikä tarvitse epäillä muita elektrodeja. Poikkeavan elektrodin ongelma ratkaistaan siten, että rinnakkain asetetut elektrodit upotetaan ne syvemmälle maahan ja/tai kostutetaan maaperää. Lisäksi, kaikki maadoitustesterit eivät hyväksy yhtä suurta maksimiarvoa lisäelektrodiresistanssille mikä erottaa tavalliset ja erikoismallit toisistaan.

## Asennustestausten häiriöjännitteet

Maadoitusvastustestauksiin voi vaikuttaa häiriöjännitteiden esiintyminen. Siksi tulee käyttää sellaista vastusmittaria, joka on erityisesti kehitetty immuuniksi häiriöjännitteille maadoitusvastustestauksissa. Joskus ei kuitenkaan yleisesti käytetyllä 128 Hz taajuudella ja esiintyvällä häiriöjännitteen tasolla mittaus onnistu. Jos häiriöt voidaan havaita ja mitata voidaan niiden vaikutus mittaukseen arvioida ja siten ymmärtää onko mittaus mahdollinen. Joissakin testereissä on vilkkuva valo, joka varoittaa käyttäjää merkittävästä häiriöjännitteestä samalla valiten automaattisesti pienikohinaisimman mittaustaajuuden.

Siten apuelektrodien vastuksen mittauksessa toiminnot, joilla parannetaan häiriöjännitesietoa säästävät aikaa kentällä ja auttavat ymmärtämään ja ratkaisemaan virhetilanteita. Kuitenkin, jos mittausero on huomattavasti suurempi kuin otaksuttu saattaa se merkitä, että maa-aines on rakenteellisesti pilaantunut josta aiheutuvat virheet mittaustulokseen.

Edellä esitetyistä syistä on tärkeää valita testauslaite, joka soveltuu oletettuihin mittaolosuhteisiin:

- häiriöjännitteiset tai häiriöttömät olosuhteet
- korkea maaperän vastus

### Erityisiä huomautuksia maadoitusvastusmittauksiin

1. Vaikutusalueen välttämiseksi kehoitetaan valitsemaan mahdollisimman pitkä etäisyys elektrodien H ja S sekä testattavan maadoituksen E välille.
2. Sähkömagneettisten häiriöiden välttämiseksi suositellaan, että mittaaskaapeliin kelat puretaan kokonaan ja silmukoita maassa vältetään, Kaapelit sijoitetaan mahdollisimman kauas toisistaan ja välttämättä metallipintojen, kaapeleiden, kiskojen, aitojen jne. läheisyyttä.
3. Jotta saavutetaan hyväksyttävä mittaustarkkuus on käytettävä matalan resistiivisyyden apuelektrodeja ja mikäli mahdollista upottaa ne syvälle maahan ja/tai kostuttaa maaperää.
4. Mittaustuloksen varmistamiseksi suositellaan suorittamaan uusintamittaus sen jälkeen, kun vertailuelektrodia 0 V on siirretty.

## Katsaus erilaisiin maadoitusvastuksen mittausmenetelmiin

|  | Maaseuturakennus, jossa mahdollisuus upottaa apuelektrodeja | Kaupunkirakennus, jossa ei voi käyttää apuelektrodeja |
|--|---|---|
| <b>Yksi apuelektrodi</b>                     |   |   |
| 3-napa "62 %" menetelmä                      | ■   |   |
| Kolmio-menetelmä (2 elektrodiä)              | ■   |   |
| 4-napa -menetelmä                            | ■   |   |
| Muunneltu 62 % -menetelmä (1 elektrodi)      |   | ■ Ainoastaan TT-järjestelmä                           |
| Vaihe-PE -silmukkamittaus                    | ■   | ■   |
| <b>Monta apuelektrodiä rinnankytkettyinä</b> |   |   |
| Selektiivinen 4-napa -menetelmä              | ■   |   |
| Maadoitusvastuspihti                         | ■   | ■   |
| 2 pihdin maa-silmukka-menetelmä              | ■   | ■   |

*Huom.* Tapauksissa, joissa maadoitus muodostuu useista rinnakkaismaadoituksista käytetään perinteisissä menetelmissä yhtä elektrodia:

1. Jos tarvitaan vain kokonaismaavastuksen arvo.
2. Jos mitattava maadoituselektrodi voidaan irrottaa järjestelmästä.

## Toistuvia kysymyksiä

### **Voidaanko vesi- tai kaasulinjoja käyttää maadoitus-elektrodeina?**

On ehdottomasti kiellettyä käyttää maanalaisia metalliputkia maadoittimina. Vastaavasti on kiellettyä käyttää metallisia vesijohtoputkia, sillä putkien sähköistä johtavuutta ei aina voida taata (esimerkiksi huoltotapauksissa).

### **Rakennuksessa tehdään vaihe-maa silmukkamittaus- ja 3-napamittaus käyttäen elektrodeja. 3-napa menetelmällä saatu arvo on paljon suurempi. Miksi käytetyt 2 menetelmää eivät anna samaa tulosta?**

Kuten sivulla 7 todetaan, maadoitus ei muodostu ainoastaan maadoituselektrodeista vaan käytännössä myös muiden jakeluverkkojen metalliputkista. Tästä syystä 3-napamittauksella maadoitussauva irrotettuna voidaan todellinen maadoitusvastus määrittää. Sen sijaan silmukkamittauksella saatu arvo muodostuu koko maadoitusverkosta (putket, jne).

### **Aikaisemmin mitattu maadoitusvastus poikkeaa nyt saadusta. Mistä muutos johtuu?**

Kuten sivulla 3 todetaan, on maadoitusvastus riippuvainen ympäristön lämpötilasta ja kosteudesta. Siksi on täysin normaalia, että mittaustulokset vaihtelevat merkittävästikin ilmasto-olosuhteista riippuen.



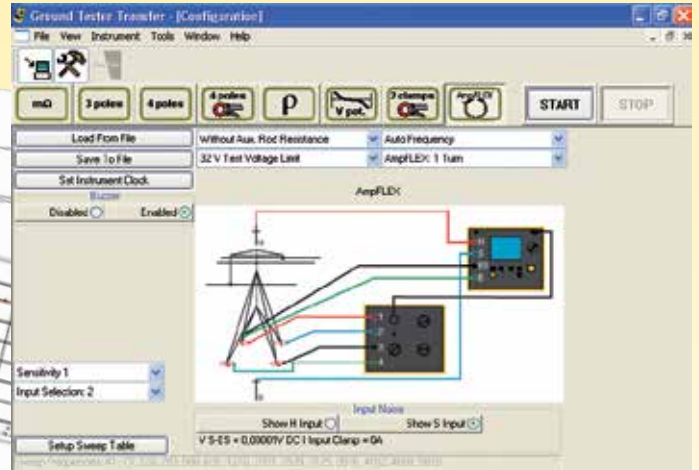
## DataView®

(Yhteensopiva CA6470N, CA6471, CA6472 ja CA6474 kanssa)

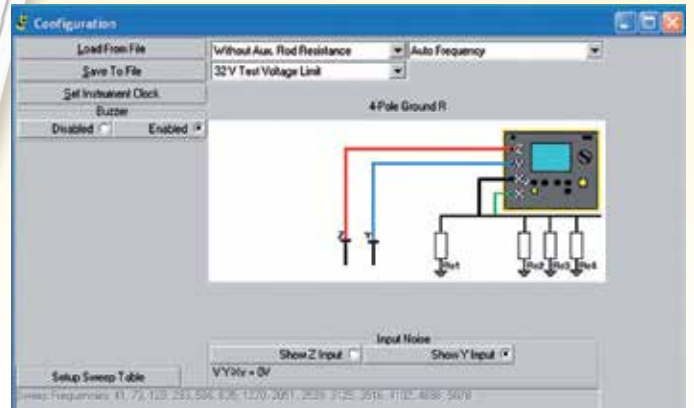
**Lisenssivapaa ohjelmisto laitteiden konfigurointiin ja etähallintaan sekä reaaliaikaiseen tulosten tarkasteluun. Luo raportteja tallennetuista mittauksista.**

### DataView® -toiminnot:

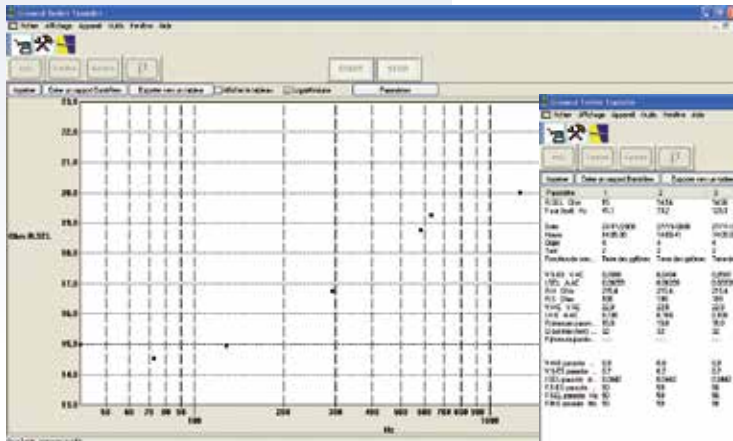
- Kaikkien toimintojen asetusten konfigurointiin
- Mittausten etähallinta PC:n kautta
- Laitteeseen tallennettujen mittausten haku
- Mahdollista lisätä omia kommentteja suoraan raportteihin
- Mahdollista luoda omia raportteja tallennetuista mittausarvoista
- Näyttää kuvaajana: Impedanssin mittaus taajuuden funktiona; Teoreettinen askeljännite etäisyyden funktiona jne.



Mittausasetukset valitulle mittausmenetelmälle sekä kytkentäkaavake näytöllä.



Mittausasetukset valitulle mittausmenetelmälle sekä kytkentäkaavake näytöllä.



| Frequency | Impedance | Phase |
|-----------|-----------|-------|
| 10        | 1.0       | 0.0   |
| 20        | 1.0       | 0.0   |
| 30        | 1.0       | 0.0   |
| 40        | 1.0       | 0.0   |
| 50        | 1.0       | 0.0   |
| 60        | 1.0       | 0.0   |
| 70        | 1.0       | 0.0   |
| 80        | 1.0       | 0.0   |
| 90        | 1.0       | 0.0   |
| 100       | 1.0       | 0.0   |
| 200       | 1.0       | 0.0   |
| 300       | 1.0       | 0.0   |
| 400       | 1.0       | 0.0   |
| 500       | 1.0       | 0.0   |
| 600       | 1.0       | 0.0   |
| 700       | 1.0       | 0.0   |
| 800       | 1.0       | 0.0   |
| 900       | 1.0       | 0.0   |
| 1000      | 1.0       | 0.0   |



# Maadoitusvastustesterin valintaopas



|  | CA6422 | CA6424 | CA6460 | CA6462 | CA6470N<br>TERCA 3 | CA6471 | CA6472 | CA6416 | CA6417 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Maadoitusvastuksen mittaus</b>                  |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| 3-napamenetelmä                                    | •      | •      | •      | •      | •                  | •      | •      |        |        |
| 4-napamenetelmä                                    |        |        | •      | •      | •                  | •      | •      |        |        |
| Maadoituskytkentä                                  |        |        |        |        | •                  | •      | •      |        |        |
| Silmukkaimpedanssimenetelmä                        |        |        |        |        |                    |        |        | •      | •      |
| <b>Selektiivinen maadoitusvastuksen mittaus</b>    |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| 4-napa + silmukkaimpedanssimenetelmä               |        |        |        |        |                    | •      | •      |        |        |
| Kahden pihdin silmukkaimpedanssimenetelmä          |        |        |        |        |                    | •      | •      |        |        |
| <b>Voimakaapeli ilmajohdolla</b>                   |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| CA6474:lla   |        |        |        |        |                    |        | •      |        |        |
| <b>Maan resistiivisyys</b>                         |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| Manuaalinen  |        |        | •      | •      |                    |        |        |        |        |
| Automaattinen                                      |        |        |        |        | •                  | •      | •      |        |        |
| <b>Potentiaalimittaus</b>                          |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
|  |        |        |        |        |                    |        | •      |        |        |
| <b>Jatkuvuus</b>                                   |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
|  |        |        |        |        | •                  | •      | •      |        |        |
| <b>Mittaustaajuus</b>                              |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| 128 Hz   |        |        | •      | •      |                    |        |        |        |        |
| 128 Hz tai 256 Hz                                  | •      | •      |        |        |                    |        |        |        |        |
| 50, 60, 128 sekä 2 083 Hz                          |        |        |        |        |                    |        |        | •      | •      |
| Automaattisesti 41...512 Hz                        |        |        |        |        | •                  | •      |        |        |        |
| Automaattisesti 41...5078 Hz                       |        |        |        |        |                    |        | •      |        |        |
| <b>Rs, Rh mittaus ja näyttö</b>                    |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
|  |        |        |        |        | •                  | •      | •      |        |        |
| <b>U häiriön osoitus ja näyttö (jännitepiikit)</b> |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
|  |        |        |        |        | •                  | •      | •      |        |        |
| <b>Mittaustulosten näyttö</b>                      |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| LCD-näyttö   | •      | •      | •      | •      |                    |        |        |        |        |
| Kolmiosainen LCD-näyttö                            |        |        |        |        | •                  | •      | •      |        |        |
| OLED-näyttö  |        |        |        |        |                    |        |        | •      | •      |
| <b>Käyttöjännite</b>                               |        |        |        |        |                    |        |        |        |        |
| Paristot   | •      |        | •      |        |                    |        |        | •      | •      |
| Akku   |        | •      |        | •      | •                  | •      | •      |        |        |
| Lisätietoa sivulla                                 | 18     | 18     | 20     | 20     | 22                 | 24     | 26     | 32     | 32     |

## 3-napaiset maadoitusvastustesterit

### CA6422 & CA6424

Vedenpitävät maadoitusvastustesterit CA6422 ja CA6424 ovat kompaktin kokoiset ja käyttäjäystävälliset.

Laitteiden avulla suoritettavat 3-napamittaukset onnistuvat nopeasti ja luotettavasti.

Käytetään pääosin kunnossapitotarkastuksissa.

#### Ergonomia

- Erittäin helppokäyttöiset
- Vankka ja vedenpitävä kotelointi soveltuu kaikkiin sääolosuhteisiin
- Selkeä, taustavalaistu 206-segmentin LCD-näyttö
- Kätevät aputoiminnot
- Värimerkityt tulot ja mittausjohdot kytkentöjen helpottamiseksi



CA6422

#### Mittaus

- Vastuksen mittaus 2- tai 3-napamenetelmän avulla
- Varoittaa liian korkeiden jännitteiden ollessa läsnä
- Jännitteen ja virran mittaus (CA6424)

#### Käyttöjännite

- AA-paristot tai akut (CA6424)
- Paristojen tai akkujen kesto: > 2000 (CA6422) tai > 1500 (CA6424) x 3P maadoitusvastuksen mittausta (100 Ω)



CA6424

|                                    |             | CA6422   | CA6424  |
|------------------------------------|-------------|--|---|
| <b>Ominaisuudet</b>                |             |  |   |
| Mittaukset                         |             | Maadoitusvastus  | Maadoitusvastus   |
| Tyyppi                             |             | 2- & 3-napa  | 2- & 3-napa   |
| Maaperän resistiivisyys            |             | Ei   | Ei  |
| 2P                                 | Mittausalue | 0,05...99,99 Ω / 80,0...999,9 Ω / 0,800...9,999 kΩ / 8,00...50,00 kΩ     |   |
|                                    | Resoluutio  | 0,01 Ω / 1 Ω / 10 Ω / 100 Ω  |   |
|                                    | Tarkkuus    | ± (2%R + 10 nroa) / ± (2%R + 2 nroa) / ± (2%R + 1 nro) / ± (2%R + 1 nro) |   |
| 3P                                 | Mittausalue | 0,5 Ω...2 kΩ   | 0,5 Ω...50,00 kΩ  |
|                                    | Resoluutio  | 0,01 Ω / 0,1 Ω / 1 Ω   | 0,01 Ω / 0,1 Ω / 1 Ω / 10 Ω                               |
|                                    | Tarkkuus    | ± (1%R + 10 nroa) / ± (1%R + 2 nroa) / ± (1%R + 1 nro)                   |   |
|                                    | Taajuus     | 128 Hz tai 256 Hz  |   |
|                                    | Muisti      | Tallentaa: RE @ 62%; RE @ 52%; RE @ 72%                                  |   |
| Virran mittaus                     |             | -  | G72-virtapihdin avulla (0,5 mA...60 A)                    |
| RH-elektrodin vastuksen mittaus    |             | -  | 0,05...9,999 kΩ / 8...49,99 kΩ                            |
| U <sub>SE</sub> jännitteen mittaus |             | -  | 0,10...99,99 V <sub>AC</sub> / 80,0...600 V <sub>AC</sub> |
| <b>Muut ominaisuudet</b>           |             |  |   |
| Käyttöjännite                      |             | 6 x LR 6 tai AA-paristoa   | 6 x NiMH-akkua, latausaika n. 6 h                         |
| Näyttö                             |             | 206-segmentin taustavalaistu LCD   |   |
| Sähköturvallisuus                  |             | IEC 61557-1 ja IEC 61557-5   |   |
| Mitat                              |             | 223 x 126 x 70 mm  |   |
| Paino                              |             | 1 kg   |   |

## Tilaustiedot

### > CA6422 ..... P01127012

Mukana toimitetaan 6 x LR6 AA-paristoa, 1 pikaopas, 1 käyttöturvallisuustiedote, 1 varmennustodistus, WEB-linkki/QR-koodi käyttöohjeiden lataamista varten.

### > CA6424 ..... P01127014

Laitteen mukana toimitetaan kantolaukku, 6 x NiMH-akkua, 1 USB 2A-verkkosovitin, 1 µUSB-kaapeli, 1 pikaopas, 1 käyttöturvallisuustiedote, 1 akun turvallisuustiedote, 1 varmennustodistus, WEB-linkki/QR-koodi käyttöohjeiden lataamista varten.



CA6424 yhdessä G72-virtapihdin (lisävaruste) kanssa

## Lisävarusteet

|  |           |
|--|-----------|
| Laukku .....                               | P01298006 |
| G72-virtapihti (CA6424-yhteensopiva) ..... | P01120872 |
| 4-pisteen handsfree-hihna.....             | HX0302    |
| 15 m mittaussetti.....                     | P01102017 |
| 50 m mittaussetti.....                     | P01102021 |
| Rannehihna.....                            | HX0122    |

Lisätietoa mittausseteistä löytyy sivulta 30.

# Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

## 3- ja 4 –napaiset testerit maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

### CA6460 & CA6462

Kolmen toiminnon maadoitusvastustesterit. Helppokäyttöinen CA6462 on kehitetty erityisesti kenttäkäyttöön, oli sitten kyseessä uuden maadoituksen asennus tai jo olemassa olevan mittaus. Kyseiset korkean käyttömukavuuden ja -turvallisuuden omaavat testerit antavat tarkkoja ja luotettavia mittaustuloksia.

### Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön soveltuva
- Suuri ja selkeälukuinen, 2000-lukeman LCD-näyttö taustavalolla
- Mittausarvojen ja -suureiden digitaalinen näyttö
- Helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta

### Mittaus

- Maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaus 3- tai 4-napamenetelmällä
- Kehitetty soveltuvaksi korkeisiin kohina- ja häiriötasoihin
- Automaattinen mittausalueen valinta
- 3 vianilmoitus LED-valoa:
  - korkea kohinataso
  - korkea apuelektrodien vastus
  - liitännävika

### Käyttöjännite

- Paristot (CA6460) tai akku (CA6462)



CA6460



CA6462



# Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

|                            | CA6460  | CA6462  |
|----------------------------|---|---|
| <b>Ominaisuudet</b>        |   |   |
| Mittaukset                 | Maadoitusvastus / Maaperän resistiivisyys / Kytkeytyminen | Maadoitusvastus / Maaperän resistiivisyys / Kytkeytyminen |
| Tyyppi                     | 3- & 4-napa   | 3- & 4-napa   |
| Mittausalue                | 0,01 Ω...2000 Ω (3 automaattista aluetta)                 | 0,01 Ω...2000 Ω (3 automaattista aluetta)                 |
| Erottelutarkkuus           | 10 mΩ / 100 mΩ/ 1Ω (alueesta riippuen)                    | 10 mΩ/ 100 mΩ / 1 Ω (alueesta riippuen)                   |
| Tarkkuus                   | ± ( 2 % + 1 nro)  | ± ( 2 % + 1 nro)  |
| Kuormittamaton jännite     | ≤ 24 V  | ≤ 48 V  |
| Taajuus                    | 128 Hz  | 128 Hz  |
| Vaoitukset                 | 3 vianilmoitus LED-valoa                                  | 3 vianilmoitus LED-valoa                                  |
| <b>Muita ominaisuuksia</b> |   |   |
| Teholähde                  | 8 x 1,5 V-paristot  | NIMH-akku   |
| Näyttö                     | Digitaalinen LCD-näyttö (2000 lukeman)                    | Digitaalinen LCD-näyttö (2000 lukeman)                    |
| Turvallisuus               | IEC 61010 & IEC 61557                                     | IEC 61010 & IEC 61557                                     |
| Mitat                      | 270 x 250 x 110 mm  | 270 x 250 x 110 mm  |
| Paino                      | 2,8 kg  | 3,3 kg  |

## Tilaustiedot

> **CA6460** ..... **P01126501**  
Mukana toimitetaan 8 x AA 1,5 V-paristoa sekä käyttöohjeet

> **CA6462** ..... **P01126502**  
Mukana toimitetaan 230 V-verkkojännitejohto sekä käyttöohjeet

## Lisävarusteet

Banaaniliitinsetti (5 kpl).....P01102028  
Pehmeä laukku..... P01298066  
Laukku ..... P01298067  
0,1 A/250 V HRC sulakesetti (10 kpl) ..... P01297012  
Akku..... P01296021

Lisätietoa mittausseteistä löytyy sivulta 30.



# Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

## 3- ja 4 –napaiset testerit maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

### CA6470N TERCA 3

*Tämä maadoitusvastus- ja maaperän resistiivisyystesteri kuuluu laajaan Chauvin-Arnoux -monitoimitesterivalikoimaan. Ammattilaisen mittalaite, joka on kuitenkin helppokäyttöinen. Laite toimitetaan kestävässä, vesitiiviissä kotelossa. Sen toiminnallisia ominaisuuksia ovat: iso taustavalaistu näyttö, värikoodatut tulot ja halutun laitetoiminnon valinta nopeasti ja turvallisesti kätevän kiertokytkimen avulla.*

#### Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön
- Suuri ja selkeälukuinen LCD-näyttö taustavalolla
- Digitaalinen näyttö näyttää mittausarvot suureineen
- Erittäin helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta
- Näyttää kytkennän näytöllä
- USB-liitäntä
- Yhteensopiva DataView®-ohjelman kanssa



CA6470N TERCA 3

#### Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittaus 3- tai 4- napamenetelmällä
- Maaperän resistiivisyys: automaattinen laskenta (Wenner- tai Schlumberg-menetelmä)
- Kytkeytyvyyden mittaus
- 200 mA jatkuvuus-/liitäntävastustestaus (2- tai 4-napa)
- Mittaustaajuus 41...512 Hz
- Apuelektrodien vastusmittaus
- Korkea häiriöjännitteiden sieto 60 V (huippu)
- Datamuisti jälkitarkastelua ja raportointia varten

#### Käyttöjännite

- Akku
- Autolaturi 12 V



DataView®



# Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

| CA6470N Terca 3                                   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Ominaisuudet</b>                               |   |  |
| Maadoitusvastus<br>3-napamenetelmä                | Alue  | 0,01 Ω...99,99 kΩ  |
|   | Erottelu  | 0,01 Ω...100 Ω   |
|   | Testijännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa  |
|   | Mittaustaajuus  | 40 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa  |
|   | Testivirta  | 250 mA asti  |
|   | Tarkkuus  | ± 2 % lukemasta ± 1 nro  |
| Maadoitusvastus<br>4-napamentelmä                 | Alue  | 0,001 Ω...99,99 kΩ   |
|   | Erottelu  | 0,001 Ω...100 Ω  |
|   | Testijännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa  |
|   | Mittaustaajuus  | 40 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa  |
|   | Testivirta  | 250 mA asti  |
|   | Tarkkuus  | ± 2 % lukemasta + 1 nro  |
| Maaperän resistiivisyys<br>4-napamenetelmä        | Mittausmenetelmä  | Wenner- tai Schlumberg-menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω-metri tai Ω-jalkanäytöllä |
|   | Alue (automaattinen)  | 0,01 Ω...99,99 kΩ  |
|   | Erottelu  | 0,01 Ω...100 Ω   |
|   | Testijännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa  |
|   | Mittaustaajuus  | 73...91,5...101...128 Hz, valittavissa   |
| Ulkopuolisen jännitteen<br>mittaus                | Alue (automaattinen)  | 0,1...65,0 V <sub>AC/DC</sub> - DC, 450 kHz asti   |
|   | Tarkkuus  | ± 2 % luettu tulos + 2 nroa  |
| Vastus- Jatkuvuus- ja<br>liitäntävastusmittaukset | Mittausmenetelmä  | 2- tai 4-napa, valittavissa  |
|   | Alue (automaattinen)  | 2-napa: 0,01 Ω...99,9 kΩ, 4-napa: 0,001 Ω...99,9 kΩ  |
|   | Tarkkuus  | ± 2 % lukemasta + 2 nroa   |
|   | Testijännite  | 16 V <sub>DC</sub> (napaisuus +, - tai automaattinen)  |
|   | Testivirta  | > 200 mA max., kun R > 20 Ω  |
| Muisti  | Koko  | 512 mittausarvoa   |
|   | Kommunikointi   | Optisesti eristetty USB  |
| <b>Muita ominaisuuksia</b>                        |   |  |
| Käyttöjännite                                     | Ladattava akku  |  |
| Akun lataus                                       | Ulkoinen käyttöjännite 18 V <sub>DC</sub> / 1,9 A tai 12 V <sub>DC</sub> (siirrettävissä) |  |
| Turvallisuus                                      | 50 V CAT IV   |  |
| Mitat / Paino                                     | 272 x 250 x 128 mm / 3 kg   |  |

## Tilustiedot

> CA6470N Terca 3..... Sähkönumero: 6750270

Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja latausjohto, PC-ohjelma, USB-kaapeli sekä käyttöohjeet



## Lisävarusteet ja varaosat

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| DataView®-raportointiohjelma .....   | P01102095 |
| Pehmeä laukku.....                   | P01298066 |
| Laukku .....                         | P01298067 |
| 12 V <sub>DC</sub> -autolaturi ..... | P01102036 |
| Optinen/RS232-kaapeli .....          | P01295252 |
| Akkulaturi 230 V <sub>AC</sub> ..... | P01102035 |
| Akku.....                            | P01296021 |
| Optinen USB -kaapeli.....            | HX0056-Z  |

Lisätietoa mittausseteistä löytyy sivulta 30.



## 3- ja 4 -napaiset testerit maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

### CA6471

*Kyseinen testerit soveltuu myös maadoituksen diagnoosityökaluksi. Laitte sisältää 5 eri mittaustoimintoa: maadoitusvastuksen mittausta, maadoitusvastuksen selektiivinen mittausta, maaperän resistiivisyyden mittausta, maadoitusjärjestelmän sekä yhteyden mittausta.*

*IP67-luokitukseen kuuluva kotelointi takaa laitteen soveltuvuuden kenttäkäyttöön. Sen toiminnallisia ominaisuuksia ovat: iso taustavalaistu näyttö, värikoodatut tulot ja halutun laitetoiminnon valinta nopeasti ja turvallisesti kätevä kiertokytkimen avulla.*

### Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: soveltuu kenttäkäyttöön
- Suuri ja selkeälukuinen LCD-näyttö taustavalolla
- Digitaalinen näyttö näyttää mittausrivot suureineen
- Erittäin helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta
- USB-liitäntä
- Yhteensopiva DataView®-ohjelman kanssa



CA6471



DataView®

### Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittausta 3- tai 4- napamenetelmällä
- Selektiivinen maadoitusvastuksen mittausta (4- napamenetelmä, pihdeillä tai silmukkavastuspihdeillä)
- Maaperän resistiivisyys: automaattinen laskenta (Wenner- tai Schlumberg- menetelmä)
- Kytkeytyvyys mittausta
- 200 mA:n jatkuvuus-/liitäntävastustestaus (2- tai 4- napakytkentä)
- Mittaustaajuus: 41...512 Hz (apuelektrodilla) sekä 128...1758 Hz (selektiivinen mittausta pihdeillä)
- Apuelektrodien vastusmittausta
- Datamuisti jälkitarkastelua ja raportointia varten



### Käyttöjännite

- Akku
- Autolaturi 12 V



# Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

|  |   | CA6471   |
|--|---|--|
| <b>Ominaisuudet</b>                            |   |  |
| Maadoitusvastuksen mittaus 2:lla pihdillä      | Alue  | 0,01 Ω...500 Ω   |
|  | Erottelu  | 0,01 Ω...1 Ω   |
|  | Mittaustaajuus  | Auto: 1367 Hz ; 128 Hz...1367 Hz...1611 Hz...1758 Hz valittavissa                                    |
| Maadoitusvastuksen mittaus 3-napamenetelmä     | Alue  | 0,01 Ω...99,99 kΩ  |
|  | Erottelu  | 0,01 Ω...100 Ω   |
|  | Testijännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa  |
|  | Mittaustaajuus  | 41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa  |
|  | Testivirta  | 250 mA asti  |
|  | Tarkkuus  | ± 2 % lukemasta + 1 nro 128 Hz asti  |
|  | Maadoitusvastus 4-napamenetelmä / 4-napamenetelmä + pihdit                                | Alue   |
| Erottelu                                       |   | 0,01 Ω...100 Ω   |
| Testijännite                                   |   | 16 V tai 32 V, valittavissa  |
| Mittaustaajuus                                 |   | 41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa  |
| Testivirta                                     |   | 250 mA asti  |
| Tarkkuus                                       |   | ± 2 % lukemasta + 1 nro  |
| Maaperän resistiivisyys                        | Mittausmenetelmä  | Wenner- tai Schlumberg-menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja Ω-metri tai Ω-jalkanäytöllä |
|  | Alue (automaattinen)  | 0,01 Ω...99,99 kΩ ; Ω max. 999 kΩ  |
|  | Erottelu  | 0,01 Ω...100 Ω   |
|  | Testijännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa  |
| Ulkopuolisen jännitteen mittaus                | Alue (automaattinen)  | 0,1...65,0 V <sub>AC/DC</sub> - DC 450 kHz asti  |
|  | Tarkkuus  | ± 2 % lukemasta + 1 nro  |
| Vastus- Jatkuvuus- ja liitäntävastusmittaukset | Mittausmenetelmä  | 2- tai 4-napa, valittavissa  |
|  | Alue (automaattinen)  | 2-napa: 0,01 Ω...99,9 Ω, 4-napa: 0,001 Ω...99,99 Ω   |
|  | Tarkkuus  | ± 2 % lukemasta + 2 nroa   |
|  | Testijännite  | 16 V <sub>DC</sub> (napaisuus +, - tai autom.)   |
|  | Testivirta  | > 200 mA max., kun R < 20 Ω  |
| Tallennus                                      | Muistikapasiteetti  | 512 mittausarvoa   |
|  | Kommunikointi   | Optinen-eristetty USB  |
| <b>Muita ominaisuuksia</b>                     |   |  |
| Käyttöjännite                                  | Ladattavat akut   |  |
| Akun lataus                                    | Ulkoinen käyttöjännite 18 V <sub>DC</sub> / 1,9 A tai 12 V <sub>DC</sub> (siirrettävissä) |  |
| Turvallisuus                                   | 50 V CAT IV   |  |
| Mitat / Paino                                  | 272 x 250 x 128 mm / 3 kg   |  |

## Tilastiedot ja varaosat

> **CA6471** ..... Sähkönumero: 6750532  
Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja latausjohto, 2 kpl C182-pihtiä, PC-ohjelma, USB-kaapeli, pehmeä kanto-laukku sekä käyttöohjeet.



## Lisävarusteet ja varaosat

|   |           |
|---|-----------|
| DataView®-raportointiohjelma .....                    | P01102095 |
| Pehmeä laukku.....                                    | P01298066 |
| Laukku .....  | P01298067 |
| 12 V <sub>DC</sub> -autolaturi.....                   | P01102036 |
| Optinen RS232 -kaapeli .....                          | P01295252 |
| Akkulaturi 230 V <sub>AC</sub> .....                  | P01102035 |
| Akku.....   | P01296021 |
| Optinen USB-kaapeli .....                             | HX0056-Z  |
| MN62-pihdit (Ø 20 mm, 2 m:n kaapeli ES-tulolla) ..... | P01120452 |
| C182-pihdit (Ø 52 mm, 2 m:n kaapeli ES-tulolla) ..... | P01120333 |

Lisätietoa mittausseteistä löytyy sivulta 30.

## Maadoitusvastustesteri korkeataajuusmittauksiin

### CA6472

CA6472 maadoitusvastustesteriä käytetään korkeataajuusmittauksiin sekä maaperän resistiivisyyden mittaamiseen. Kyseinen laite on täydellinen työkalu kaiken tyyppisten maadoitusten analysointiin.

CA6472:n toimintaperiaatteeltaan sekä käytettävyydeltään hyvin samankaltainen kuin muut Chauvin-Arnoux -maadoitusvastustesterimallit. CA6474 voimanjohtoadapteri voidaan kytkeä yhteen CA6472:n kanssa voimakaapeleiden yksittäisten maadoittimien testaukseen rinnakkaismaattokytkennoissä.



CA6472

### Ergonomia

- Iskun- ja vedenkestävä: kenttäkäyttöön soveltuva
- Suuri ja selkeälukuinen LCD-näyttö taustavalolla
- Digitaalinen näyttö näyttää mittausarvot suureineen
- Erittäin helppokäyttöinen
- Helppo kytkeä värikoodattujen tulojen sekä kaapeleiden ansiosta
- Näyttää kytkennän näytöllä
- USB-liitäntä
- Yhteensopiva DataView®-ohjelman kanssa



DataView®

### Mittaukset

- Maadoitusvastuksen mittaus 3- tai 4-napamenetelmällä
- Selektiivinen maadoitusvastuksen mittaus (4-napamenetelmä, pihdeillä tai silmukkavastuspihdeillä)
- Maaperän resistiivisyys: automaattinen laskenta (Wenner- tai Schlumberg-menetelmä)
- Maadoituksen mittaus
- 200 mA:n jatkuvuus-/ liitäntävastustestaus (2- tai 4 -napakytkentä)
- Rinnakkaismaadoituksen mittaus CA6474:n avulla
- Mittaustaajuus: 41...5078 Hz (parhaan taajuuden automaattinen tai manuaalinen haku)
- Apuelektrodien vastusmittaus
- Korkea häiriöjännitteiden sieto 60 V (huippu)



### Käyttöjännite

- Akku
- Autolaturi 12 V

# Testerit Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen

|  |   | CA6472  |
|--|---|---|
| <b>Ominaisuudet</b>  |   |   |
| Maadoitusvastus  | Mittausalue   | 0,01 $\Omega$ ...500 $\Omega$   |
|  | Erottelu  | 0,01 $\Omega$ ...1 $\Omega$   |
|  | Mittaustaajuus  | Auto 1367 Hz; 128 Hz...1367 Hz...1611 Hz...1758 Hz valittavissa   |
| Maadoitusvastus 3-napamenetelmä                            | Mittausalue   | 0,01 $\Omega$ ...99,99 k $\Omega$   |
|  | Erottelu  | 0,01 $\Omega$ ...100 $\Omega$   |
|  | Testausjännite  | 16 V tai 32 V rms, valittavissa   |
|  | Mittaustaajuus  | 41 Hz...512 Hz automaattinen tai valittavissa   |
|  | Testausvirta  | 250 mA asti   |
|  | Tarkkuus  | $\pm 2\%$ lukemasta + 1 nro (128 Hz)  |
| Maadoitusvastus 4-napamenetelmä / 4-napamenetelmä + pihdit | Mittausalue   | 0,01 $\Omega$ ...99,99 k $\Omega$   |
|  | Erottelu  | 0,01 $\Omega$ ...100 $\Omega$   |
|  | Testausjännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa   |
|  | Mittaustaajuus  | 41 Hz...5078 Hz automaattinen tai valittavissa  |
|  | Testausvirta  | 250 mA asti   |
|  | Tarkkuus  | $\pm 2\%$ lukemasta + 1 nro   |
| Maaperän resistiivisyys                                    | Mittausmenetelmä  | Wenner- tai Schlumberg-menetelmä automaattisella tulosten laskennalla ja $\Omega$ -metri tai $\Omega$ -jalanäytöllä |
|  | Alue (automaattinen)  | 0,01 $\Omega$ ...99,99 k $\Omega$ ; $\Omega$ max. 999 k $\Omega$  |
|  | Erottelu  | 0,01 $\Omega$ ...100 $\Omega$   |
|  | Testausjännite  | 16 V tai 32 V, valittavissa   |
|  | Mittaustaajuus  | 41 Hz...5078 Hz, valittavissa   |
| Jännitteen mittaus   | Alue (automaattinen)  | 0,1...65,0 V <sub>AC/DC</sub> - DC 450 kHz asti   |
|  | Tarkkuus  | $\pm 2\%$ lukemasta + 1 nro   |
| Vastuksenmittaus / Yhteyden hallinta                       | Mittauksen tyyppi   | 2- tai 4 -napamenetelmä   |
|  | Alue (automaattinen)  | 2-napa: 0,01 $\Omega$ ...99,9 $\Omega$ - 4-napa: 0,001 $\Omega$ ...99,99 $\Omega$                                   |
|  | Tarkkuus  | $\pm 2\%$ lukemasta + 2 nroa  |
|  | Testausjännite  | 16 V <sub>DC</sub> (napaisuus +, - tai autom.)  |
|  | Testausvirta  | > 200 mA max., kun R < 20 $\Omega$  |
| Tallennus  | Muistikapasiteetti  | 512 mittausarvoa  |
|  | Kommunikointi   | Optinen-eristetty USB   |
| <b>Muita ominaisuuksia</b>                                 |   |   |
| Käyttöjännite  | Uudelleenladattava NiMH-akku  |   |
| Akun lataus  | Ulkoisen jännite 18 V <sub>DC</sub> / 1,9 A tai 12 V <sub>DC</sub> (siirrettävissä) |   |
| Turvallisuus   | 50 V CAT IV   |   |
| Mitat / Paino  | 272 x 250 x 128 mm / 3,2 kg   |   |

## Tilaustiedot

> **CA6472** ..... Sähkönumero: **6750393**  
Mukana toimitetaan verkkoadapteri ja latausjohto, 2 kpl C182-pihtiä, PC-ohjelma, USB-kaapeli, pehmeä kanto-laukku sekä käyttöohjeet.



## Lisävarusteet ja varaosat

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| DataView®-raportointiohjelma .....   | P01102095 |
| Pehmeä laukku.....                   | P01298066 |
| Laukku .....                         | P01298067 |
| 12 V <sub>DC</sub> -autolaturi.....  | P01102036 |
| Optinen/RS232 -kaapeli .....         | P01295252 |
| Akkulaturi 230 V <sub>AC</sub> ..... | P01102035 |
| Akku.....                            | P01296021 |
| Optinen USB-kaapeli .....            | HX0056-Z  |
| MN82-pihdit (Ø 20 mm, 2 m:n kaapeli  |           |
| ES -tulolla).....                    | P01120452 |
| C182-pihdit (Ø 52 mm, 2 m:n kaapeli  |           |
| ES -tulolla).....                    | P01120333 |

Lisätietoa mittausseteistä löytyy sivulta 30.



## Lisälaitte mastoille tehtäviin mittauksiin

### CA6474

*Käytetään yhdessä CA6472-testerin kanssa voimakaapeleiden sekä tuulivoimaloiden maadoitusvastuksen testaukseen niiden ollessa käytössä. Selektiivisen maadoitusvastusmittauksen avulla voidaan mitata voimakaapelimaston vastus turvallisesti ja edullisesti ilman, että yksittäisen maston virta joudutaan katkaisemaan mittauksen ajaksi. Mittauksessa käytetään AmpFLEX™ -lenkkivirtapihtejä, riippumatta mastotyypistä.*

### Ergonomia

- IP67-luokiteltu, kenttäkäyttöön soveltuva vedenpitävä kotelointi
- Käytetään yhdessä joustavien lenkkivirtapihtien kanssa (esim. Rogowski-kela)
- Soveltuu kaikentyyppisten mastojen mittauksiin (1-, 2-, 3- tai 4-jalkaiset)
- Yhteensopiva DataView®-ohjelman kanssa



CA6474

### Mittaus

- Maston maadoituksen vastus: Selektiivinen mittaus maston maadoitusvastuksen tarkastuksiin ilman sähköpiirin katkaisemista. Automaattisessa tilassa tehdyt mittaukset jopa 5 kHz:n taajuudella, kiintein taajuusaskelin tai skannausmenetelmällä
- Maston kokonaismaadoitusvastuksen mittaus
- Mittaa jokaisen jalan maadoitusvastuksen erikseen
- Kokonaislinjaimpedanssin mittaus
- Ilmajohdon maadoitusvastuksen mittaus ilman sähköverkoston sulkemista

### Käyttöjännite

- Käytetään yhdessä CA6472:n kanssa



DataView®





# Maadoitusvastuksen mittaus rinnakkaisella maadoitusjohdolla

| CA6474  |   |
|---|---|
| <b>Ominaisuudet</b>                               |   |
| Mittauksen tyyppi                                 | Maadoitusvastus yhteensä<br>Maadoitusvastuksen mittaus jokaiselle mastojalalle<br>Linjaimpedanssi yhteensä<br>Aktiivinen mittaus (CA6472)<br>Passiivinen mittaus (kohinavirtojen avulla)<br>1, 2, 3 tai 4 samanaikaista mittausta (AmpFLEX)<br>Herkkyyks: x 10, x 1, x 0,1<br>Virran mittaus: 0,01 mA...99,99 A |
| Alue  | 0,001 Ω...99,99 kΩ  |
| Tarkkuus  | ± (5 % + 1 nro)   |
| Taajuus   | 41...5078 Hz  |
| Taajuuspyyhkäisy -toiminto                        | Kyllä   |
| <b>Muita ominaisuuksia</b>                        |   |
| Käyttöjännite / Tallennus / Mittausarvojen näyttö | CA6472:n avulla   |
| Mitat / Paino                                     | 260 x 240 x 120 mm / 2,3 kg   |

## Tilaustiedot

### > CA 6474 ..... P01126510

Mukana varustelaukku: CA6472-CA6474 liitäntäkaapeli, 6 x 15 m:n BNC/BNC-kaapeleita, 4 x 8 m:n joustavaa AmpFLEX™-lenkkivirtapihtiä, AmpFLEX™-merkintäsarja, 2 x 5 m:n kaapeleita (vihreä ja musta) 4 mm:n turvallisuusliitännällä (kelalla), 5 kpl Y-tyyppin banaaniliitäntää Ø 4 mm, 3 kpl säädettävää puristinta sekä kalibrointisilmukka.

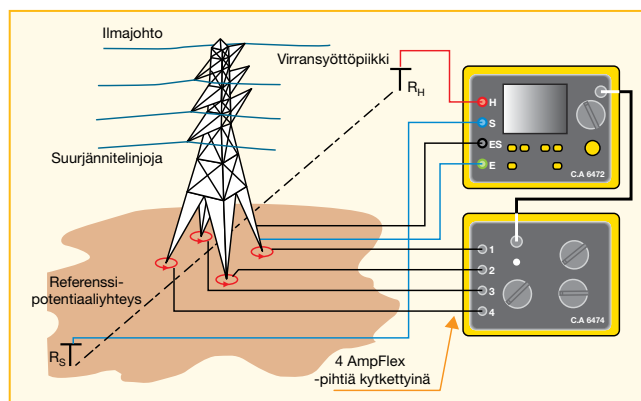
## Lisävarusteet ja varaosat

|  |           |
|--|-----------|
| CA6472-CA6474 liitäntäkaapeli .....        | P01295271 |
| BNC/BNC-kaapeli, 15 m .....                | P01295272 |
| Joustavia AmpFLEX™ virtapihtejä, 8 m ..... | P01120551 |
| AmpFLEX™-merkintäsarja (12 osainen) .....  | P01102045 |
| Vihreä kaapeli (E-tulolla), 5 m .....      | P01295291 |
| Musta kaapeli (ES-tulolla), 5 m .....      | P01295292 |
| Y-tyyppin banaaniadaptteri .....           | P01102028 |
| Kalibrointisilmukka. ....                  | P01295294 |

Joustavat AmpFLEX™ -lenkkivirtapihdit: Valittavana useita eri pituuksia ja tyyppisiä, alk. Ø 140 mm



Mittausten suorittaminen kaikille mastotyypeille sekä tuulivoimaloille onnistuu AmpFLEX-virtapihtien avulla.



Maadoitusvastuksen mittaus voimajohtomastolle CA6472:n sekä CA6474:n avulla.

## Lisävarusteet Maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaukseen

*Chauvin-Arnoux tarjoaa korkealaatuisia tarvikkeita maadoitusvastuksen sekä maaperän resistiivisyyden mittaamiseen. Tulojen ja mittaускаapeleiden värikoodauksen tuloksena saadaan aikaiseksi varmoja mittauksia. Kaapeleiden pituudet on suunniteltu sopimaan mittaustilanteeseesi. Kaapelikelojen käsittelyä helpottavat irrotettavat kahvat.*

*Nämä lisätarvikkeet ovat yhteensopivia kaikkien maadoitusvastustestereiden kanssa sekä maadoitusvastuksen että maaperän resistiivisyyden mittaamiseen.*

*Lisätarvikkeiden (apupiikit, kaapelit, kelat, hauenleuat jne.) kuljetus onnistuu kätevästi mukana tulevassa laukussa.*



**Maadoitusvastuksen mittaussarja P01102022** kunnossapitotarkastuksiin soveltuva, 3-napamenetelmä.



**Maadoitusvastuksen ja maaperän resistiivisyyden mittaussarja P01102024** maadoitusvastuksen mittaukseen 3 tai 4 -napamenetelmällä sekä maaperän resistiivisyyden testaus uudiskohteissa (kantolaukulla).

## Tilastiedot ja varaosat

## &gt; 50 m, 3-napa mittaussarja..... P01102021

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 2 x 50 m kaapelikelaa (punainen, sininen), 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

## &gt; 100 m, 3-napa mittaussarja..... P01102022

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 2 x 100 m kaapelikelaa (punainen, sininen), 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

## &gt; 50 m, 4-napa mittaussarja..... P01102040

Mukana toimitetaan 4 kpl apupiikkiä, 2 x 50 m kaapelikelaa (punainen, sininen), 2 x 30 m kaapelikelaa (musta, vihreä), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

## &gt; 100 m, 4-napa mittaussarja..... P01102024

Mukana toimitetaan 4 kpl apupiikkiä, 3 x 100 m kaapelikelaa (punainen, sininen, vihreä), 1 x 30 m (musta) 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

## &gt; 150 m, 4-napa mittaussarja..... P01102025

Mukana toimitetaan 4 kpl apupiikkiä, 3 x 150 m kaapelikelaa (punainen, sininen, vihreä), 1 x 30 m (musta) 1 x 10 m kaapelikerä (10 m), vasara, 5 kpl banaani-liitintä (Ø 4 mm) sekä laukku.

## &gt; Lisäsetti: 100 m ..... P01102030

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 1 x 100 m kaapelikela ja 1 x 30 m kaapelikela.

## &gt; Mittaussarja maaperän resistiivisyyden mittaamiseen, 100 m..... P01102030

Mukana toimitetaan 2 kpl apupiikkiä, 1 x 100 m kaapelikela (vihreä), 1 x 30 m (musta).

## &gt; CA647X liitäntäsarja (µΩ mittauksiin) ..... P01102037

Mukana toimitetaan 4 x 1,5 m kaapeleita Ø 4 mm:n banaani-liittimillä, 4 kpl hauenleukoja, 2 kpl testianturia.

## Lisävarusteet ja varaosat

## &gt; Maadoitusvastuksen sekä Maaperän resistiivisyyden mittaamiseen:

|  |            |
|--|------------|
| Y-typin banaaniadapteriseti (5 kpl) .....        | P01102028  |
| Kelakahvasetti (4 kpl).....                      | P01102029  |
| Apuelektrodi (piikki).....                       | P01102031  |
| Kaapelikela, 150 m (punainen).....               | P01295260  |
| Kaapelikela, 100 m (punainen).....               | P01295261  |
| Kaapelikela, 50 m (punainen).....                | P01295262  |
| Kaapelikela, 150 m (sininen) .....               | P01295263  |
| Kaapelikela, 100 m (sininen) .....               | P01295264  |
| Kaapelikela, 50 m (sininen) .....                | P01295265  |
| Kaapelikela, 100 m (vihreä).....                 | P01295266  |
| Kaapelikela, 30 m (musta) .....                  | P01295267  |
| Kaapelikela, 30 m (vihreä).....                  | P01295268  |
| Kaapelikela, 10 m (vihreä).....                  | P01102026  |
| Olkalaukku nro. 8 (CA6421-23) .....              | P01298061A |
| Pehmeä laukku (CA6460-72).....                   | P01298066  |
| Varustelaukku (CA6460-72).....                   | P01298067  |
| Akku (CA6462/70/71/72).....                      | P01296021  |
| Sulakesetti, HBC 0,1 A                           |            |
| 6,35 x 31,5 mm (10 kpl) .....                    | P01297012  |
| Laturi 230 V <sub>AC</sub> (CA6470N/71/72) ..... | P01102035  |
| Autolaturi (CA6470-72).....                      | P01102036  |
| MN82-pihti (CA6471/72) .....                     | P01120452  |
| C182-pihti (CA6471/72) .....                     | P01120333  |
| DataView-ohjelma.....                            | P01102095  |



## Maadoitusvastuksen mittaus pihtimenetelmällä

### CA6416 & CA6417

Helppokäyttöiset silmukkavastuspihtimittarit CA6416 sekä CA6417 nopeaan ja turvalliseen maadoitusvastuksen mittaukseen, riippumatta vuodenajasta. OLED-näyttö mahdollistaa mutkattoman työskentelyn myös auringonvalossa.

#### Ergonomia

- Helppolukuinen OLED-näyttö
- Automaattinen Pre-Hold-toiminto
- Automaattinen kalibrointi
- Helppokäyttöinen pihtimekanismi
- Yhteensopiva GTC- sekä DataView®-ohjelman kanssa
- Saatavana Android-sovellus, mikä mahdollistaa mittaussijainnin tallentamisen

#### Mittaus

- Silmukkavastusmittaus 0,01...1500  $\Omega$
- Maainduktanssin mittaus 10...500  $\mu\text{H}$
- Vuotovirran mittaus 0,2 mA...40 A
- Näyttää samanaikaisesti maadoitusvastuksen, vuotovirran, kosketusjännitteen sekä maavastuksen resistiiviset ja induktiiviset komponentit
- Muistikapasiteetti mahdollistaa 300 (CA6416) ja 2000 (CA6417) mittaustuloksen tallennuksen

#### Käyttöjännite

- Toimii 4 x 1,5 V AA-paristoilla tai 4 x NiMH-akuilla

#### Pihtirakenne:

Virtapihdin varsinainen mittapää on laitteen avainkomponentti, mikä takaa tuotteen korkean suorituskyvyn. Chauvin-Arnoux®-silmukkavirtapihdit koostuvat kahdesta, toisistaan riippumattomasta, magneetti-piireistä erinomaisella kohinavaimennuksella. Laitteen mekaaninen muotoilu sekä kätevä avausmekanismi tekevät pihteistä erittäin helppokäyttöiset, mikä vaikuttaa myös saatujen mittaustulosten tarkkuuteen. Mittapään kosketuspinta on suunniteltu ehkäisemään mittaustuloksia häiritsevien partikkeleiden tarttumista.



CA6417



## CA6416 & CA6417

| Tekniset tiedot                               |  |
|---|--|
| Silmukkavastusmittaus<br>1 500-lukeman näyttö | Mittausalue ( $\Omega$ ) / Tarkkuus ( $\Omega$ ) / Epätarkkuus<br>0,010...0,099 / 0,001 / $\pm 1,5 \% \pm 0,01$ luettu arvo<br>0,10...0,99 / 0,01 / $\pm 1,5 \% \pm 2$ luettu arvo<br>1,0...49,9 / 0,1 / $\pm 1,5 \% \pm$ luettu arvo<br>50,0...99,5 / 0,5 / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo<br>100...199 / 1 / $\pm 3 \% \pm$ luettu arvo<br>200...395 / 5 / $\pm 5 \% \pm$ luettu arvo<br>400...590 / 10 / $\pm 10 \% \pm$ luettu arvo<br>600...1150 / 50 / n. 20 %<br>1200...1500 / 50 / n. 25 % |
| Taajuudet                                     | Mittaustaajuus 2083 Hz /<br>Laskentataajuus 50, 60, 128 tai 2083 Hz  |
| Silmukkaimpedanssin mittaus                   | $\pm (5 \% + 1 \text{ nro})$   |
| Taajuus                                       | Mittausalue ( $\mu\text{H}$ ) / Tarkkuus ( $\mu\text{H}$ ) / Epätarkkuus<br>10...100 / 1 / $\pm 5 \% \pm$ luettu arvo<br>100...500 / 1 / $\pm 3 \% \pm$ luettu arvo  |
| Kosketusjännite                               | Mittausalue (V) / Epätarkkuus (V)<br>0,1...4,9 / 0,1<br>5,0...49,5 / 0,5<br>50,0...75,0 / 1  |
| Virranmittaus<br>4 000-lukeman näyttö         | Mittausalue (A) / Tarkkuus (A) / Epätarkkuus<br>0,200...0,999 mA / 1 $\mu\text{A}$ / $\pm 2 \% \pm 50 \mu\text{A}$<br>1,000...2,990 mA - 3,00...9,99 mA / 10 $\mu\text{A}$ / $\pm 2 \% \pm 50 \mu\text{A}$<br>10,00...29,90 mA - 30,00...99,9 mA / 100 $\mu\text{A}$ / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo<br>100,0...299,0 mA - 0,300...0,990 mA / 1 mA / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo<br>1,000...2,990 A - 3,00...39,99 A / 10 mA / $\pm 2 \% \pm$ luettu arvo  |
| Asetukset                                     |  |
| Käyttäjätilat                                 | Oletus tai Edistynyt   |
| Hälytys                                       | Konfiguroitavissa  |
| Summeritoiminto                               | Aktiivinen   |
| HOLD-toiminto                                 | Manuaalinen tai automaattinen PRE-HOLD   |
| Automaattinen sammutus                        | Aktiivinen / Passiivinen   |
| Tekniset tiedot                               |  |
| Näyttö  | 152-osainen OLED-näyttö, koko: 48 x 39 mm  |
| Kaapelin maksimihalkaisija                    | 35 mm  |
| Tallennus                                     | 300 (CA6416) TAI 200 (CA6417) aika- ja päivämäärämerkittyä mittausarvoa  |
| Kommunikointi                                 | Bluetooth, taso 2 (CA6417)   |
| Käyttöjännite                                 | 4 x 1,5 V LR6 (AA) alkaline-paristoa TAI 4 x NiMH-akkua  |
| Käyttöaika                                    | 1440 mittausta x 30 s  |
| Kalibrointi                                   | Automaattisesti käynnistyksen yhteydessä   |
| Sähköturvallisuus                             | IEC 61010 600 V CAT IV   |
| Suojaluokitus                                 | IP40   |
| Koko  | 55 x 95 x 262 mm   |
| Paino   | n. 935 g paristoiheen  |

### Tilaustiedot

- > **CA6416** ..... Sähkönumero: 6750530  
Mukana kantolaukku, 4 x 1,5 V:n paristoa
- > **CA6417** ..... Sähkönumero: 6750531  
Mukana kantolaukku, 4 x 1,5 V:n paristoa, GTC-ohjelma

### Lisävarusteet

- CA64-kalibrointisilmukka ..... P01122301
- DataView®-ohjelma ..... P01102095
- Bluetooth USB-modeemi ..... P01102112
- Kova kantolaukku ..... P01298080





# SLO

## SLO MYYNTIKONTTORIT

### ETELÄ

|                                   |  |              |
|-----------------------------------|--|--------------|
| <b>Espoo</b> .....                | Olarinluoma 14, 02200 ESPOO .....        | 010 283 2600 |
| <b>Helsinki, Hermannin</b> .....  | Työpajankatu 2, 00580 HELSINKI .....     | 010 283 2550 |
| <b>Helsinki, Kamppi</b> .....     | Hietaniemenkatu 14, 00100 HELSINKI ..... | 010 283 2720 |
| <b>Helsinki, Konala</b> .....     | Konalankuja 1-3, 00390 HELSINKI .....    | 010 283 2500 |
| <b>Lohja</b> .....                | Takasenkatu 56, 08150 LOHJA .....        | 010 283 2750 |
| <b>Porvoo</b> .....               | Yrittäjänkatu 24, 06150 PORVOO .....     | 010 283 2800 |
| <b>Riihimäki</b> .....            | Tehtaankatu 1, 11710 RIIHIMÄKI .....     | 010 283 2850 |
| <b>Tuusula</b> .....              | Hiekkakuopantie 1, 04300 TUUSULA .....   | 010 283 2950 |
| <b>Vantaa, Koivuhaka</b> .....    | Kuriiritie 19, 01510 VANTAA .....        | 010 283 2900 |
| <b>Vantaa, myyntikont.</b> .....  | Ritakuja 2, 01740 VANTAA .....           | 010 283 2300 |
| <b>Vantaa, Tuupakan mk.</b> ..... | Ritakuja 2, 01740 VANTAA .....           | 010 283 2330 |

### LÄNSI

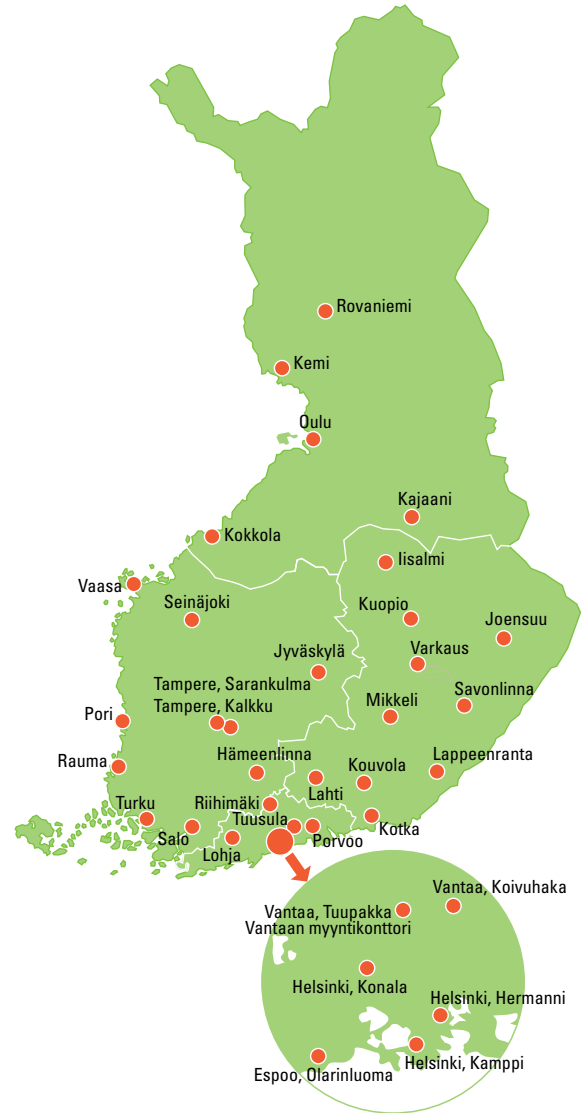
|                                  |  |              |
|----------------------------------|--|--------------|
| <b>Hämeenlinna</b> .....         | Mäkeläntie 1, 13130 HÄMEENLINNA .....  | 010 283 2650 |
| <b>Jyväskylä</b> .....           | Seppäläntie 5, 40320 JYVÄSKYLÄ .....   | 010 283 3600 |
| <b>Pori</b> .....                | Hevoshaankatu 1a, 28600 PORI .....     | 010 283 3240 |
| <b>Rauma</b> .....               | Aittakarinkatu 12, 26100 RAUMA .....   | 010 283 3460 |
| <b>Salo</b> .....                | Myllyojankatu 10, 24100 SALO .....     | 010 283 3440 |
| <b>Seinäjoki</b> .....           | Väinöläkatu 18, 60120 SEINÄJOKI .....  | 010 283 3560 |
| <b>Tampere, Sarankulma</b> ..... | Patamäenkatu 10, 33900 TAMPERE .....   | 010 283 3200 |
| <b>Tampere, Kalkku</b> .....     | Kolmihaarankatu 6, 33330 TAMPERE ..... | 010 283 3222 |
| <b>Turku</b> .....               | Radiomiehenkatu 2, 20320 TURKU .....   | 010 283 3400 |
| <b>Vaasa</b> .....               | Silmukkatie 4, 65100 VAASA .....       | 010 283 3500 |

### ITÄ

|                           |  |              |
|---------------------------|--|--------------|
| <b>Iisalmi</b> .....      | Ratapellonkatu 1, 74120 IISALMI .....      | 010 283 3740 |
| <b>Joensuu</b> .....      | Kuurnankatu 31, 80130 JOENSUU .....        | 010 283 3750 |
| <b>Kotka</b> .....        | Jylpyntie 14, 48230 KOTKA .....            | 010 283 3840 |
| <b>Kouvola</b> .....      | Sepänkatu 4, 45130 KOUVOLA .....           | 010 283 3800 |
| <b>Kuopio</b> .....       | Ajajantie 2, 70780 KUOPIO .....            | 010 283 3700 |
| <b>Lahti</b> .....        | Jussilankatu 5, 15680 LAHTI .....          | 010 283 2700 |
| <b>Lappeenranta</b> ..... | Myllymäenkatu 15, 53100 LAPPEENRANTA ..... | 010 283 3860 |
| <b>Mikkeli</b> .....      | Teollisuuskatu 12, 50130 MIKKELI .....     | 010 283 3880 |
| <b>Savonlinna</b> .....   | Ilokallionkatu 6, 57200 SAVONLINNA .....   | 010 283 3770 |
| <b>Varkaus</b> .....      | Käsityökatu 45, 78210 VARKAUS .....        | 010 283 3790 |

### POHJOINEN

|                        |                                      |              |
|------------------------|--------------------------------------|--------------|
| <b>Kajaani</b> .....   | Jarrukuja 2, 87100 KAJAANI .....     | 010 283 3980 |
| <b>Kemi</b> .....      | Mekaanikonkatu 4, 94600 KEMI .....   | 010 283 3940 |
| <b>Kokkola</b> .....   | Tervahovintie 2, 67100 KOKKOLA ..... | 010 283 3540 |
| <b>Oulu</b> .....      | Kallisensuora 5, 90400 OULU .....    | 010 283 3900 |
| <b>Rovaniemi</b> ..... | Aittatie 1, 96100 ROVANIEMI .....    | 010 283 3960 |



Koivuhaan, Lohjan ja Tuusulan myymälät palvelevat klo 6.30-16.00 ja Tuupakan myymälä 6.30-17.00. Muut myymälät palvelevat ma-pe klo 7.00-16.00

#### SLO VERKKOKAUPPA

Verkkokauppa palvelee 24/7 sähkö- ja teletarvikkeiden tilauksissa: [www.slo.fi](http://www.slo.fi)

#### VALTAKUNNALLINEN ASIAKASPALVELU

Ma-pe klo 7.00-17.00, pikatilaukset klo 16.00-17.00. Puh. 010 283 2222, faksi 010 283 2044, [asiakaspalvelu@slo.fi](mailto:asiakaspalvelu@slo.fi)

#### HÄTÄPALVELU

ma-pe klo 17.00-7.00, la-su 24h. Puh. 010 283 3333

## Lataa SLO App

Koko sähkötarvikevalikoima ja alan paras tuotehaku mobiilissa.



- Monipuolinen tuotehaku
- Saatavuus- ja hintatiedot
- Viivakoodilukija • Kampanjat

