

Työraportti POSIVA-97-01

# **Eromittaus virtausmittarilla, menetelmä- ja laitekuvaus**

**Pekka Rouhiainen**

PRG-Tec Oy

**Helmikuu 1997**



Työraportti POSIVA-97-01

# Eromittaus virtausmittarilla, menetelmä- ja laitekuvaus

**Pekka Rouhiainen**

PRG-Tec Oy

**Helmikuu 1997**

**POSIVA OY**

Annankatu 42 D, 00100 HELSINKI

Puhelin (90) 228 030

Fax (90) 2280 3719

Tämä työraportti on valmistunut TVO:n toimeksiannosta vuonna 1994, mutta tuolloin laitteen keskeneräisten patentointiasioiden vuoksi raportin julkaisemista lykättiin ja se julkaistaan nyt Posivan toimesta uudella raporttinumeroilla.

EROMITTAUS VIRTAUSMITTARILLA, MENETELMÄ- JA LAITEKUVAUS

*Pekka Rouhiainen*

Pekka Rouhiainen

PRG-Tec Oy

Marraskuu 1994

## **DIFFERENTIAL FLOW MEASUREMENT, DESCRIPTION OF THE METHOD AND INSTRUMENT**

### **ABSTRACT**

The TVO-Flowmeter is designed to measure small groundwater flows in the bedrock, both across and along a borehole. With a new type of flow guide, flow into the hole or out from the hole at a chosen depth interval can be measured directly. The measurements can be performed with or without pumping water from the hole. Hydraulic conductivities and hydraulic heads of fractures or fractured zones can be solved from the results.

The principles of the method, the tool and the computer programs are presented or described in this report.

## **EROMITTAUS VIRTAUSMITTARILLA, MENETELMÄ- JA LAITEKUVAUS**

### **TIIVISTELMÄ**

TVO-virtausmittari on kehitetty mittaamaan pieniä kalliopohjaveden virtauksia reiän poikki ja reiän suunnassa. Uudentyyppisellä virtausohjaimella menetelmällä voidaan mitata suoraan veden virtaus kalliosta reikään tai reiästä kallioon halutussa mittaussyvytydessä. Tuloksista voidaan tulkita rakojen tai rakovyöhykkeiden painekorkeus ja vedenjohtavuus. Menetelmän etuna on nopeus ja hyvä syvyysresoluutio. Vedenjohtavuuden mittausalue on  $10^{-10}$  -  $10^{-5}$  m/s. Mittauksella voidaan korvata kairanreikien mittauksissa aikaisemmin käytetyt fluid logging-mittaukset.

# EROMITTAUS VIRTAUSMITTARILLA, MENETELMÄ- JA LAITEKUVAUS

## Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
2	Eromittausmenetelmä.....	2
3	Virtausohjaimet.....	5
4	Pumppu.....	6
5	Virtauksen mittaaminen.....	7
6	Ohjelmisto.....	8

## LIITELUETTELO

- LIITE 1 Eromittauksen virtausohjain, yläosa
- LIITE 2 Eromittauksen virtausohjain, alaosa
- LIITE 3 Eromittauksen virtausohjain, virtaussovitin
- LIITE 4 Eromittauksen virtausohjain, osaluettelo
- LIITE 5 Eromittauksen virtausohjain, kumikiekkojen valumuotti 56 mm
- LIITE 6 Eromittauksen virtausohjain, kumikiekkojen valumuotti 76 mm
- LIITE 7 Eromittauksessa käytetty pumppu
- LIITE 8 Pumpun ohjauskytkentä

## 1 JOHDANTO

Eromittaus tehdään TVO:n virtausmittarilla siihen kiinnitetyn lisälaitteen avulla. Eromittaus on lähellä reiän suuntaisen virtauksen mittausta. Menetelmällä mitataan kuitenkin suoraan reiästä poistuva tai reikään tuleva virtaus testivälillä. Koska menetelmällä mitataan suoraan pystyvirtauksen eroja, sitä nimitetään eromittaukseksi. Tulkinassa pystyvirtauksen (oikeammin reiän suuntaisen virtauksen) erot ovat tärkeämpiä kuin itse pystyvirtaus. Eromittauksella nämä virtauslisäykset tai -vähenykset voidaan määrittää tarkemmin kuin summautuvalla reiän suuntaisen virtauksen mittauksella.

Eräs lähtökohta eromittauksen kehittämiseksi oli tarve nopeuttaa vedenjohtavuuden ja painekorkeuden määrittystä. Poikkivirtausmittaus on paineen asettumisen vuoksi niin hidasta, että sitä ei käytännössä voida toteuttaa koko reiässä. Tämän vuoksi mahdolliset virtauspaikat on löydettävä muilla, nopeammilla menetelmillä. Mahdollisia virtauspaikkoja ovat kohdat, joissa kallion vedenjohtavuus on anomalinen.

Myös reiän suuntaisen virtauksen tarkka mittaus on hidasta. Tulpan pullistamiseen ja supistamiseen kuluu yhteensä lähes tunti. Vielä pitempi aika kuluu paineen asettumiseen. Painemuutoksen aiheuttaa vesipinnan nousu tai lasku reiässä, mikä on seurausta kaapelin laskusta tai nostosta.

Poikkivirtauksen mittausväli on 2 metriä. Mittausvälin kohdistaminen esimerkiksi 1000 m syvässä reiässä edellyttää hyvää syvyystarkkuutta. Koska eromittaus tehdään samalla kaapelilla kuin varsinainen virtausmittauskin, voidaan eromittauksella paikallistettu kohta löytää tarkasti varsinaisessa virtausmittauksessa.

Kehitetyllä eromittauksella voidaan virtauksia mitata tarkemmin ja yli kymmenen kertaa nopeammin kuin pystyvirtausmittauksella. Tuloksista voidaan laskea kallion vedenjohtavuus ja painekorkeustaso vyöhykkeissä.

Tässä raportissa kuvataan menetelmän periaate ja tarvittavat lisäosat (virtausohjain, pumppu) virtausmittariin sekä ohjelmistot.



## 2 EROMITTAUSMENETELMÄ

Eromittausmenetelmällä voidaan suhteellisen nopeasti mitata reiässä vyöhykkeiden vedenjohtavuus ja painekorkeus. Menetelmässä käytetään virtausmittarin pystyvirtausanturia ja uudentyyppistä virtausohjainta.

Aikaisemmista mittauksista saatujen kokemusten mukaan pystyvirtausmittaus on herkkä vesipinnan muutoksille reiässä (Rouhiainen P., Virtausmittaus Sievin Syyryssä KR 6:ssä, TVO/Paikkatutkimukset, Työraportti 92-44). Kaapelin nosto esimerkiksi 10 metrillä merkitsee n. 1.5 litran pumppaamista reiästä, mikä puolestaan voi vastata virtausnopeutta 200 - 600 ml/h. Tämä on huomattavan paljon laitteen toiminta-alueeseen nähden. Virtauksen asettuminen voi kestää 2 - 4 tuntia. Tämän vuoksi mittaus on ollut hidasta ja pisteväli vastaavasti harva.

Aikaisemmassa pystyvirtausmittauksessa virtauksen muutoksista voidaan havaita paikat, joissa vettä virtaa reikään tai reiästä pois. Pystyvirtauksen muutoksista voidaan myös laskea virtausmäärät reikään tai reiästä pois. Näitä virtausmääriä voidaan käyttää hyväksi, kun vyöhykkeiden ja rakojen ominaisuuksia tulkitaan.

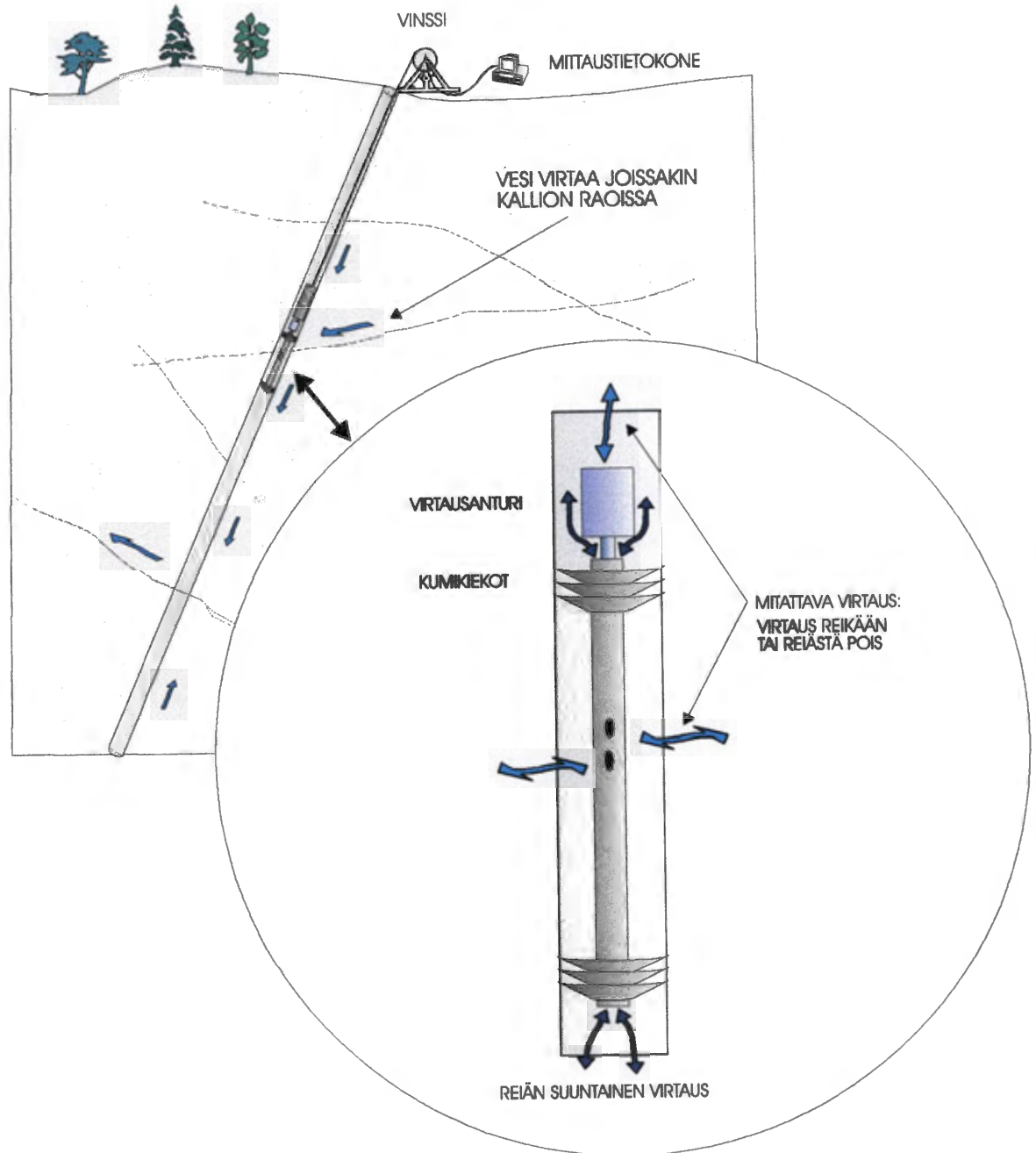
Itse pystyvirtausta ei tulkinnassa voi käyttää. Pystyvirtauksen mittaus on sikäli ongelmallista, että se on summautuva ja pystyvirtaus voi siten olla paikoitellen suuri. Se voi siten peittää alleen vähän vettäjohtavat vyöhykkeet.

Oleellinen parannus mittausherkkyyteen on saatu mittaamalla virtaus reikään tai reiästä pois suoraan. Eromittauksessa käytettävän virtausohjaimen periaate on esitetty kuvassa 1. Reiän suuntainen virtaus on ohjattu virtausanturin ohi. Mittausvälistä tuleva tai siihen menevä virtaus ohjataan virtausanturiin. Koska menetelmällä mitataan suoraan pystyvirtauksen eroja, sitä nimitetään eromittaukseksi.

Eromittausmenetelmässä vesipinta pidetään vakiona pumppauksen avulla, mikä pienentää oleellisesti virtauksen asettumisaikaa. Menetelmässä pullistettavien tulppien sijasta käytetään kumikiekkoja ohjaamaan virtaus mittaanturiin. Kumikiekkojen käyttö nopeuttaa ratkaisevasti mittauksia pullistettaviin tulppiin verrattuna. Niiden kiinnijuuttumis- ja rikkoutumisriski on todennäköisesti pienempi kuin tulppien.

Kun vesipinta pidetään reiässä vakiona, on reiän virtauspotentiaali (paine korkeus) vakio, koska laitteen ja reiän virtausvastus on hyvin pieni vyöhykkeiden virtausvastuksiin nähden. Tuntemattomia ovat painekorkeus tutkittavassa vyöhykkeessä ( $h_0$ ) ja vyöhykkeen vedenjohtavuus. Mitattavia (tunnettuja) ovat reiän painekorkeus ( $h_1, h_2$ ) ja virtaus vyöhykkeestä reikään ( $Q_{n1}, Q_{n2}$ ). Tuntemattomia on

kaksi, joten virtaus pitää mitata kahdella reiän painekorkeudella. Reiän painekorkeus määräytyy pumppausvyydestä reiässä.



Kuva 1. Eromittauksessa käytettävän virtausohjaimen periaate

Jos oletetaan, että pumppaus on ollut päällä niin kauan, että merkittäviä paineen muutoksia ei enää tapahdu kalliassa, saadaan

$$Q_{n1} = K_n \cdot a \cdot (h_0 - h_1) \quad (1)$$

$$Q_{n2} = K_n \cdot a \cdot (h_0 - h_2), \quad (2)$$

missä

$Q_{n1}$  ja  $Q_{n2}$  ovat mitatut virtaukset,

$K_n$  on vedenjohtavuus,

$a$  on geometriasta riippuva vakio,

$h_1$  ja  $h_2$  ovat reiän painekorkeudet ja

$h_0$  on vyöhykkeen painekorkeus kaukana reiästä

Vakiolle  $a$  käytetään sylinterimäisen virtauksen yhtälöstä saatua arvoa. Sylinterimäinen virtaus pätee tässä paremmin kuin Moyen kaava. Moyen kaava olettaa virtauksen kaartuvan tulppien yli. Eromittauksessa tällaista kaartumista ei ole (lukuunottamatta reiän päätyjä), koska reikä on vakio potentiaalissa.

$$a = 2 \cdot \pi \cdot L / \ln(R/r_0), \quad (3)$$

missä

$L$  on mittausväli,

$R$  on etäisyys vakio potentiaaliin  $h_0$  ja

$r_0$  on reiän säde

Etäisyys vakio potentiaaliin ei ole tiedossa. Suhteelle  $R/r_0$  on tässä arvioitu suuruus 500 ( $R = 14$  m). Vakio  $a$  ei ole kovin herkkä suhteen  $R/r_0$  muutoksille, koska suhteesta otetaan logaritmi.

Jos mittaus tehdään kahdella pumppausvyöhykellä, voidaan tuloksista ratkaista vyöhykkeen potentiaali kaukana reiästä sekä vyöhykkeen vedenjohtavuus:

$$h_0 = (h_1 - b \cdot h_2) / (1 - b), \quad (4)$$

missä

$$b = Q_{n1} / Q_{n2}$$

$$K = (1/a) \cdot (Q_{n1} - Q_{n2}) / (h_2 - h_1) \quad (5)$$

### 3 VIRTAUSOHJAIMET

Virtausohjaimella ohjataan tutkittavalla syvyysvälillä mahdollisesti reikään virtaava tai reiästä poistuva virtaus pystyvirtausanturiin. Ohjaimen toinen tehtävä on oikosulkea reiän suuntainen virtaus ohi mittausvälin ja pystyvirtausanturin.

Virtausohjain on suunniteltu siten, että sen virtausvastus on mahdollisimman pieni sekä reiän suuntaiselle virtaukselle että mittausväliltä tulevalle virtaukselle. Mittausvälin pituus on muunneltavissa tarpeen mukaan eropituisten väliputkien avulla. Virtausohjaimen piirustukset ovat liitteissä 1 - 4.

Kumikiekkojen koko, muoto ja kovuus on valittu kokeellisesti. Koko on valittu riittävän isoksi, jotta kumikiekko koskettaisi joka puolelta reiän seinää silloinkin, kun ohjain nojaa toispuoleisesti kaltevassa reiässä. Kumikiekko ei voi olla liian iso, koska silloin sen reuna poimuttuu.

Kumikiekon reunat on taivutettu siten, että laite laskeutuu pienellä kitkalla reikää pitkin alas. Kun laitetta nostetaan, kiekot "muljahtavat" toiseen asentoon. Silloin kumin oma jännitys puristaa kumia reiän seinää vasten ja parantaa siten tiivyyttä. Kumikiekkojen valumuottien piirustukset ja kumikiekon materiaaliominaisuudet on esitetty liitteissä 5 ja 6.

Kumikiekat eivät voi pitää suurta painetta. Eromittauksessa mittausvälin painekorkeus on sama kuin muunkin reiän, joten tarvetta paineenkestolle ei ole. Tiiviyden varmistamiseksi käytetään kuitenkin kolmea kumikiekkoa mittausvälin molemmissa päissä.

Kumikiekkoja on valmistettu sopiviksi 56 mm:n ja 76 mm:n reikiin. 76 mm:n rei'issä käytetään lisäksi erillisiä keskittäjiä varmistamaan, että virtausohjain on mahdollisimman keskellä reikää.

## 4 PUMPPU

Laitteistoon kuuluu pumppu, jolla vesipinta reiässä pidetään vakiokorkeudella. Tämä on toteutettu 6 m pitkän putken, ns. nieluputken avulla. Putki on alapäästä tulpattu ja yläpäästä avoin. Itse pumppaus tapahtuu tämän putken sisältä. Reiässä oleva vesi valuu nieluputkeen. Vesipinta vaihtelee putken sisällä, mutta on vakiokorkeudella (putken yläpään taso) reiässä.

Laitteistoon kuuluu myös letkupumppu, jolla pumpataan vettä reikään kaapelin noston aikana. Tällä estetään nostosta mahdollisesti aiheutuva vesipinnan lasku. Mahdollinen ylimääräinen vesi menee nieluputkeen ja pumpataan pois.

Jos reiän transmissiviteetti ei ole kovin suuri, voidaan vesipintaa reiässä myös nostaa. Letkupumpun pumppausmäärä on säädettävä niin suureksi, että se kattaa myös kaapelin noston aiheuttaman vesipinnan laskun.

Pumpun mittapiirustus on esitetty liitteissä 7. Käyttövoimana on kompressorilla tehty paineilma, jota kytketään ajastimen ja magneettiventtiilien avulla. Käyttöpaineen kytkentäkaavio on esitetty liitteessä 8. Pumpun mitoitus on valittu siten, että pumppaus ja mittaus voidaan tehdä samanaikaisesti 56 mm:n reiässä.

Letkupumpun ohjaus ja kaapelin nosto on toteutettu mittaustietokoneen ohjauksella. Kaapelin nostoa seurataan mittapyörällä. Mittauspyörään kytketty pulssianturi lähettää pulsseja tietokoneelle. Tietokoneella lasketaan pulssit, ja kun nostoa on ollut mittaussvälin verran, vinssi pysäytetään.

Rei'issä, joiden yläosa on suurempi kuin 100 mm, voidaan käyttää pienikokoista uppopumppua (esim. Grundfos MP1). Uppopumppua käytetään myös nieluputken (suuremman) sisällä.

Pohjavesipinta-anturi on kiinnitetty nieluputkeen, joten paineanturin syvyyslukemasta näkyy, jos pohjavesipinta on muulla tasolla kuin nieluputken yläpää. Painemittausta käytetään siten pumppauksen kontrollimitoituksena.

## 5 VIRTAUKSEN MITTAAMINEN

Kullakin mittaussyvyydellä mitataan virtaus pulssimenetelmällä ja jäähtymismenetelmällä. Ennen virtausmittauksia mitataan ilmanpaine ja vesipinnan taso reiässä sekä tarkistetaan, että lämpökäynti on riittävän pieni. Lämpökäyntiä voi esiintyä, koska mittauksessa käytetään erittäin pieniä lämpötilan muutoksia ja veden lämpötila yleensä kasvaa syvemmälle mentäessä.

Virtausmittaus aloitetaan pulssimenetelmällä. Pulssimenetelmällä voidaan mitata paitsi virtauksen suuruus, myös sen suunta. Suunta voi olla kalliosta reikään tai reiästä kallioon. Pulssimenetelmässä vettä lämmitetään hetkellisesti lämmitystermistorilla ja seurataan lämpöpulssin siirtymistä liikkuvan veden mukana. Pulssimenetelmän mittausalue on 6 ml/h - 3000 ml/h. Ylärajan yläpuolella mittaustuloksen hajonta kasvaa ja virtauksen määrittämiseen käytetään jäähtymismenetelmää.

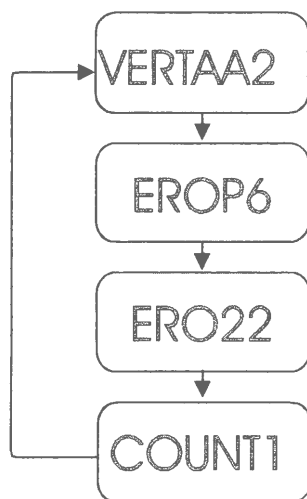
Jäähtymismenetelmä lämmitystermistorin jäähtymiseen lämmityksen jälkeen. Jäähtyminen on sitä nopeampaa mitä suurempi virtaus on. Menetelmä on kalibroitu vertaamalla tuloksia pulssimenetelmän tuloksiin ja ekstrapoloimalla kalibrointi pulssimenetelmän mittausalueen yläpuolelle. Jäähtymismenetelmä on siten toistaiseksi osittain kvalitatiivinen.

## 6 OHJELMISTO

Varsinaiset mittausohjelmat ovat mittaustietokoneella, joka lähettää kontrollikäskyjä virtausmittarin prosessorille ja vastaanottaa prosessorilta mittaustuloksia. Mittaustuloksille tehdään tarpeelliset muunnokset, ne esitetään näyttöruudulla ja tallennetaan tiedostoihin. Mittaustietokone lukee lisäksi painetiedot (ilmanpaine ja pohjavesipinta), ohjaa letkupumppua, lukee kaapelinlaskurin pulssit sekä käynnistää vinssin ja pysäyttää vinssin kaapelin laskurin pulssien perusteella.

Virtausmittarin prosessorin ohjelmamuistiin on tallennettu prosessorin mittausohjelmat. Näillä ohjelmilla hoidetaan mittauksen ajoitukset, valitaan mittauskanavat, ohjataan analogia/digitaalimuunnosta sekä lähetetään mittaustulokset maan pinnalle.

Koko mittausohjelma koostuu useasta osasta. Erilliset mittausohjelmat ajetaan DOS-käyttöjärjestelmässä peräkkäin ns. batch-tiedostona (ajovirtana), kuva 2.



Kuva 2. Eromittauksen ohjelmat

Ajovirran osat ovat:

- VERTAA2 tutkii lämpökäyntiä sekä mittaa vesipinnan reiässä ja ilmanpaineen
- EROP6 on virtausmittaus pulssimenetelmällä
- ERO22 on virtausmittaus jäähtymismenetelmällä
- COUNT1 on vinssin ohjausohjelma

VERTAA2:n päätoiminnot ovat:

- lukee mittausalueen, reiän numeron ja pumppausvyöden tiedostosta REIKA.DAT
- lukee mittaussyöden ja mittausvälin tiedostosta ALKUSYV.DAT
- lukee mittauspisteen tiedostonumeron (juokseva luku xxxx) tiedostosta ERONUM.DAT
- paineen mittaus (pohjavesipinta reiässä), mittaus pysäytetään, jos vesipinta on poikkeava
- tallentaa otsikkotiedot (päivämäärä, alue, reikä, mittausväli, syvyys) sekä paineen mittaustiedot tiedostoon VERTAA2.DAT
- käynnistää ROM1-ohjelman virtausmittarin anturissa
- lukee anturin lämpötilaa ja analysoi lämpökäyntiä
- piirtää lämpötilakäyrät ruudulle
- jos käynti on riittävän pientä, käynnistää seuraavan ohjelman

EROP6:n päätoiminnot ovat:

- lukee mittausalueen, reiän numeron ja pumppausvyöden tiedostosta REIKA.DAT
- lukee mittaussyöden ja pistevälin tiedostosta ALKUSYV.DAT
- lukee mittauspisteen tiedostonumeron (juokseva luku xxxx) tiedostosta ERONUM.DAT
- lisää ykkösen juoksevaan lukuun tiedostossa ERONUM.DAT
- tallentaa otsikkotiedot (päivämäärä, alue, reikä, pisteväli, syvyys) tiedostoon E000xxxx.DAT
- käynnistää virtausmittarissa virtausmittauksen pulssimenetelmällä (ROM3 ohjelma)
- näyttää ruudulla mittaustulokset
- tallentaa mittausdatan tiedostoon E000xxxx.DAT

ERO22:n päätoiminnot ovat:

- lukee mittausalueen, reiän numeron ja pumppausvyöden tiedostosta REIKA.DAT
- lukee mittaussyöden ja pistevälin tiedostosta ALKUSYV.DAT
- käynnistää virtausmittarissa virtausmittauksen jäähtymismenetelmällä (ROM6 - ohjelma)
- tallentaa mittausdatan tiedostoon VERTAA2.DAT



COUNT1:n päätoiminnot ovat:

- lukee mittaussyvyyden ja pistevälin tiedostosta ALKUSYV.DAT
- näyttää toiminnot ruudulla
- käynnistää vinssin
- lukee kaapelinlaskuria ja pysäyttää vinsiin, kun pisteväli on nostettu
- tallentaa uuden mittaussyvyyden tiedostoon ALKUSYV.DAT

Tulosten tulkintaan tarvitaan ohjelmia EROPTU21.BAS (pulssimenetelmän tulkinta), LUE1.BAS ja LUE2.BAS.

EROPTU21.BAS:n päätoiminnot ovat:

- lukee tiedostoja E000xxxx.DAT
- poistaa lämpökäynnin tarvittaessa
- poistaa yhteismuotoisen kohinan
- määrittää lämpöpulssin maksimin ajan sekä amplitudin
- laskee korjatun syvyyden (kaapelin venymä sekä suojaputken pituus otetaan huomioon)
- tallentaa tulokset (tiedostonumero, päiväys, syvyys, korjattu syvyys, syvyysväli, pumppauskorkeus, aika, amplitudi) reikäkohtaiseen tiedostoon XXXXXXXX1.DAT

LUE1.BAS:n päätoiminnot ovat:

- lukee tiedostoa XXXXXXXX1.DAT
- hakee vastinparit mittauksille (sama syvyys, sama mittausväli, eri pumppauskorkeus)
- määrittää kalibroinnin perusteella virtausnopeudet
- tallentaa tulokset vastinpareista samalle riville (syvyys, korjattu syvyys, syvyysväli, tiedostonumerot, pumppauskorkeudet, virtausnopeudet) tiedostoon XXXXXXXX2.DAT

LUE2.BAS:n päätoiminnot ovat:

- lukee tiedostoa XXXXXXXX2.DAT
- laskee vastinpareista painekorkeudet ja vedenjohtavuudet
- tallentaa painekorkeudet ja vedenjohtavuudet (syvyys, korjattu syvyys, syvyysväli, painekorkeus, vedenjohtavuus) tiedostoon XXXXXXXX3.DAT

Tulosten esittämiseen käytetään lisäksi Grapher for Windows -ohjelmistoa. Tämän avulla on tehty kuvat virtauksille (tiedostot XXXXXXX2.DAT) sekä painekorkeudelle ja vedenjohtavuudelle (tiedostot XXXXXXX3.DAT).

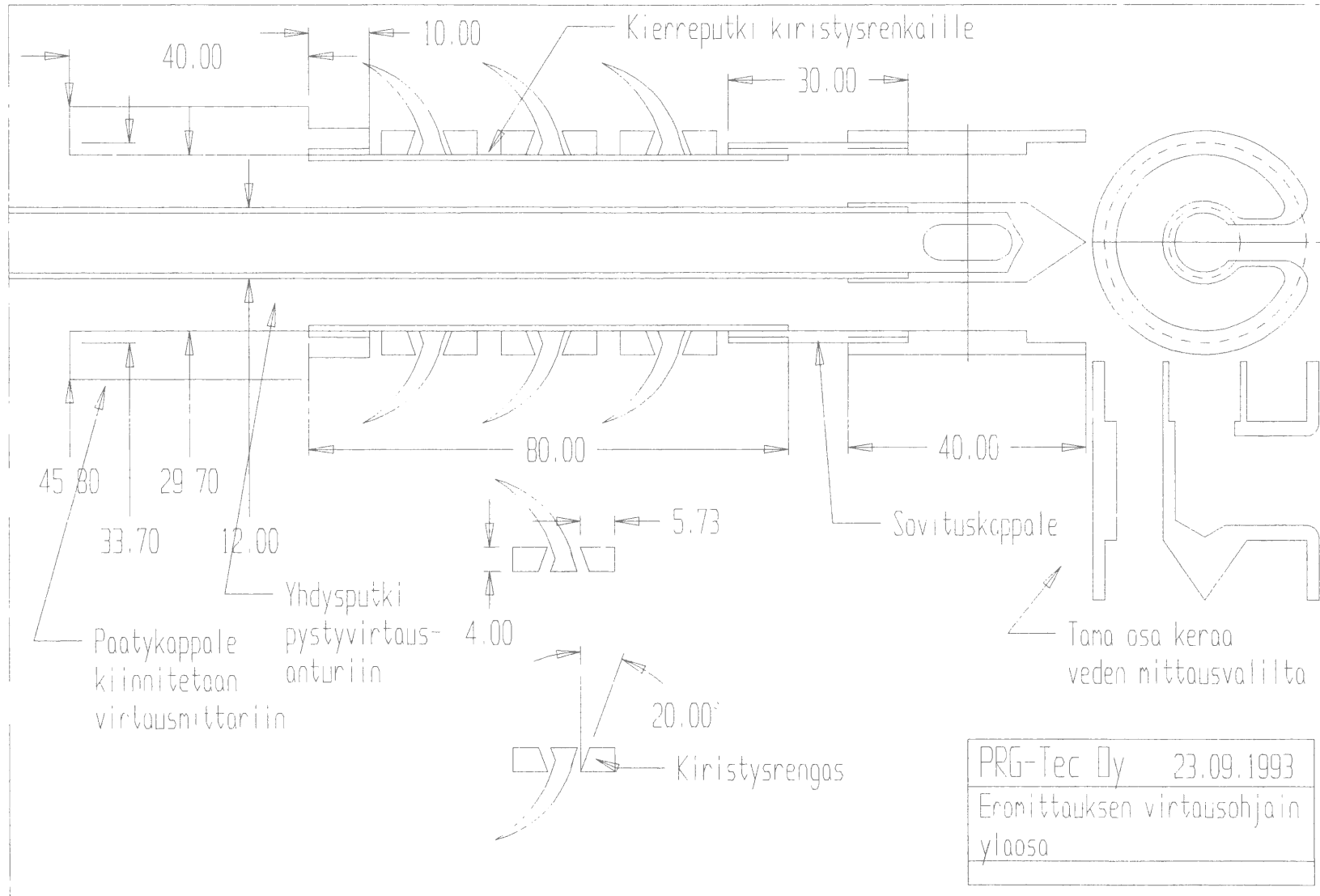
Yhden syvyysvälin mittaamiseen kuluu nostoineen aikaa 6-14 minuuttia. Tämä koostuu seuraavista osista:

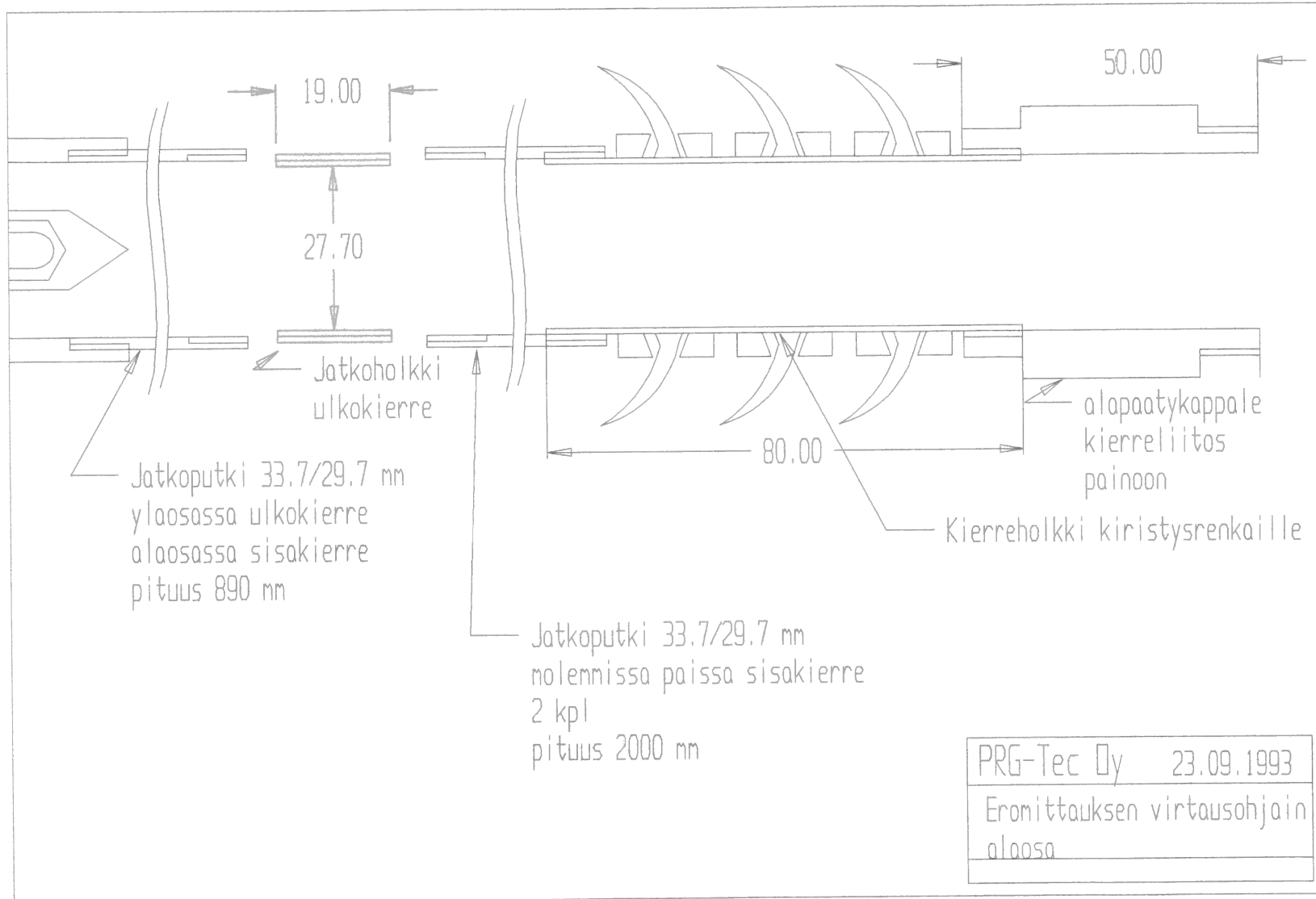
Tapahtuma	Minimikesto (min)	Maksimikesto (min)
alkuodotus	2	5
pulssimenetelmä	2	5
jäähtymismenetelmä	1	1
nosto	1	3
Yhteensä	6	14

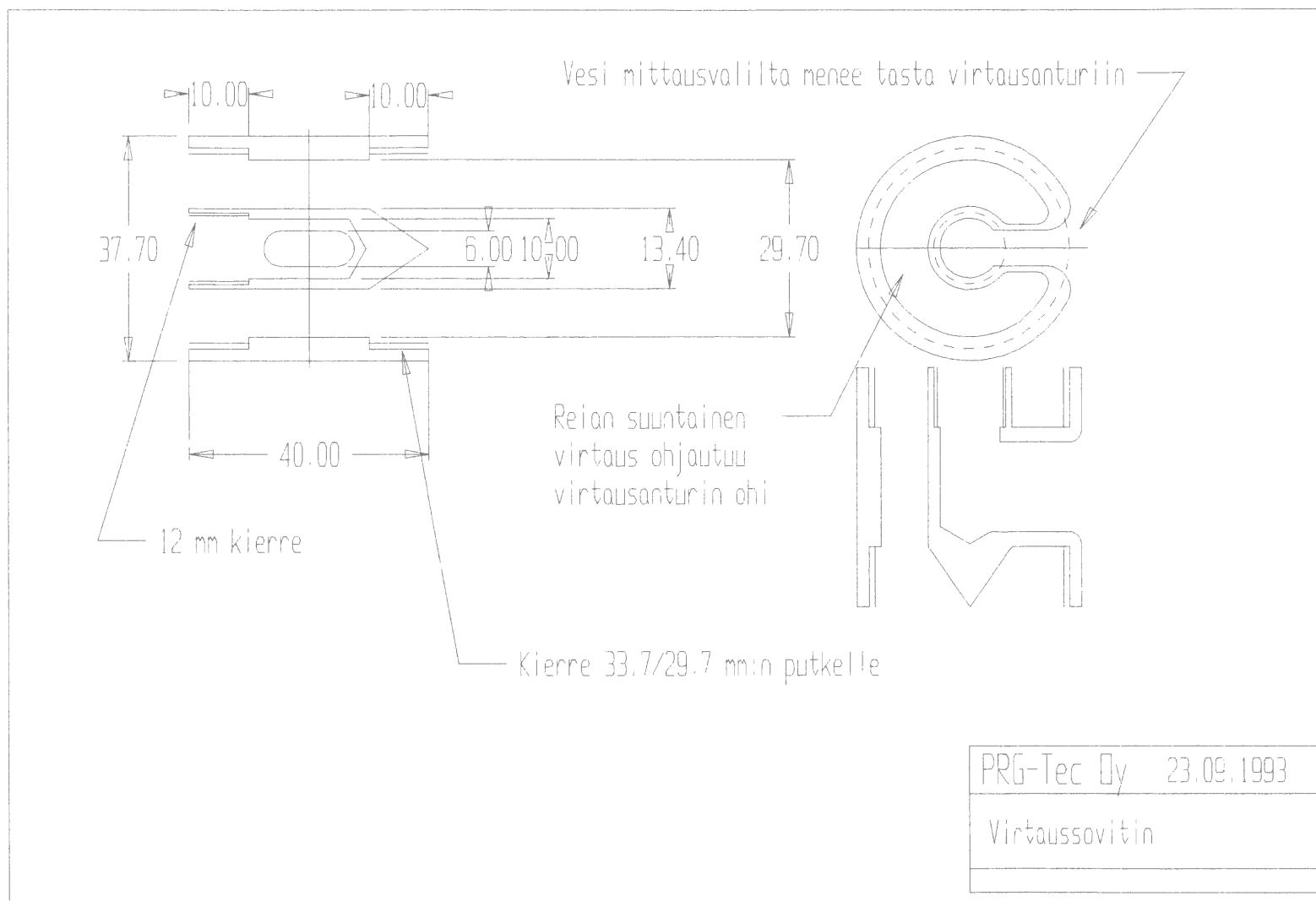
Keskimääräinen mittausaika on alustavien koemittausten mukaan 12 minuuttia.

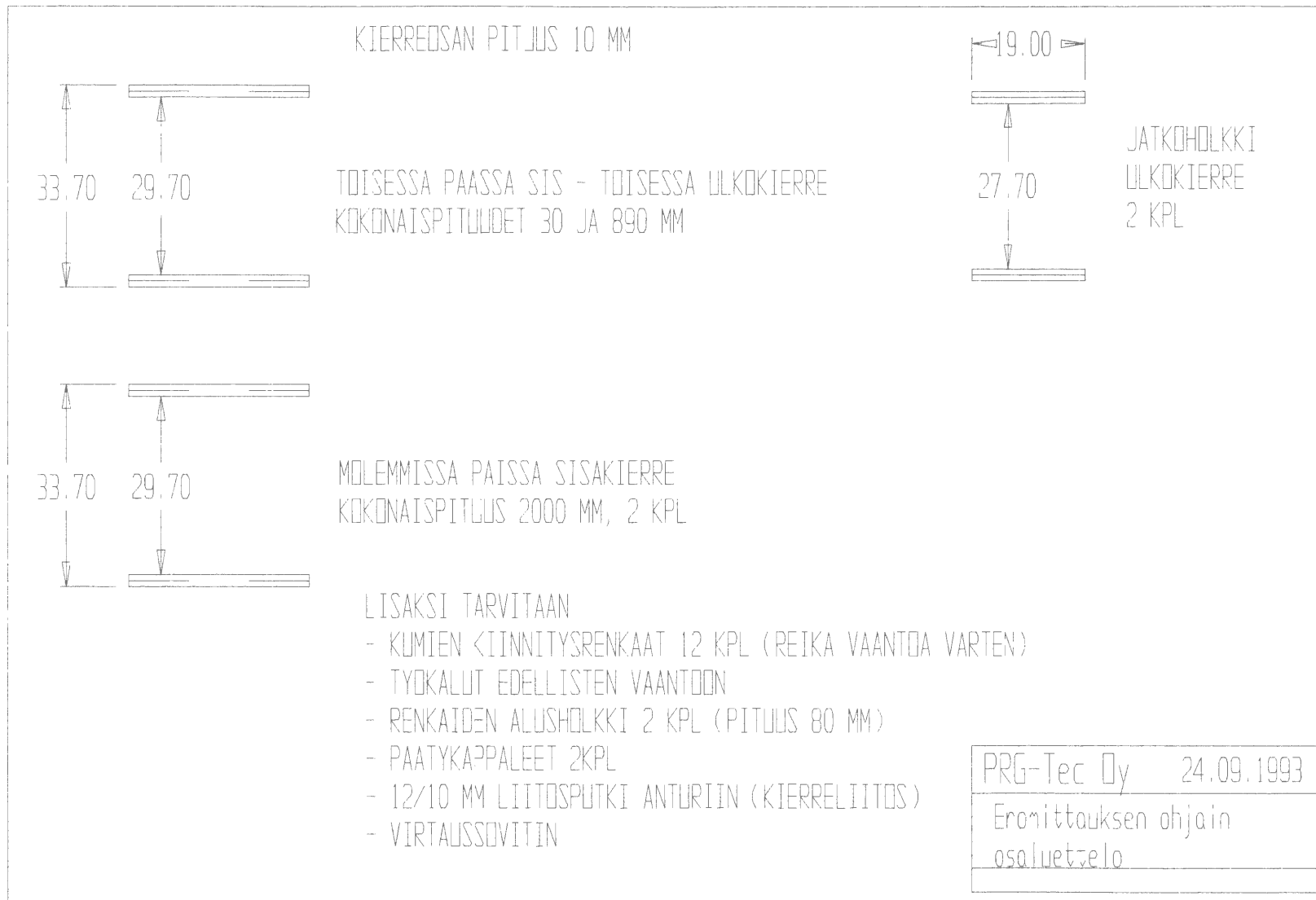
## LIITELUETTELO

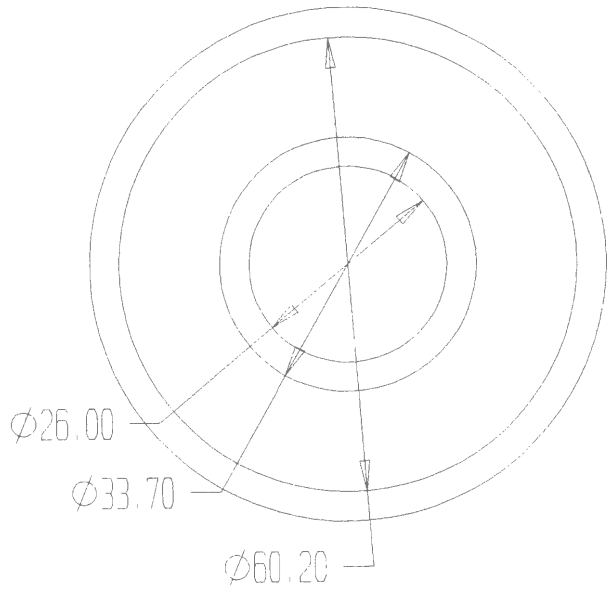
- LIITE 1 Eromittauksen virtausohjain, yläosa
- LIITE 2 Eromittauksen virtausohjain, alaosa
- LIITE 3 Eromittauksen virtausohjain, virtaussovitin
- LIITE 4 Eromittauksen virtausohjain, osaluettelo
- LIITE 5 Eromittauksen virtausohjain, kumikiekkujen valumuotti 56 mm
- LIITE 6 Eromittauksen virtausohjain, kumikiekkujen valumuotti 76 mm
- LIITE 7 Eromittauksessa käytetty pumppu
- LIITE 8 Pumpun ohjauskytkentä



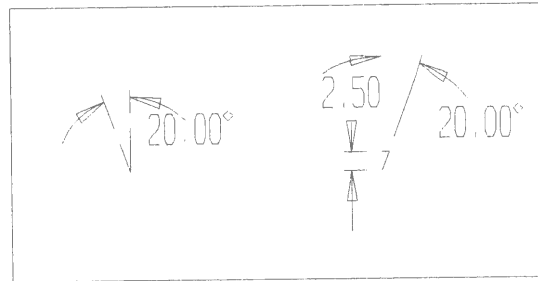
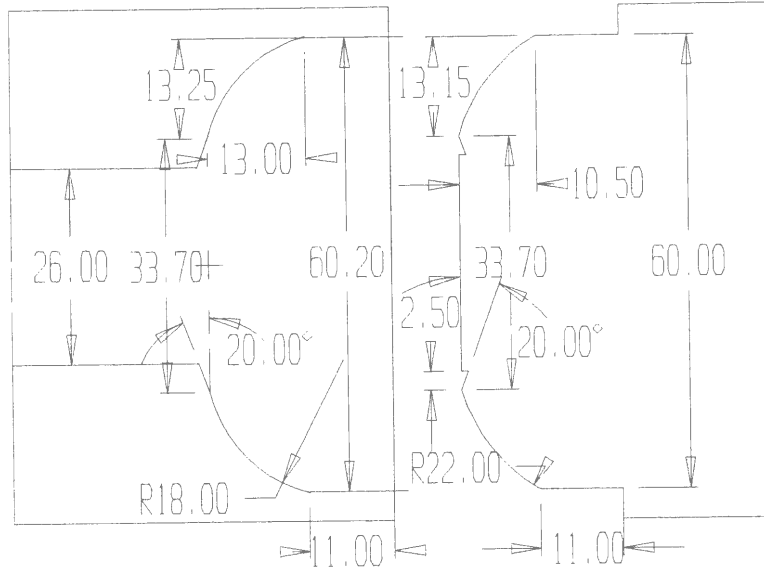
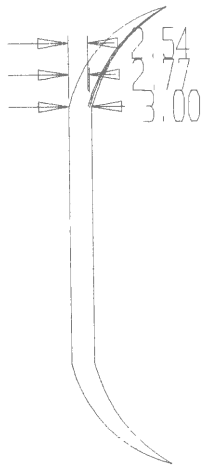








Valuhartsii:  
 Devcon 80 L  
 Devcon F ex Add  
 suhteessa 1:1,  
 jolloin kovuus  
 on n. 40 shore



PRG-Tec Oy 24.09.1993  
 Eronittauksen virtausohjain  
 kumikiikkojen valumuotti

