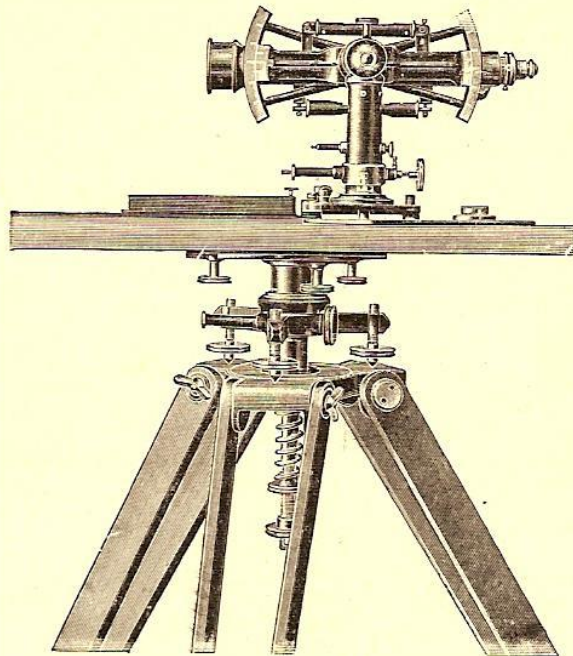
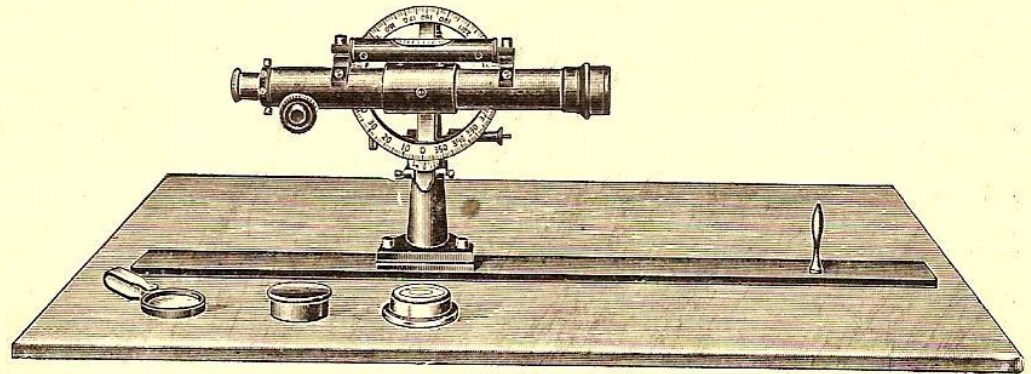


Topografisia koneita



N:o 604



N:o 606

TAKYMETRIMITTAUKSET

Pasi Laurila

7.10.2018

Kulman- ja etäisyydenmittauskojeet

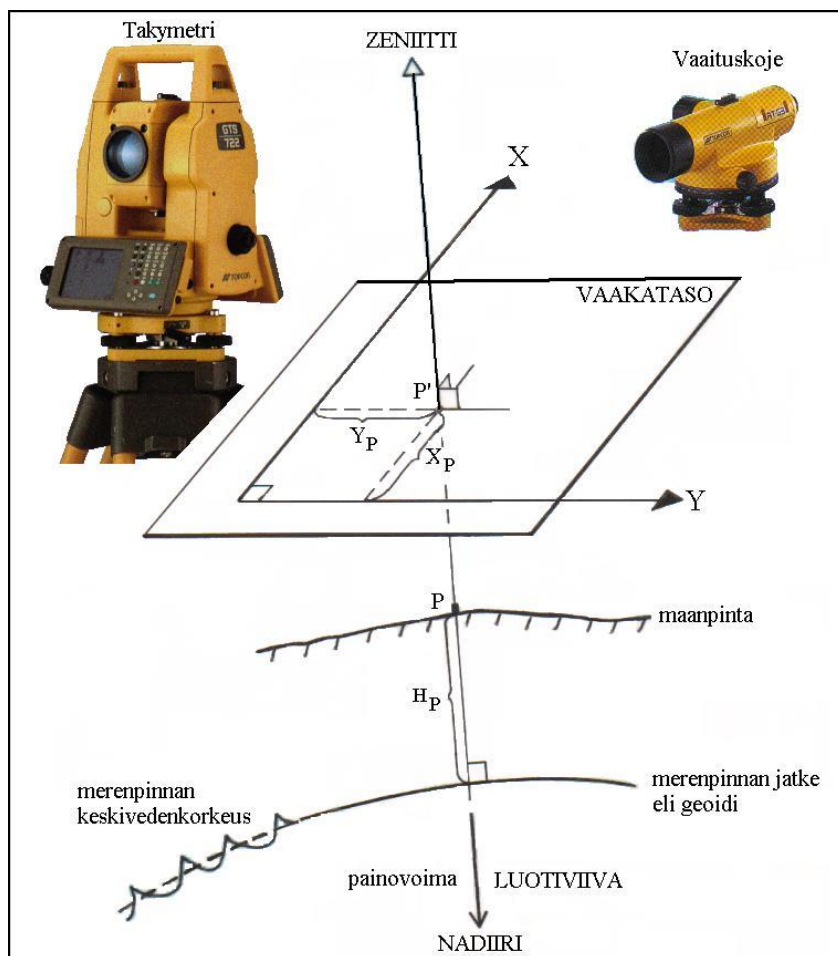
teodoliitti, takymetri, manuaalitakymetri, robottitakymetri



Teodoliitilla mitataan vain tähtäyssuuntia ja kulmia, takymetrillä myös etäisyyksiä

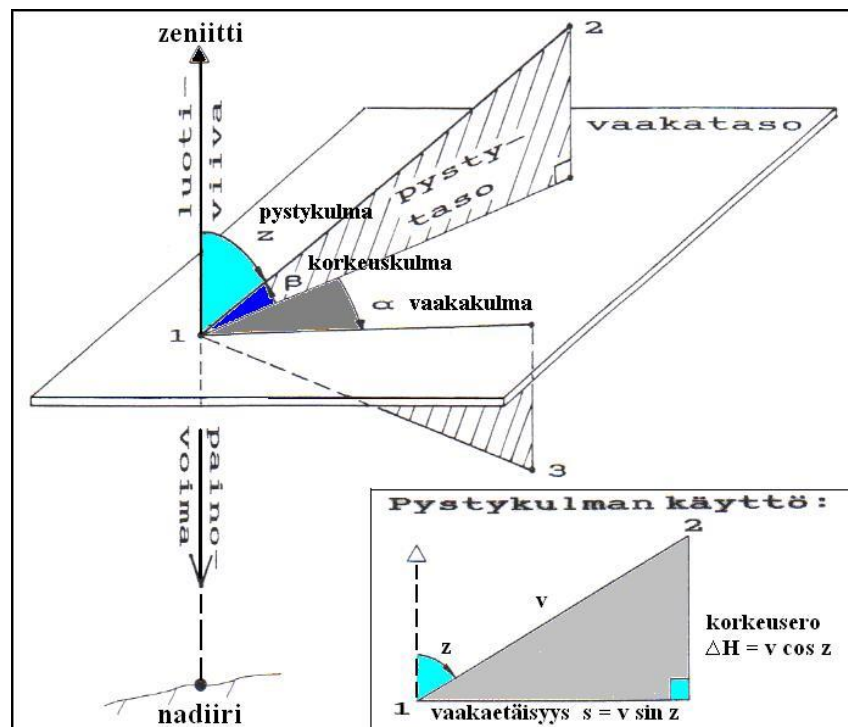
Takymetrimittauksen perusasetelmat

Koordinaatisto ja korkeuksien vertailutaso

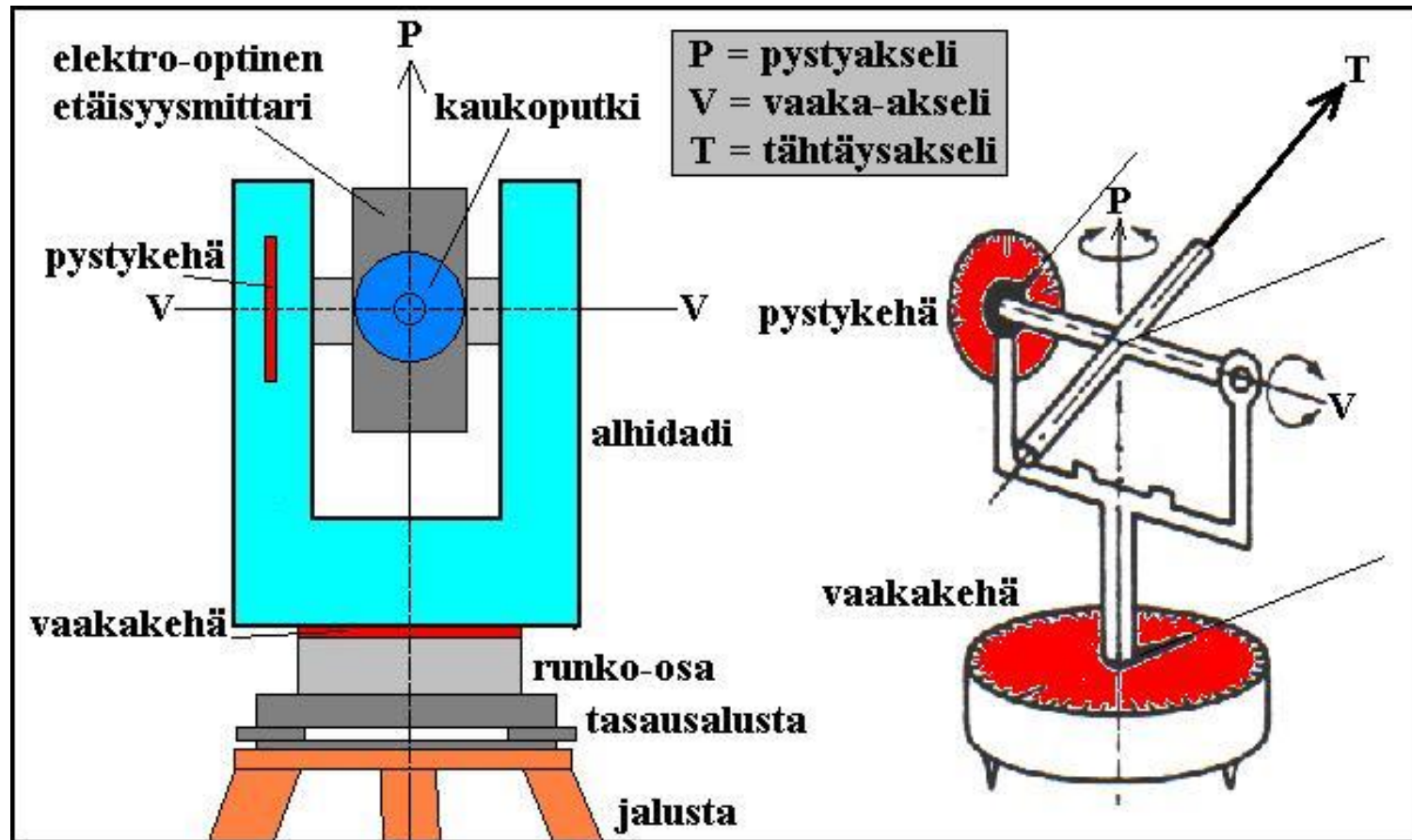


Takymetrillä mitataan tähtäys-suuntia, kulmia ja etäisyyksiä. Havainnoista lasketaan koordinaatteja ja korkeuksia

Kulmakäsitteet



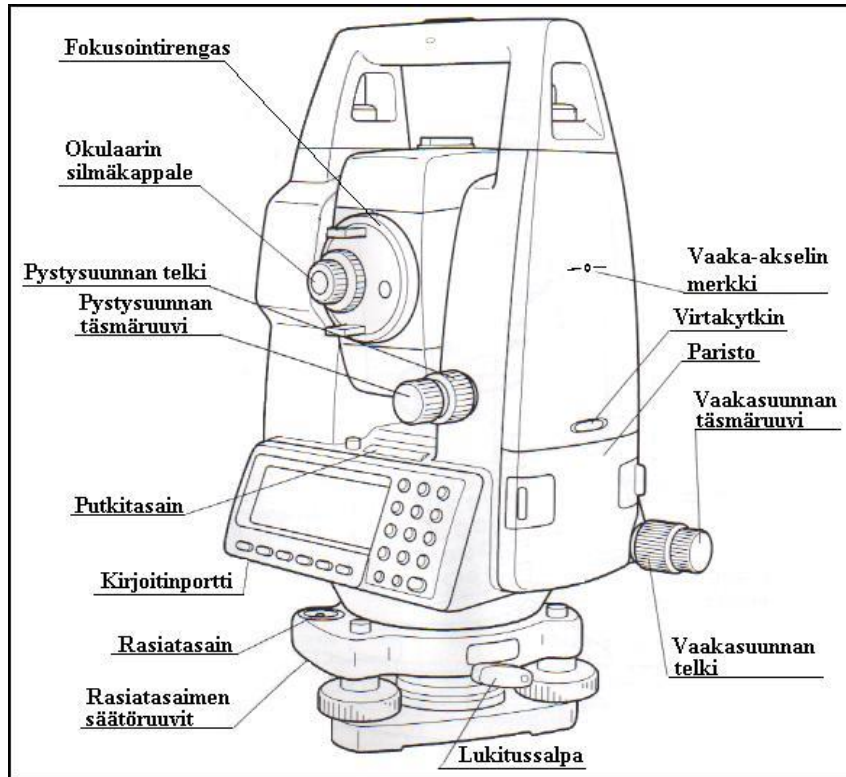
Kulmanmittauskojeiden perusrakenne



**tasausalusta, runko-osa, alhidadi, kaukoputki, takymetrissä
elektro-optinen etäisyysmittari**

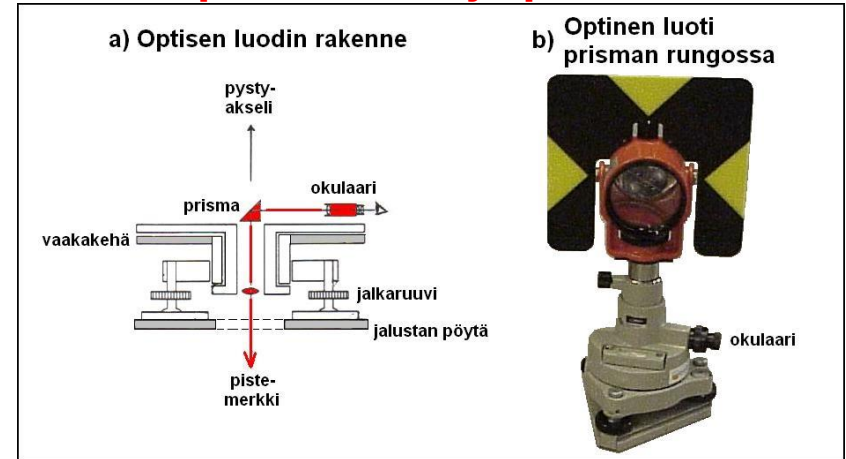
Manuaalitakymetri ja varusteet

Takymetri



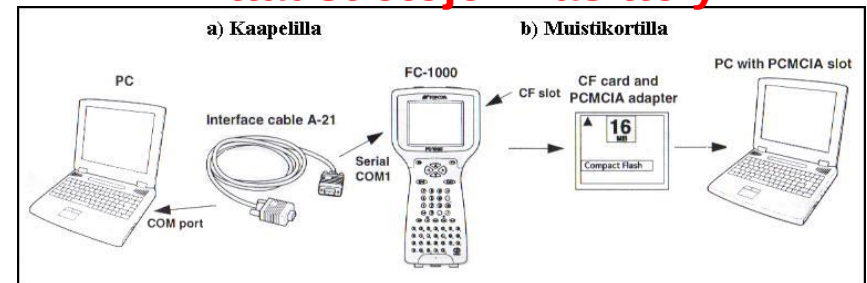
Akut ja latauslaitteet, jalusta, taskumitta, kartoitussauva, lämpömittari, ilmanpainemittari

Optinen luoti ja prisma



Nykyisin luoti voi olla lasersäde tai kamera

Mittaustietojen käsittely



Langaton tiedonsiirto

Robottitakymetrit

Mittaukset suorittaa yksi mittaaja

Langaton tiedonsiirto on tärkeää

Kaukoputken läpi ei juurikaan
tähdätä

Topcon GPT9003A

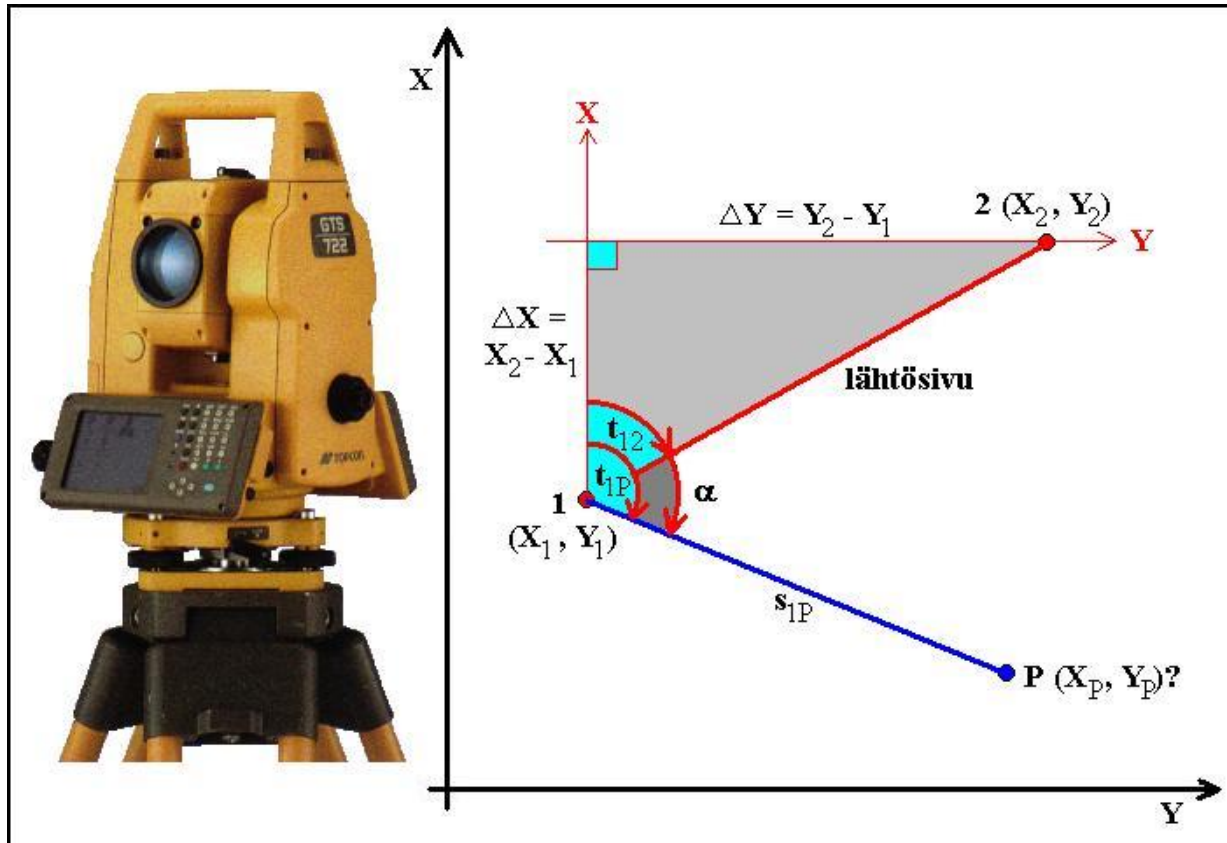


Leica TS16 ja Trimble SX10



Säteittäinen mittaus

Kartoitus- ja merkitämittauksissa kohteen koordinaatit mitataan yleensä säteittäisellä mittauksella



runkopiste,
lähtöpiste,
asemapiste,
liitospiste

lähtösivu

orientointi

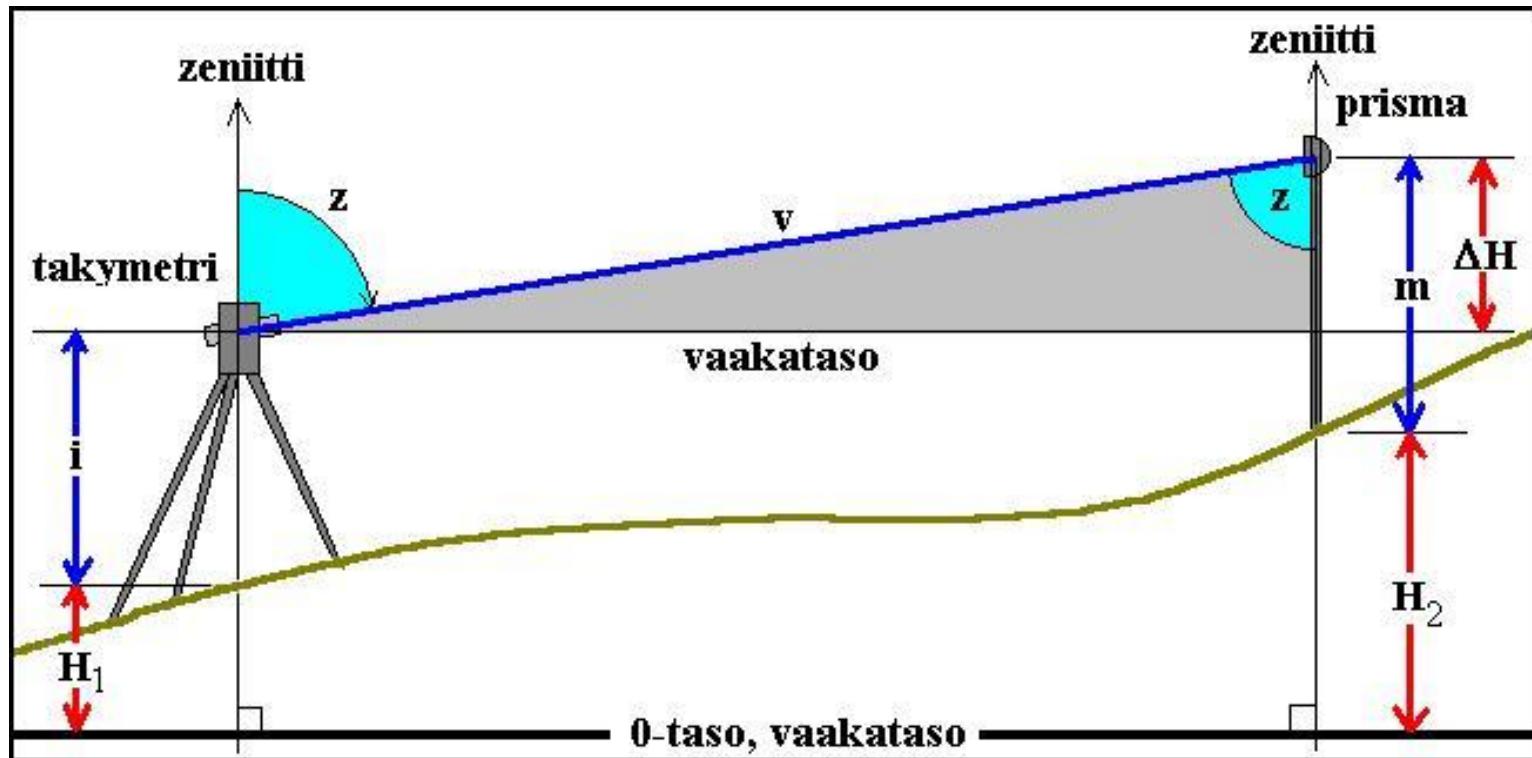
**geodeettinen
käänteistehtävä**

**geodeettinen
päätehtävä**

Säteittäinen mittaus on yksinkertainen geodeettinen leikkaus. Geodeettiset leikkaukset ovat mittauksen kolmion ratkaisutapoja

Trigonometrinen korkeudenmittaus

Kohteen korkeus mitataan takymetrillä trigonometrisesti

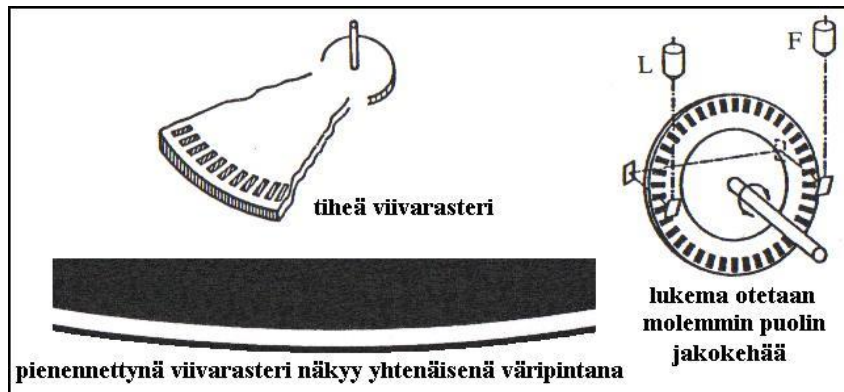
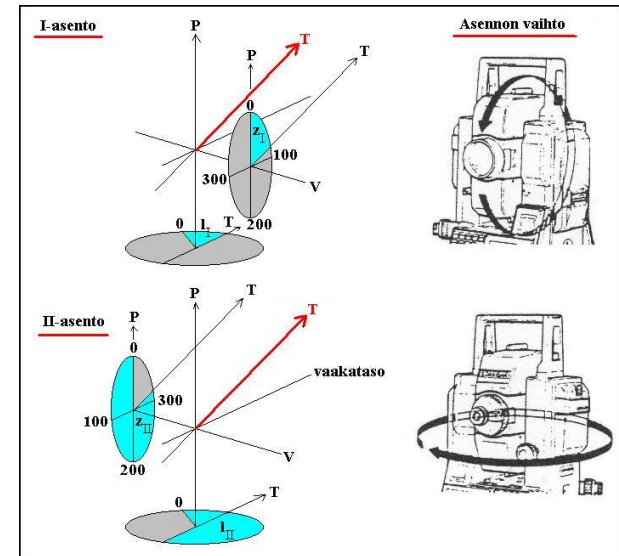


Pitkillä matkoilla ($v > 200$ m) pitää huomioida maapallon kaarevuus ja valon taittuminen (refraktio) ilmakehässä

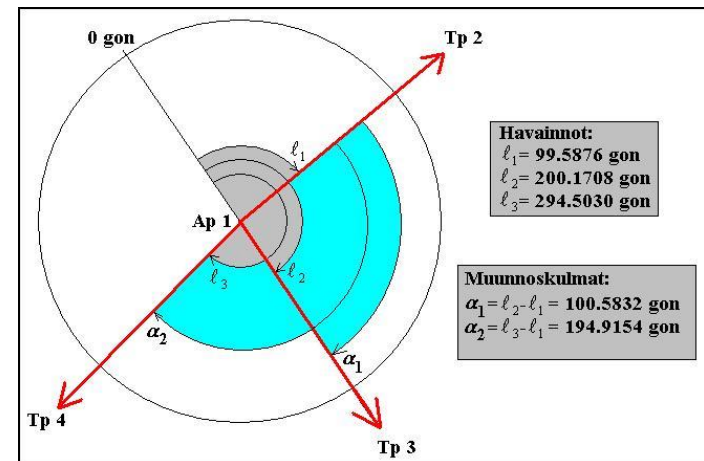
Tähtäys-suuntien ja kulmien mittaus

Kojeasennot

- Yleisesti puhutaan kulmanmittauksista
- Oikeammin takymetrillä havaitaan tähtäys-suuntia
- Vaakakulmat ovat tähtäys-suuntien eroja



Takymetrien kulmakehät ovat sähköisesti luettavia jakokehiä



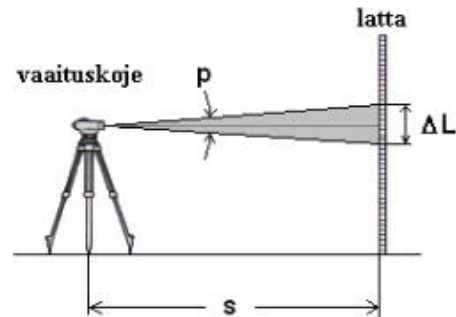
Yksinkertainen kulmanmittaus

Etäisyydenmittaustavat

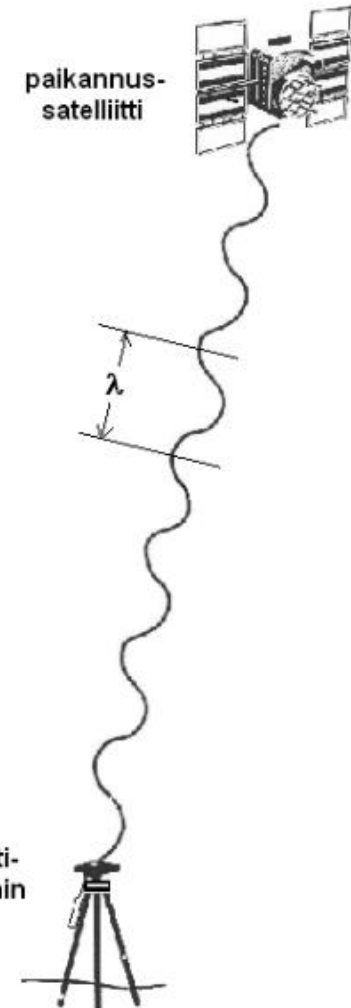
a) Mekaaninen etäisyydenmittaus



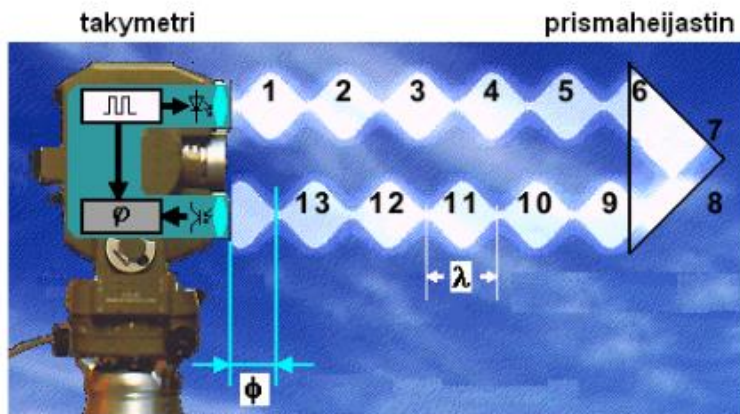
b) Optinen etäisyydenmittaus



c) Radioteknillinen etäisyydenmittaus



d) Elektro-optinen etäisyydenmittaus

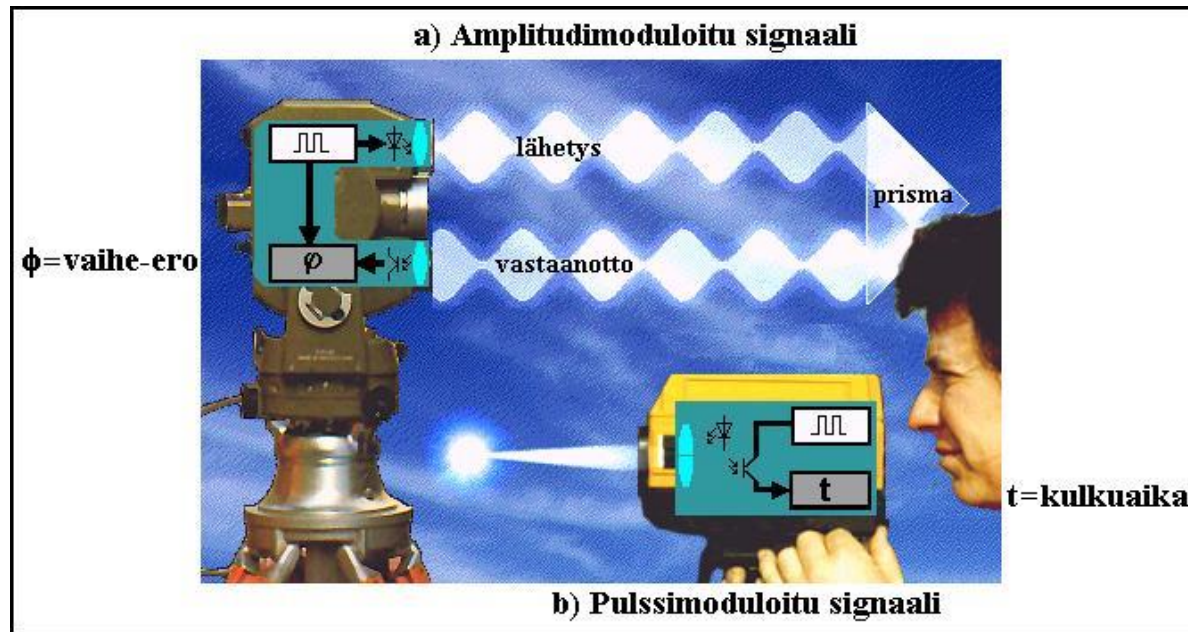


Elektro-optinen etäisyydenmittaus

Mittaussignaalin kantaalto on optisella alueella (noin 400 – 1000 nm)

Etäisyyksiä pystytään mittaamaan usean kilometrin päähän muutaman millimetrin tarkkuudella

Vaihe-eromittauksessa lasketaan matkaan sisältyvät aallonpituudet



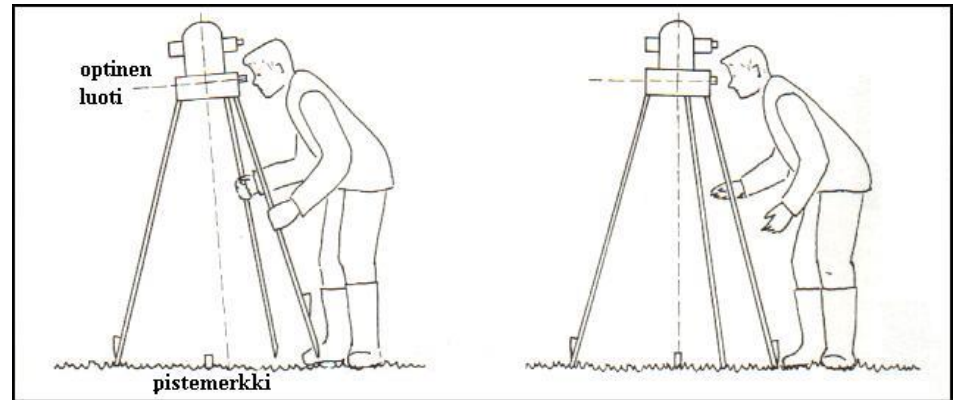
Prismallinen ja prismaton mittaus
Takymetrissä on eri mittaustavoille
omat etäisyydsmittarit

**Pulssiaikaeromittauksessa
mitataan pulssin kulku-aika**

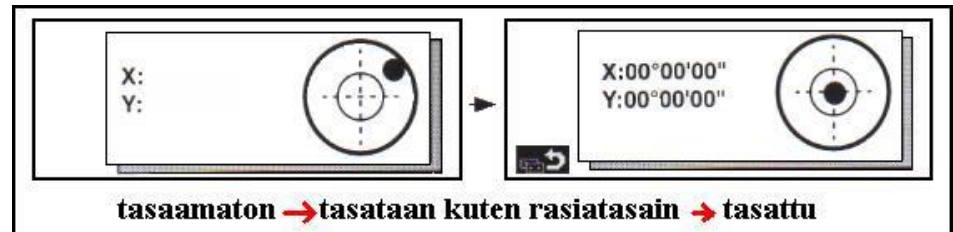
Takymetrin keskistys ja tasaus



Jalusta pystytetään niin, että pistemerkki näkyy optisen luodin näkökentässä



Kojetta vuorotellen keskistetään ja tasataan kolmijalan jalkoja ja tasausalustan jalkaruuveja säätämällä ja tasaimia seuraamalla

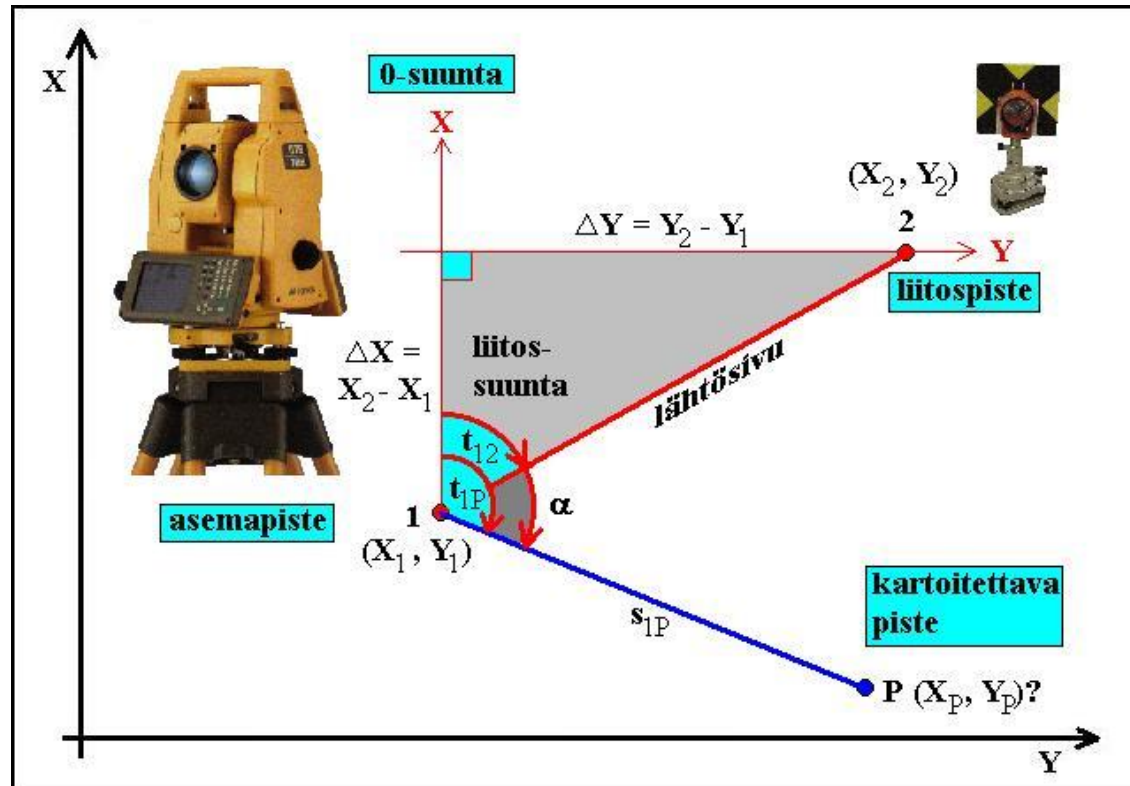


Takymetrissä on useita tasaimia:
rasiatasain, putkitasain, kompensattorit

Orientointi tunnetulle pisteelle

Orientoinnissa on kyse kiinnittymisestä mittauspaidan koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään

Perusmenettely on kojeen pystyttäminen tunnetulle pisteelle ja suuntakulman määrittäminen toisen tunnetun pisteen avulla

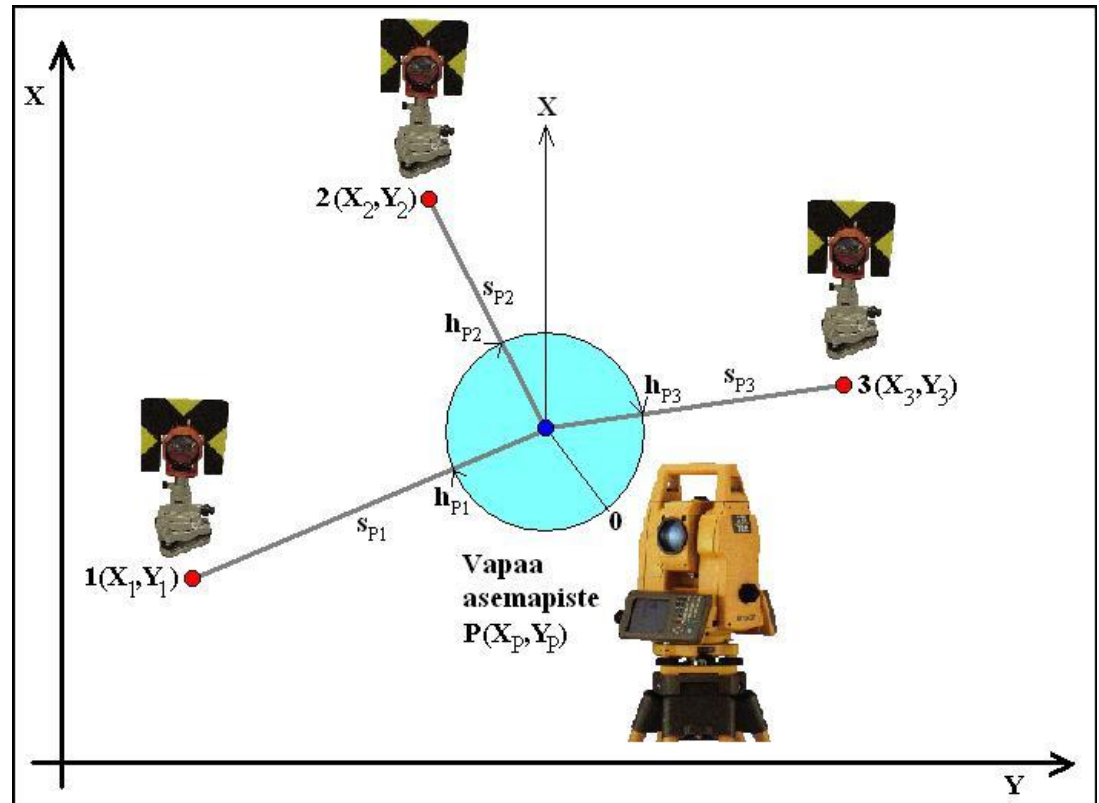


Orientointi vapaalle asemapisteelle

Vapaalle asemapisteelle orientoitaessa koje pystytetään tuntemattomaan paikkaan, jonka paikka määritetään kahden tai useamman liitospisteen avulla

Vapaan asemapisteen käyttö on työn tekemisen kannalta yleensä tehokkaampaa kuin orientointi tunnetulle pisteelle

Vapaan asemapisteen laskentaan liittyviä menettelyjä ovat kaari-leikkaus, taaksepäinleikkaus, Helmertin muunnos ja pienimmän neliösumman menetelmä

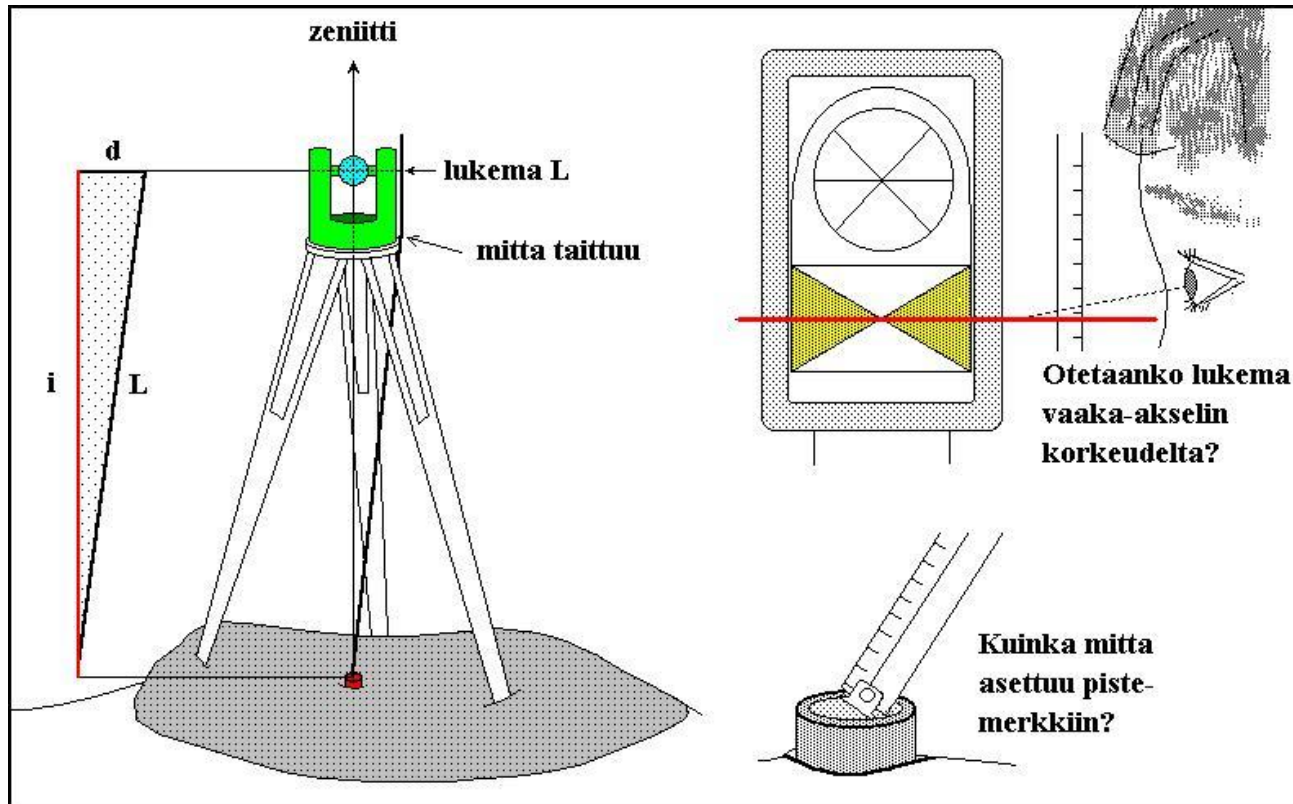


Orientoinnissa vapaalle asemapisteelle pitää tehdä mittaukset vähintään kahteen liitospisteeseen, mutta suositeltavaa on käyttää useampia pisteitä

Kojekorkeuden mittaus

Tämä on tärkeää korkeudenmittauksen tarkkuuden kannalta

Kojekorkeuden mittaus tehdään hämmästyttävän vanhanaikaisesti, kun mittauskojeet muutoin ovat huipputeknisiä laitteita

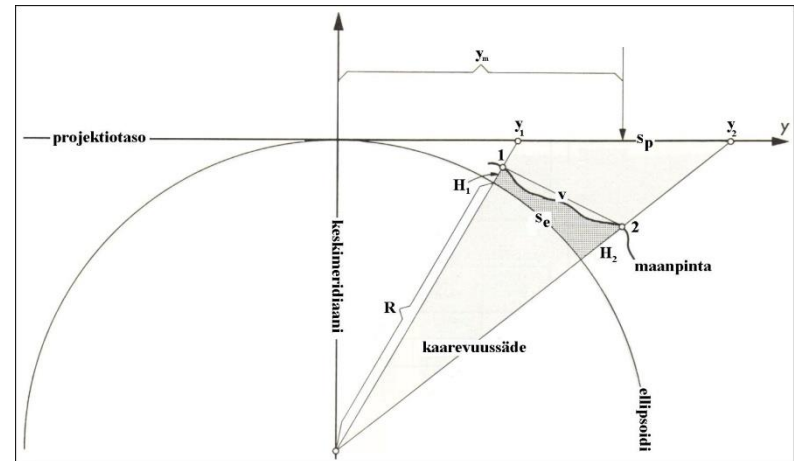
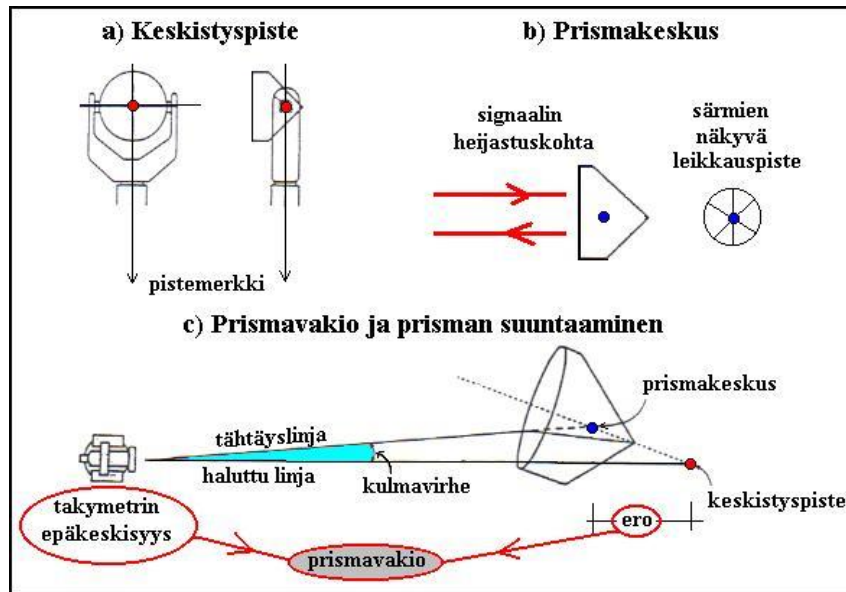


Etäisyydenmittauksen korjaukset

Prismavakio, sääkorjaus,
projektiokorjaus

Koheen parasta tarkkuutta ei ole
mahdollista saavuttaa, ellei
korjauksia tehdä

Sääkorjaus perustuu ilmanpaineeseen
ja lämpötilaan

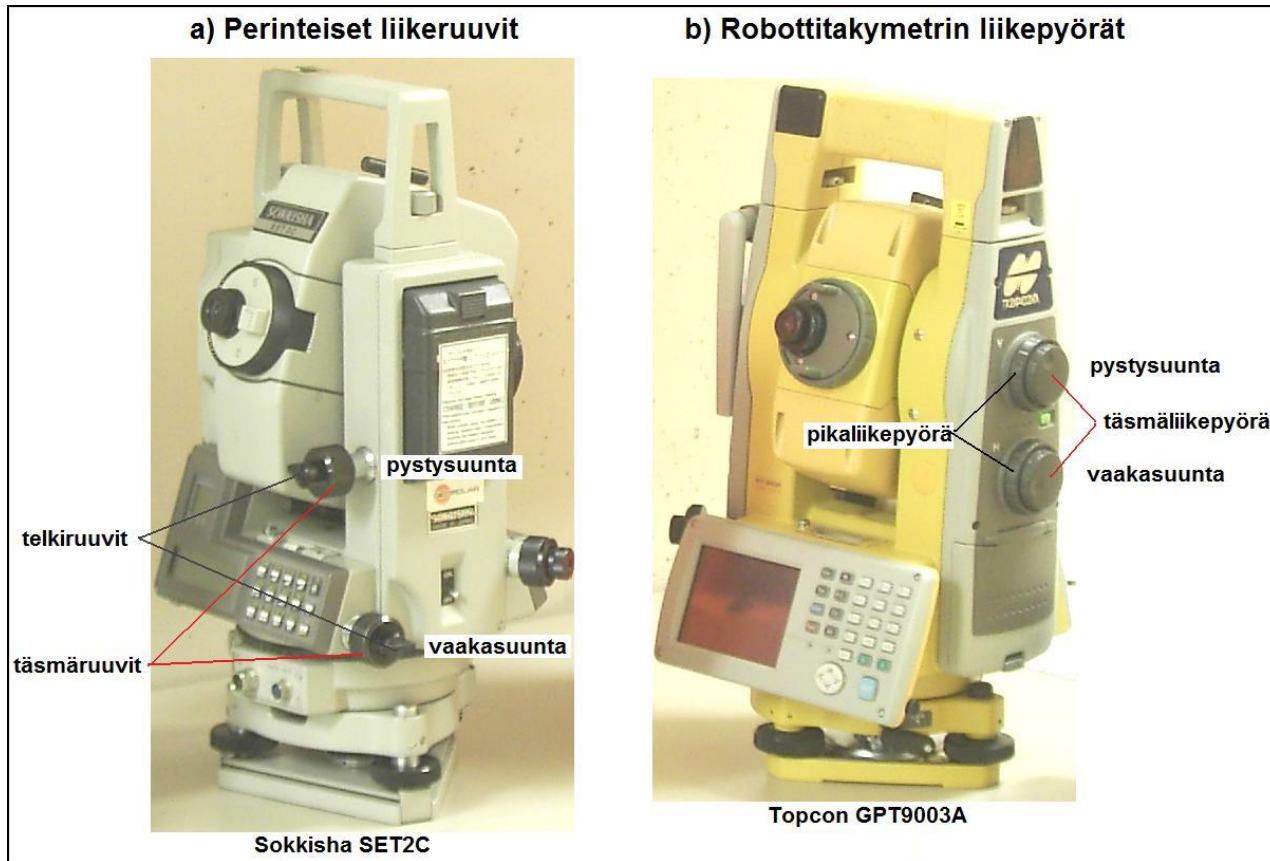


Prismavakio on epäkeskisyyskorjaus

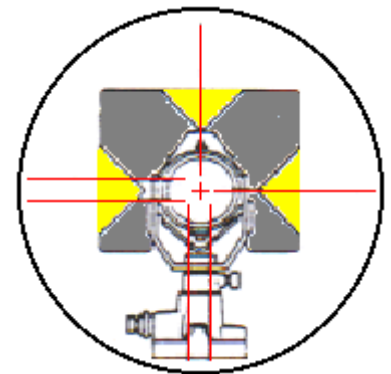
Projektiokorjaus liittyy koordinaatistoon

Tähtäys kohteeseen

Koje suunnataan tähtäimien ja liikeruuvien avulla



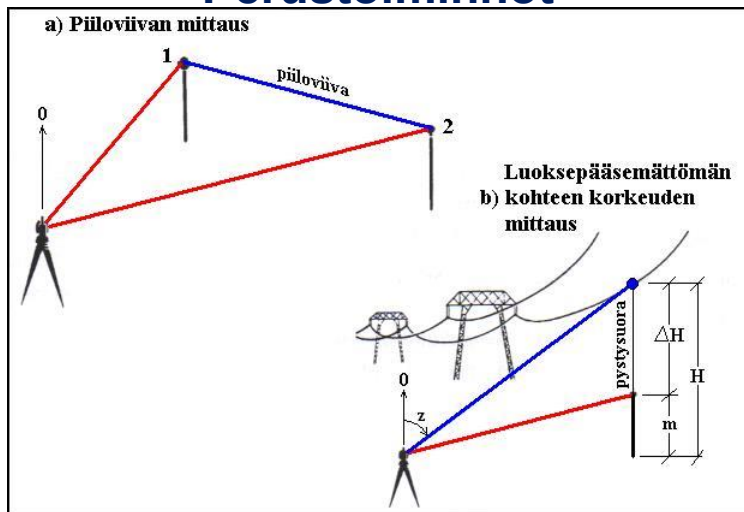
Prismaan
tähdätään
kulmatähtyksen
määrittämään
kohtaan ja/tai
näkyvään
prisma-
keskukseen



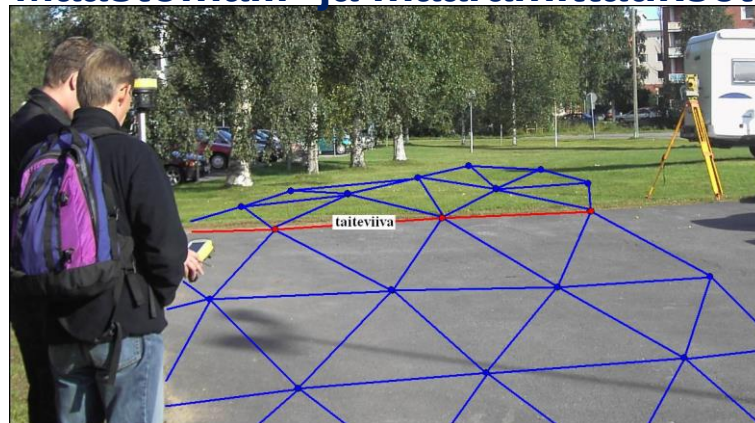
**Robottitakymetriä käytettäessä kohteeseen ei yleensä tähdätä.
Kohdistus kohteeseen tehdään automaattisesti tai kameran kuvalta.
Uusimmissa kojeissa ei välttämättä ole edes tähtäyskaukoputkea**

Takymetrimittaukset

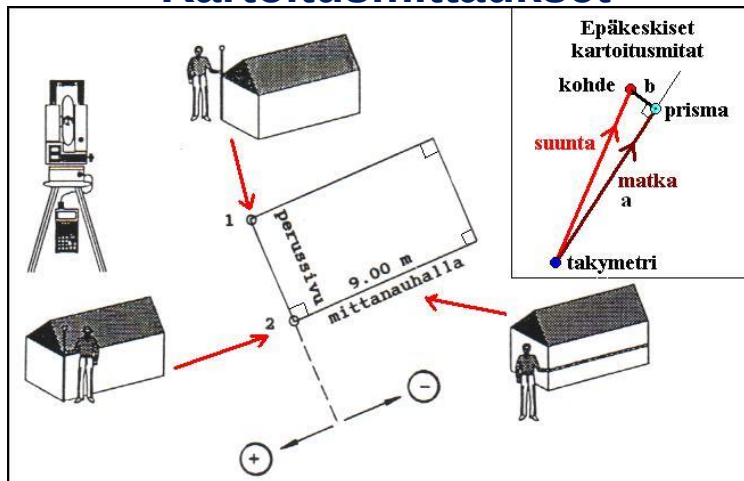
Perustoiminnot



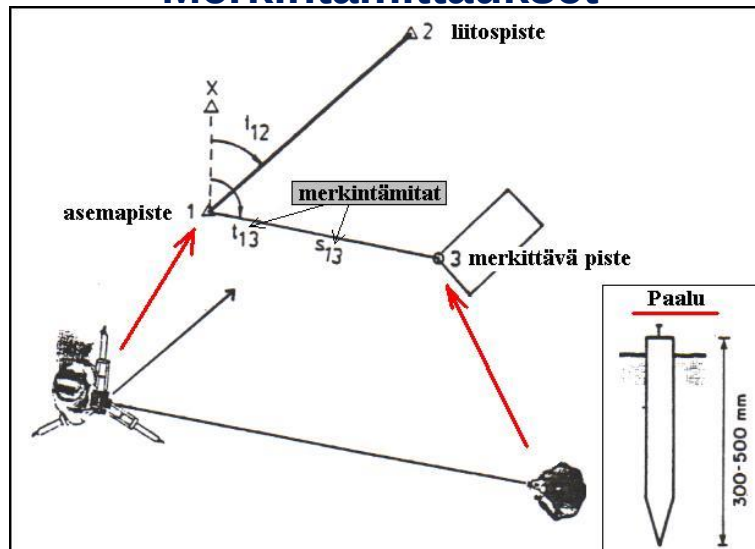
Maastomalli- ja määrämittaukset



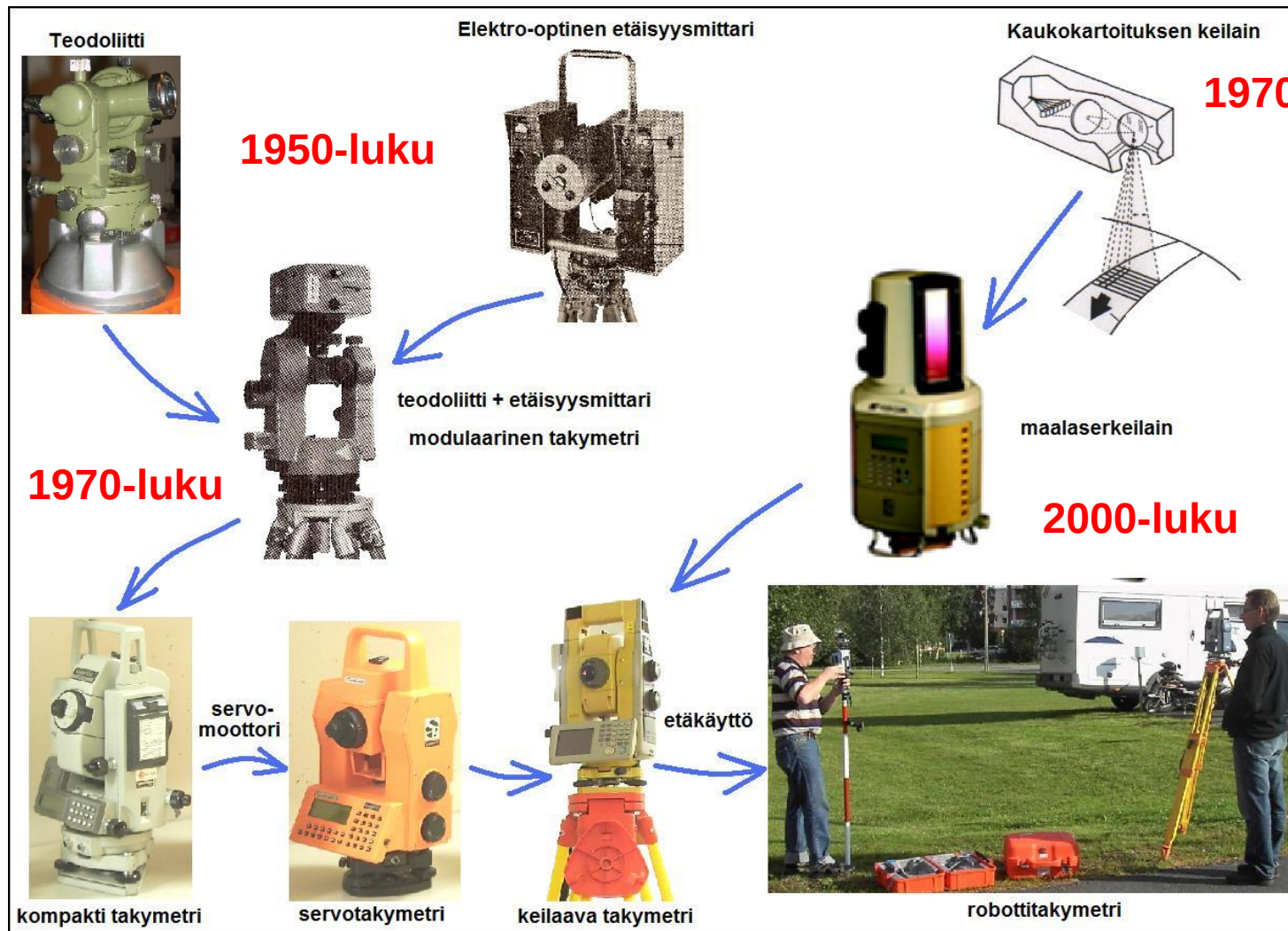
Kartoitusmittaukset



Merkintämittaukset



Takymetrin kehitysvaiheita



1970-luku

2000-luku

1980-luku

1990-luku

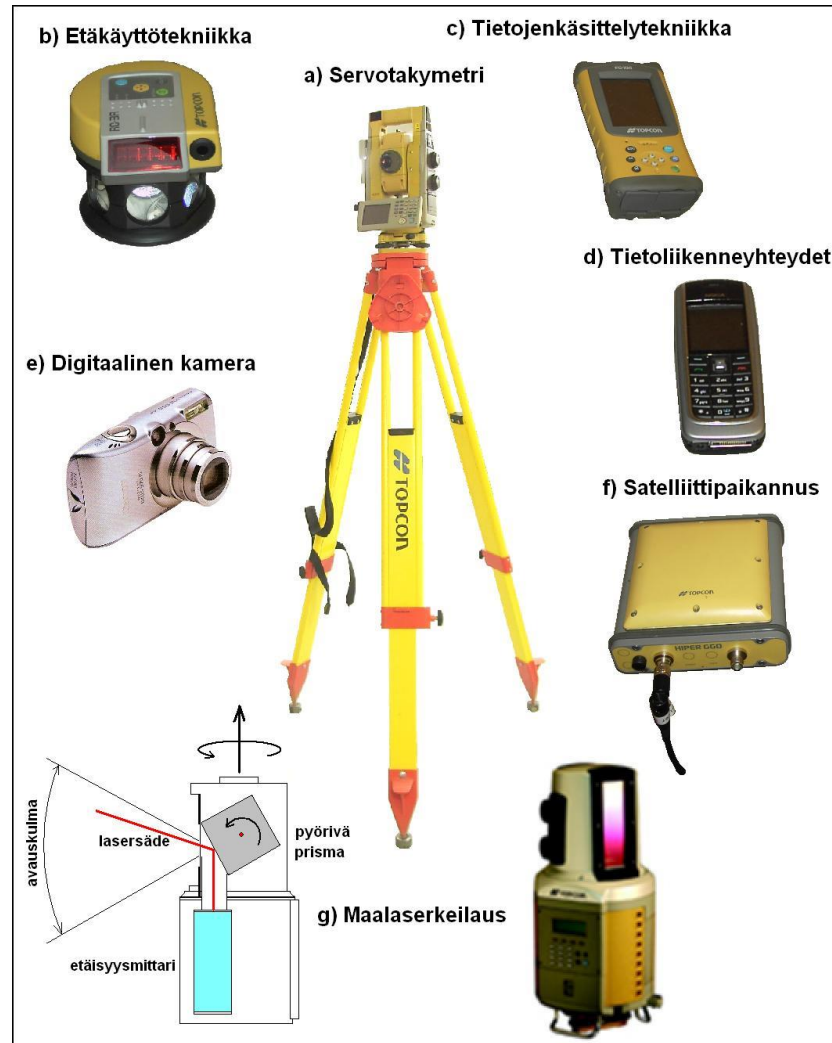
2000-luku

Mittaustekniikoiden integraatio

Integraatio tarkoittaa eheytymistä, sulautumista ja yhtenäisen kokonaisuuden muodostumista

Integraation tuloksena mittauskojeiden ominaisuudet monipuolistuvat

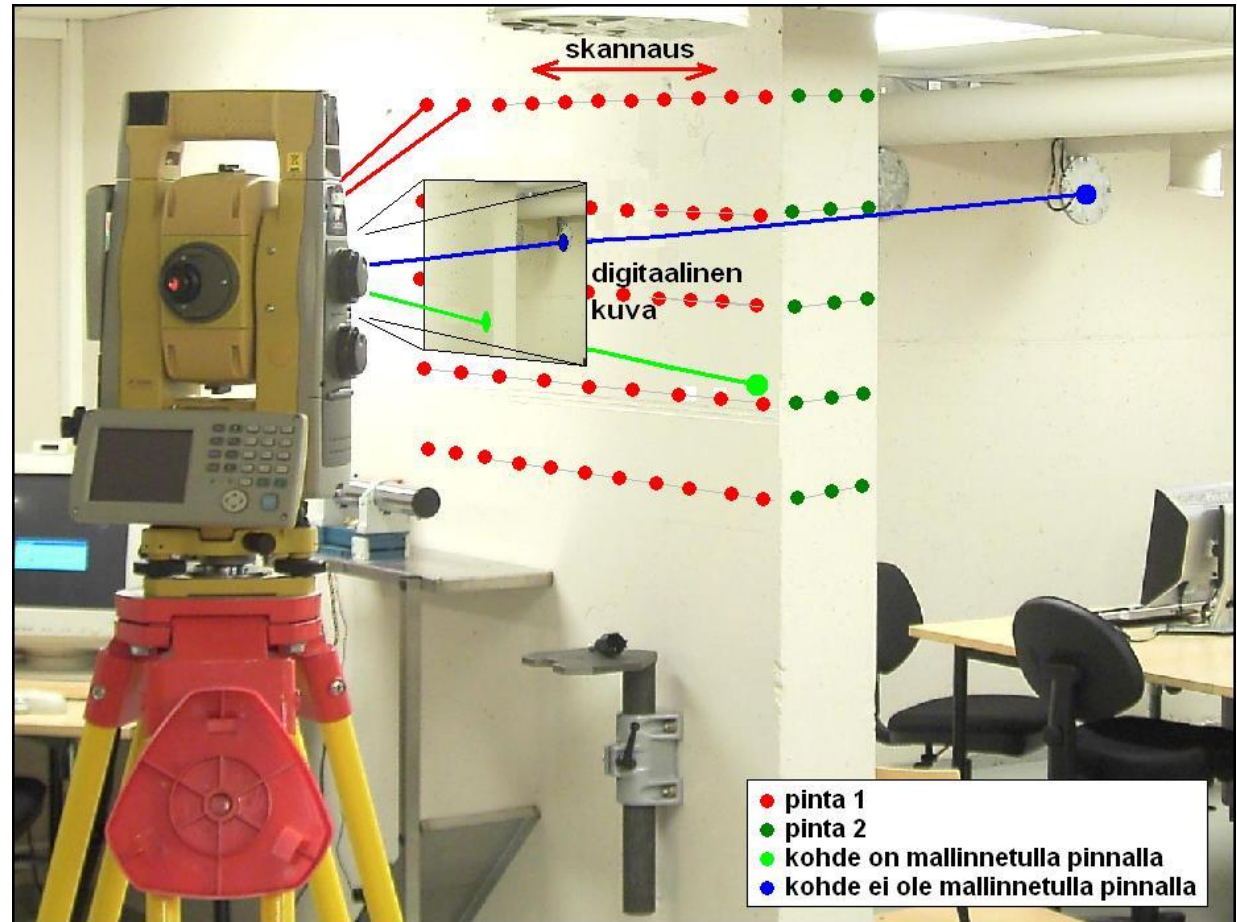
Automatisoitujen toimintojen ja eri tekniikoita yhdistävien mittauskojeiden myötä mittauksissa on siirrytty tähdätyistä mittauksista pistepilviin



Takymetri, keilain ja kamera

Keilauksessa (skannauksessa) mitataan automaattisesti ja nopeasti etäisyyksiä ja suuntia mittauskohteeseen jonkin säännöllisen mittauskuvion mukaisesti.

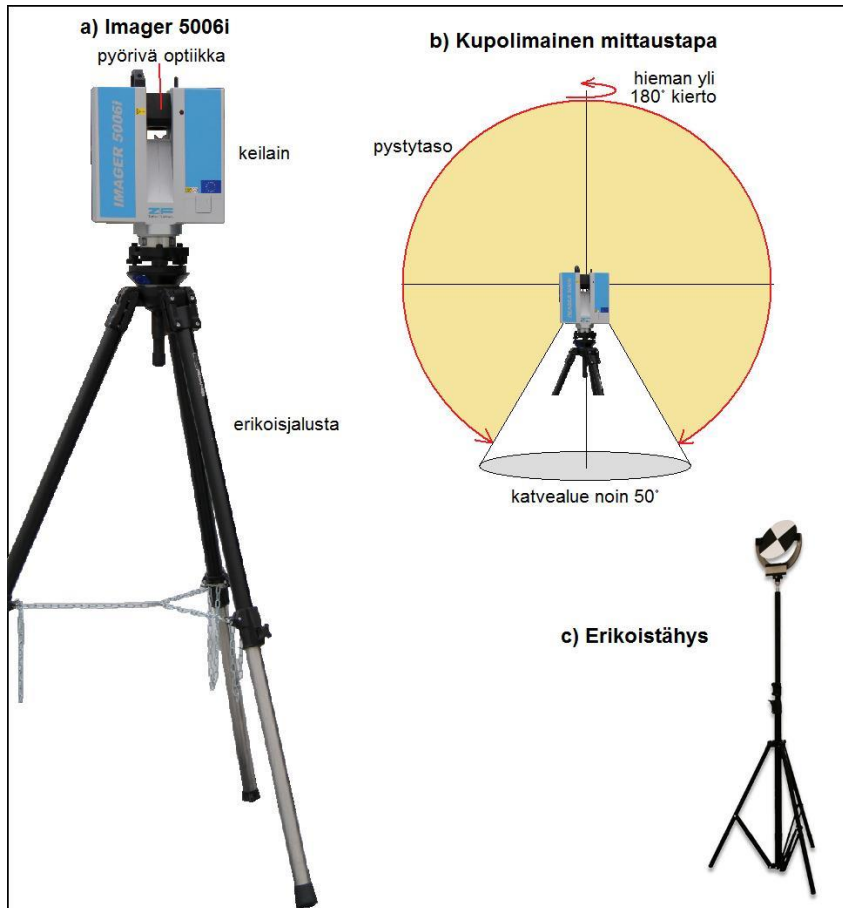
Tuloksena on suuri määrä kohdetta kuvaavia mittauspisteitä, jotka muodostavat **pistepilven**.



Kameraa voidaan käyttää dokumentoinnin ja mittauksen apuvälineenä

Maalaserkeilain

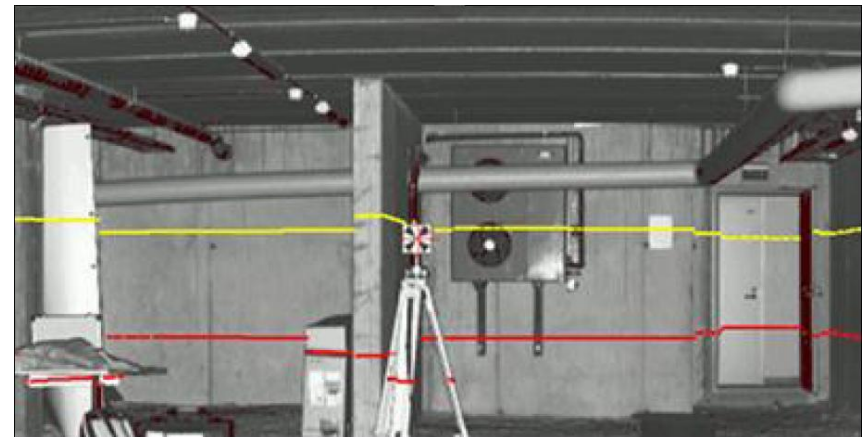
Zoller Fröhlich Imager



Maalaserkeilain on tavallaan automaattisesti toimiva takymetri

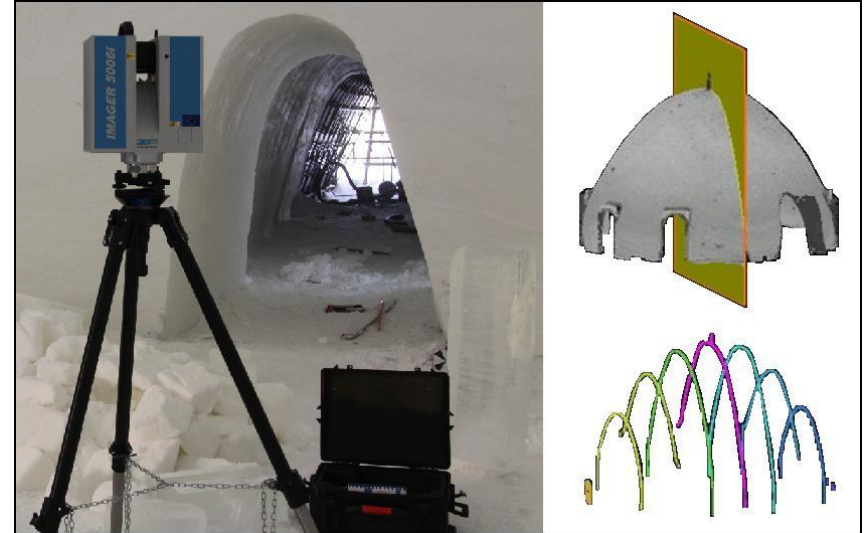
Se mittaa jopa satoja tuhansia havaintoja sekunnissa

Mittausten tuloksena saadaan kohdetta koordinaatteina kuvaava pistepilvi, joka voidaan esittää esimerkiksi etäisyyskuvana



Mallinnus on keilauksessa tärkeää

- **Laserkeilain siirtää työtä mittauskohteesta sisätyöksi**
- Mittausten käsittely tehdään toimistossa
- Pistepilveen sovitetaan erilaisia pinta- ja kappalemalleja ja siitä muodostetaan poikkileikkauksia
- Tuloksista johdetaan pinta-aloja ja tilavuuksia sekä havaitaan kohteessa tapahtuvia muutoksia



Laserkeilaus, kuten mikään muukaan mittaustekniikka, ei ole ratkaisu kaikkiin mittausongelmiin

Lähteet

- Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet
 - Takymetrimittauksen peruskaavat, s. 59 – 62
 - Takymetrimittaus, s. 237 – 278
 - Takymetrihavaintojen korjaukset, s. 330 – 339
 - Sarjahavaintomenetelmä s. 340 – 348