

# GNSS measurement and Network RTK measurement

24. huhtikuuta 2019

**Meeting point:** Kone-rakennus, aula (Otakaari 4)

**GNSS-mittaukset:**

- staattinen eli relatiivinen GNSS-mittaus, ja
- Verkko-RTK, siis tosiaikainen kinemaattinen paikannus tukiasemaverkon avulla.

Kenttämittaukset kestävät kaksi tuntia.

Harjoituksessa mitataan kolme kiintopistettä, GNSS 1–3, staattisella menetelmällä takymetrimittausten georeferoimiseen ja alemmat kiintopisteet laserkeilausharjoitusta varten verkko-RTK eli Network Real-Time Kinematic (NRTK) – menetelmällä.

Tässä ohjeistuksessa esitellään harjoituksen vaiheet yksityiskohtaisesti. Suotavaa olisi, että opiskelija on tutustunut ohjeistukseen huolella ennen kuin varsinaiset maastoharjoitukset pidetään.

Mikäli ohjeissa on epäselvyyksiä saa ja tulee ottaa yhteyttä kurssinassistentteihin. Opiskelijapalaute on ensiarvoisen tärkeää kurssin kehittämiseksi.

**Oppimistavoitteet:**

Koje- ja laskuharjoituksen jälkeen opiskelija osaa pystyttää GNSS-vastaanottimen pisteelle staattista mittausta varten. Ymmärtää staattisen mittauksen ja NRTK-mittausten toimintaperiaatteet ja ymmärtää eri mittausmenetelmien yhdistämisen edut. Osaa suorittaa koordinaattimuunnoksen WGS84-järjestelmästä ETRS-TM35FIN-tasokoordinaateiksi. Lisäksi opiskelija hallitsee 3D-mallintamisen perusteet Matlab-laskentaohjelmaa käyttäen. Harjoituksessa pyritään välttämään geodeettisten laskentaohjelmien käyttöä, jotta opiskelija sisäistää geodeettisen laskennan periaatteet.

# 1 Valmistelut

## 1.1 Esimateriaalit

Kurssin Mycourses-sivulta löytyy Harjoitukset-osion alta esimateriaalia, johon opiskelijan tulee tutustua ennen harjoitusten suorittamista.

GNSS-harjoitusta varten tulee MyCourses:sta katsoa videot ”Pisteelle pystytys: Kolmijalan ja pakkokeskistysalustan”, jossa neuvotaan kuinka kolmijalka pystytetään pisteelle ja pakkokeskistysalusta tasataan. Videoiden lisäksi MyCourse-sissa on luettavaksi dokumentit ”GPS- antennin pystytys” ja ”GPS-havaintolomake”.

Staattiseen GNSS-harjoitukseen löytyy lisätietoa myös luentotekstin luvuista 12.1, 12.2 sekä 12.4.2.

NRTK-harjoitusta varten tulee Moodlesta katsoa video ”GNSS-laitteen pystytys ja käsittely”, jossa kerrotaan GNSS-laitteen pystytyksestä ja sen käsittelystä mittaustilanteessa. Lisäksi aiemmasta takymetriharjoituksesta tutussa videossa ”Takymetrimittaukset” kerrotaan prisma-auvan käyttämisestä. Tässä harjoituksessa hyödynnetään GNSS-antennia sauvan päällä prismasauvan sijaan. Videoiden lisäksi lisämateriaalia GNSS-mittauksista pisteelle pystytyksestä ja löytyy ”???????” ja ”???????”.

Moodlessa on myös NRTK-mittauslomakkeet ryhmäkohtaisesti (ryhmät jaetaan kojarahjoituksissa) ja GPS-kalenteri varsinaisia mittauksia varten sekä ”?????” ja ”?????”, joissa esitellään harjoituksessa käytettävät ????? sekä se, kuinka niillä käytännössä mitataan.

NRTK-menetelmästä löytyy lisätietoa myös luentotekstin luvuista 12.4.2, 12.4.3 sekä 12.6.

Perustuen tässä annettuihin esimateriaaleihin tulee opiskelijan vastata Moodlessa monivalintakysymyksiin, jotta hän voi osallistua harjoitukseen.

## 1.2 Välineet

1. **Työturvallivvit kaikille opiskelijoille! Myös assistenteille!** ☺
2. **Kolmijalka:** tuttu videosta ”Toiminta mittauspisteellä”
3. **Pakkokeskistysalusta:** tuttu videosta ”Toiminta mittauspisteellä”
4. **Mittatikku:** tuttu videosta ”Takymetrimittaukset”. Mittatikkua käytetään kun mitataan antennikorkeus, katso LIITE A
5. Trimble NET-R5 GNSS- vastaanotin, GNSS-antenni, akku, antennikaapeli, virtakaapeli
6. **Havaintolomake:** tässä harjoituksessa käytetään havaintolomaketta, johon kirjataan ylös mm. tiedoston nimi, antennikorkeus sekä aloitus- ja lopetus-aika (*vähintään tunti!*). Havaintolomake löytyy MyCourse-sista. Kurssin assistentit tulostavat havaintolomakkeet valmiiksi.

7. **Trimblen GNSS-laitelaatikko:** sisältää GNSS-antennin ja -vastaanottimen sekä maastotietokoneen.
8. **Sauva GNSS-laitetta varten:** tuttu videosta ”Takymetrimittaukset”. Tässä NRTK-harjoituksessa GNSS- vastaanotin kiinnitetään sauvan päähän, jota pidetään pisteellä. Tällä kertaa GNSS-vastaanottimia ei käytetä NRTK-mittauksissa kolmijalan päällä.
9. **Sekuntikello:** Matkapuhelimen sekuntikello käy hyvin tarkoitukseen.
10. **NRTK-harjoitusohjeet:** harjoitusohjeet toimivat mittausten perustana. Assistentit tulostavat ohjeet NRTK-harjoitukseen.
11. **NRTK-mittauslomake:** tässä harjoituksessa käytetään NRTK-mittauslomaketta, johon kirjataan ylös mm. kojekorkeus sekä tärkeitä lisätietoja. NRTK-mittauslomake löytyy MyCoursesista. Kurssin assistentit tulostavat mittauslomakkeet valmiiksi NRTK-harjoitukseen.
12. **GPS-kalenterilomake:** kalenteria käytetään hyödyksi töiden nimeämisessä.

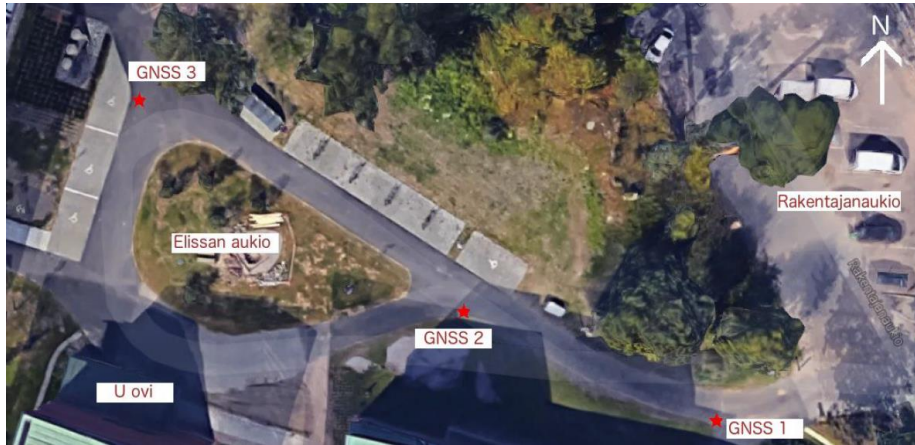
## 2 Toiminta maastossa

Harjoituksen alussa pystytetään ja käynnistetään kolme GNSS-vastaanotinta kiintopisteille yhtä aikaa, näiden vastaanottimien annetaan havaita *vähintään tunnin ajan* staattisena mittauksena. Tähän käytetään Trimblen kaksitaajuusvastaanottimia.

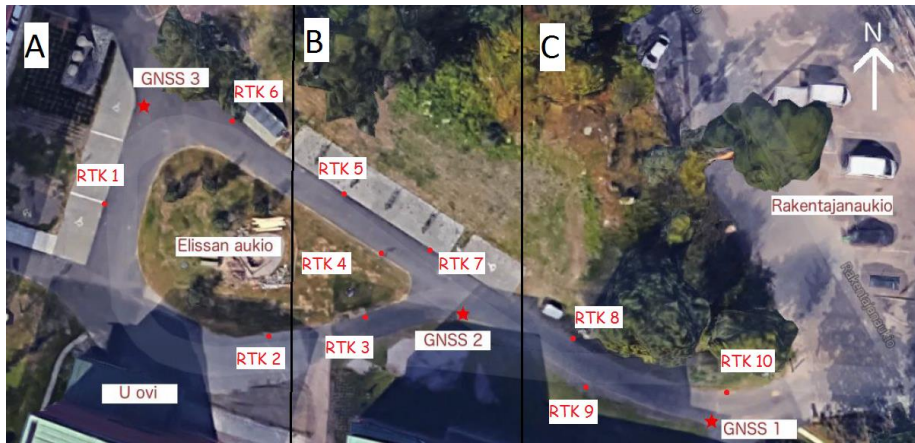
Staattisten mittausten käynnistyttyä toimivat laitteet ilman seurantaa. Staattisen mittauksen ollessa käynnissä tehdään NRTK-mittauksia Trimblen GNSS-vastaanottimilla. Ryhmien määrystä johtuen sekä opetuksellisten tavoitteiden saavuttamiseksi mitataan harjoituksessa kahdella GNSS-laitteella yhtä aikaa NRTK-mittauksia. Nämä laitteet ovat GPRS-verkon kautta internetissä, jonka kautta ne ovat yhteydessä Geotrimin TrimNetin laskentakeskukseen. Näillä nykyaikaisilla Trimblen vastaanottimilla, voidaan havainnoida useita eri järjestelmien signaaleja (GLONASS, BEIDOU ja GALILEO). Vastaanottimia kutsutaankin siksi GNSS-vastaanottimiksi.

GNSS-laitteita on siis yhteensä viisi, 3 kpl Trimble Net-r5-vastaanottimia, sekä kaksi Trimblen R10- vastaanotinta, joista jokainen ryhmä valitsee yhden.

Staattiset ja NRTK-mittaukset suoritetaan Elissanaukiolla. Alla kuvassa 1 on piirros staattisten kiintopisteiden GNSS 1-3 sijainnista. Kuvassa 2 on piirros mitta-alueista ryhmäkohtaisesti, punaiset ympyrät mitattavista NRTK-pisteistä ja vihertävällä tekstillä staattisessa GNSS- mittauksessa mitattavien kiintopisteiden sijainnit (joita ei siis tässä harjoituksessa huomioida).



Kuva 1: Mitattavat staattiset GNSS-pisteet Elissanaukiolla.



Kuva 2: RTK-pisteet Elissan Plazalla.

### 3 Harjoituksen eteneminen:

1. Jokainen opiskelija laittaa päälleen turvaliivit. Vaikka Elissanaukilla on vähän liikennettä, onnettomuus ei kävele kello kaulassa. . .
2. Jokainen ryhmä pystyttää GPS-antennin pisteelle, käynnistää mittauksen (Liite A) ja täyttää havaintolomakkeen (LIITE B). Pisteillä havainnoidaan 1 tunnin mittainen yhtäaikainen havaintojakso.
3. Muodostetaan kolme ryhmää opiskelijoista (A, B, C) ja tämän jaottelun perusteella kukin ryhmä siirtyy omalle mittausalueelleen mukanaan tarvittavat välineet.
4. Kukin ryhmä tarkistaa, missä mitattavat pisteet sijaitsevat kartan perusteella! Mitattava piste on ”naula”, joka on hakattu katukivetyksen reunaan jalkakäytävän puolelle. Naulan ympärille on piirretty punainen ympyrä.
5. Seuraavaksi otetaan GNSS-maastotietokone ulos laatikostaan ja valmistellaan GNSS- maastotietokone valmiiksi mittauksia varten:

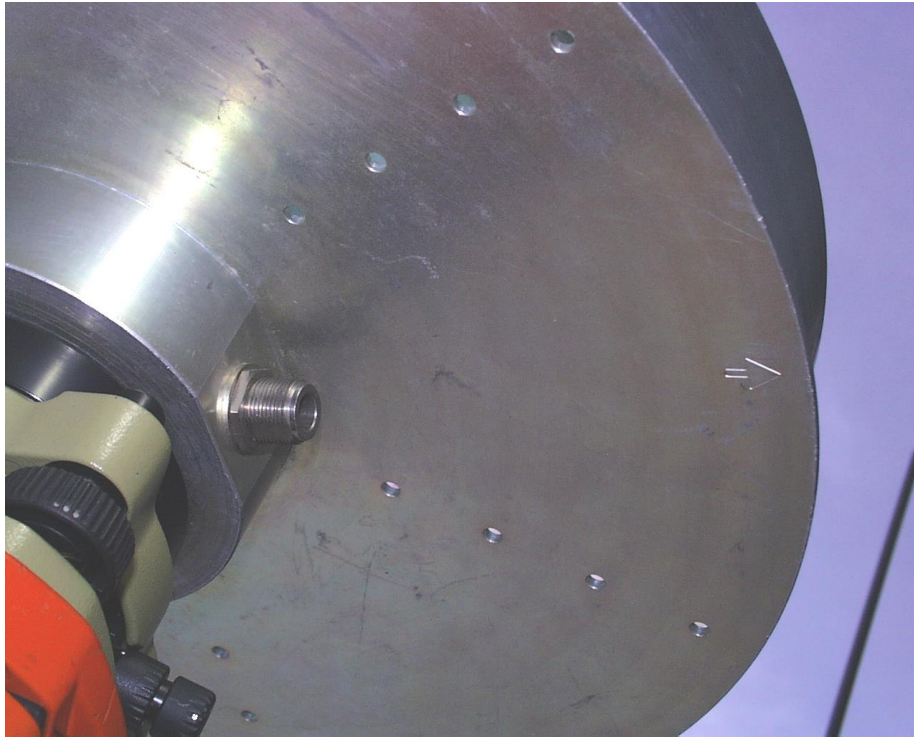
LIITE A Tarkat ohjeet NET-R5 vastaanottimien pystytykseen ja käynnistämiseen!

LIITE B Havaintolomake, staattinen GPS-mittaus

LIITE C NRTK-Mittauksen ohje

### A Staattinen mittaus. GNSS-antennin pystytys

Mittauksia tavoitellaan millimetriluokassa olevaa tarkkuutta. Antennin pystytysvaiheessa on helppo tehdä virheitä, jotka aiheuttavat senttimetrien virheitä havaitussa sijainnissa, joten pystytyksessä on oltava tarkkana. Pakkokeskistysalusta keskistetään pisteelle ja tasataan optisen luodin ja rasiatasaimen avulla. Antennijohdo kiinnitetään antenniin, ja antenni pakkokeskistysalustaan ennen lopullista keskistämistä, tasaamista ja korkeuden mittausta. Huomaa, että antennijohdon liittimessä on pitkä kierre, joka on ruuvattava pohjaan asti.



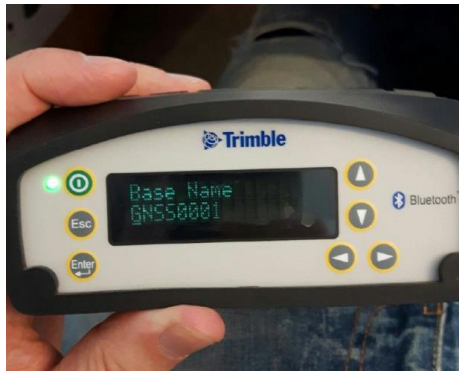
Kaikki GNSS-sessioon osallistuvat antennit on suunnattava samaan suuntaan. Tämä johtuu siitä, että antennien vaihekeskipiste ei ole keskellä. Jos antennit on suunnattu sattumanvaraisesti, saattaa syntyä useamman senttimetrin virhe havaitussa sijainnissa. Antennin alapinnassa oleva nuoli (kts. kuva) suunnataan magneettiseen pohjoiseen erillisen kompassin avulla. Tämä onnistuu parhaiten katsomalla ensin antennin alapuolelta minkä säteittäisten reikäjonojen välillä nuoli on. Koska nuoli on reikäjonojen puolella välissä, itse suuntaus voidaan tehdä antennin yläpuolella.



Havaintolomakkeeseen merkitään normaalitapauksessa vino etäisyys pisteen kohdistusmerkistä antennin ulkokehän alareunaan yllä olevien kuvien osoittamalla tavalla. Oikealla olevassa kuvassa mitattu korkeus on siis noin 1.389 metriä. Mittaus toistetaan kolme kertaa antennin eri puolilta siten että mahdollinen tasoausvirhe tai mittausvirhe paljastuu. Mittaustulokset saavat poiketa keskenään korkeintaan 1 mm. Nämä kolme mittausta tehdään sekä ennen GPS-sessiota että sen jälkeen.

## B Trimble NET-R5 GNSS-vastaanottimen käynnistysohje

Käynnistetään laite. Laitteen asetuksia säädetään nuolinäppäimillä, valikossa liikutaan Enter ja Esc näppäimellä. Paina Enteriä niin kauan, että "Base Name" tulee näytölle, sitten paina oikealle osoittavaa nuolinäppäintä. Nyt voit valita kirjasimet painamalla nuolinäppäimiä ylös/alas. Tämän jälkeen paina Enteriä niin pitkään, että voit syöttää antennin korkeuden samalla tavalla.



Lopuksi kiinnitä antenni johto ja laite alkaa mittaamaan!



## C Staattinen havaintolomake

GPS FIELD LOG Page 1 of \_\_

Project Name \_\_\_\_\_ Project Number \_\_\_\_\_

Receiver Model/No. _____	Station Name _____
Receiver Software Version _____	Station Number _____
Data Logger Type/No. _____	4-Character ID _____
Antenna Model/No. _____	Date _____
Cable Length _____	Obs. Session _____
Ground Plane Extensions Yes ( ) No ( )	Operator _____

<i>Data Collection</i>	<i>Receiver Position</i>
Collection Rate _____	Latitude _____
Start Day/Time _____	Longitude _____
End Day/Time _____	Height _____

Obstruction or possible interference sources \_\_\_\_\_

General weather conditions \_\_\_\_\_

Detailed meteorological observations recorded: Yes ( ) No ( )

**Antenna Height Measurement**

Show on sketch measurements taken to derive the antenna height. If slant measurements are taken, make measurement on two opposite sides of the antenna. Make measurements before and after observing session.

Vertical measurements ( )

Slant measurements ( ): radius \_\_\_\_\_ m

BEFORE	AFTER
_____ m _____ in.	_____ m _____ in.
_____ m _____ in.	_____ m _____ in.
Mean _____	
Corrected to vertical if slant measurement _____	
Vertical offset to phase center _____	
Other offset (indicate on sketch) _____	
<b>TOTAL HEIGHT</b> _____	

Verified by: \_\_\_\_\_

FIGURE 7.18 GPS Field Log. (Courtesy of Geomatics, Canada)

## D Verkko-RTK-ohje

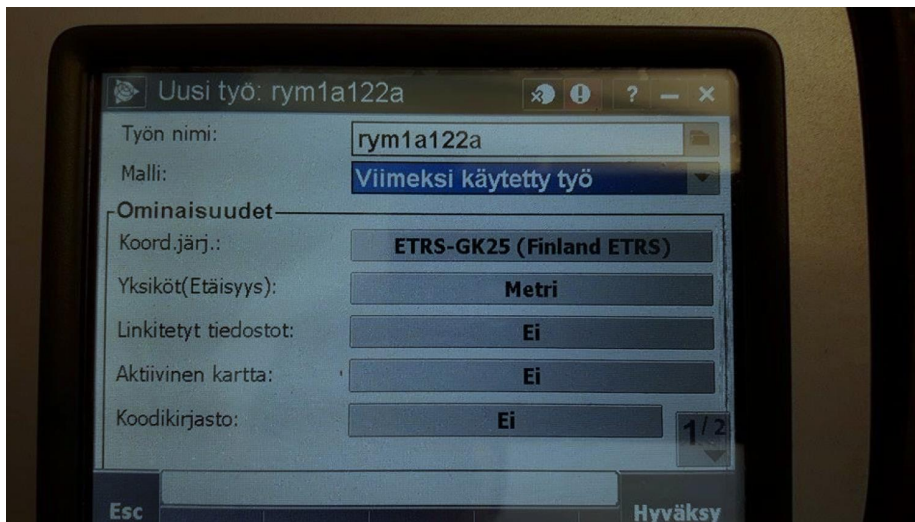
Käynnistetään laite. Painetaan power-nappulaa sekä vastaanottimesta, että maastotietokoneesta.

**Luodaan uusi työ:** Valitse aloitus valikosta TYÖT valikko. Avautuvasta listasta valitaa uusi työ.

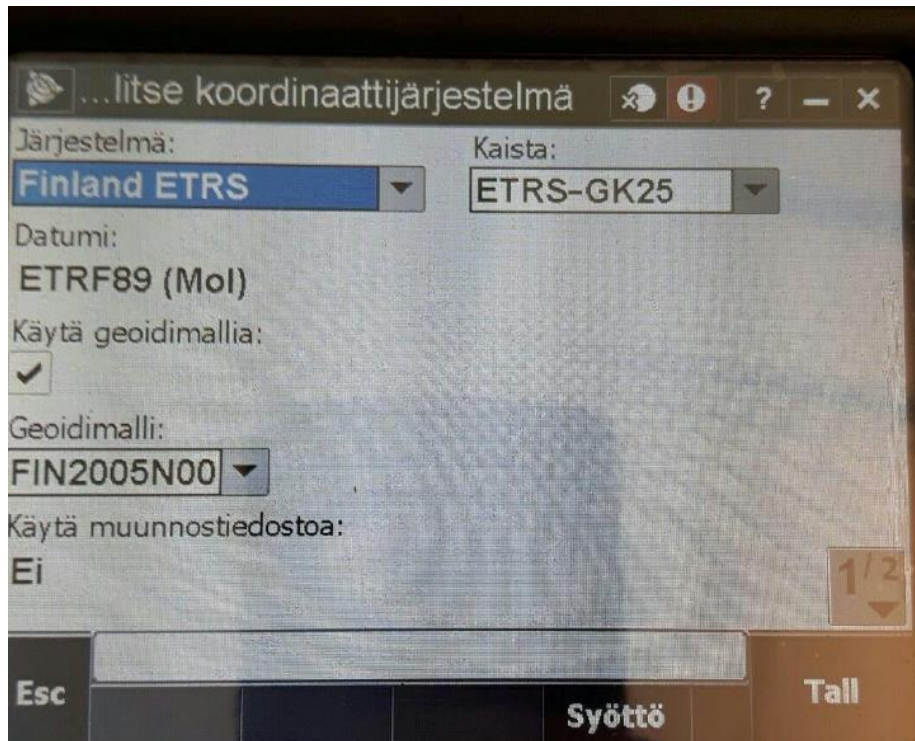
Nimeä työ seuraavasti [Kojeharjoitusryhmä: RYM1-RYM6 tai MAA1-MAA3][Ryhmäkoodi: A, B tai C][GPS- päivä: 1-365][Mittausalue: Ryhmä A:lla = A, Ryhmä B:llä = B ja Ryhmä C:llä = C]. GPS-kalenteri, josta voi tarkistaa GPS-päivän on liitteenä kansiossa!

Lisäksi tekijät kirjoitetaan ”Tekijät”-kenttään.

Alla olevassa kuvassa on esimerkki RYM1-kojeharjoitusryhmälle seuraavin tiedoin: Ryhmäkoodi A, GPS- päivä 122 (eli kalenteripäivä 22.4.) ja mittausalueena A:



Vaihda koordinaattijärjestelmä painamalla kosketusnäytössä koordinaattijärjestelmä palkkia. Avautuvasta listasta valitse VALITSE KIRJASTOSTA. Vaihda asetukset alla olevan kuvan mukaisiksi ja paina Enter.



Mittaus aloitetaan valitsemalla päävalikosta mittaus ja aukeavasta valikosta karttusmittaus.

- 1.
5. Otetaan GNSS-antenni ulos laatikostaan ja GNSS-sauva esille. Kierretään GNSS-antenni GNSS-sauvan yläpäähän tukevasti kiinni! Pidenneetään GNSS-sauvaa haluttuun korkeuteen lukitusnappia painamalla! Muista tarkistaa, että lukitusnappi lukittuu korkeuden ollessa sopiva ja muista sauvan korkeus!
6. Kaksi vaihtoehtoa maastotietokoneen käsittelylle:
  - (a) Kiinnitetään maastotietokone tukevasti GNSS-sauvaan (assistentit näyttävät tarkemmin harjoituksessa)! Kun nämä kaikki ovat kiinni toisissaan, niin muista käsitellä varoen!!
  - (b) Yksi henkilö hoitaa maastotietokoneen käsittelyn, kun taas toinen varmistaa GNSS-sauvan oikeaoppisen pisteelle pystytyksen ja sauvan stabiloinnin.
7. Siirrytään ryhmän ensimmäiselle mitattavalle pisteelle mittausalueella. Järkevintä on käydä mitattavan alueen pisteet läpi pienimmästä suurimpaan. (Esimerkiksi A-alueella ensin NRTK1, sitten NRTK2 ja lopuksi NRTK4)

8. Seuraavaksi opastusta vielä maastotietokoneen toiminnoista työtilaan siirtymisessä:

9. Kuivaharjoittelutietoa ennen mittauksia (ÄLÄ VIELÄ SUORITA!!):

Alla olevassa kuvassa näkyy teksti ”Kartoitusmittaus”. ”Pistenumero” –kenttään tulisi kirjoittaa mitattavan NRTK-pisteen pistenumero, joka ensimmäinen löytyy NRTK-mittauslomakkeen ”Piste”-sarakeesta. Alla olevassa kuvassa on esimerkkinä ”NRTK14”. Kullakin NRTK-pisteellä suoritetaan viisi mittausta, ja kone syöttää itsestään kunkin pistenumeron mittaamisen jälkeen seuraavan numeron viimeisen numeron tilalle. Eli alla olevan esimerkin tapauksessa tulisi mitata yhdellä NRTK-pisteellä pistenumerot NRTK11-NRTK15.

”Antennikorkeus” -kenttään tulisi syöttää sauvan mukainen lukema, kuten vaikkapa 1.8 m tai 2.0 m. Muista tarkistaa tämä aina!



10. *NRTK-pisteelle pystytys*: Kun olet mitattavalla pisteellä, niin GNSS-sauva – jonka päässä GNSS-antenni on – täytyy pystyttää mitattavalle pisteelle. Tähtää sauvan terävä kärkiosa naulan keskelle ja pidä sauva liikkumattomassa tilassa seuraamalla sauvan rasiatasainta. Ilmakuplan tulisi pysyä rasiatasaimen keskellä!

11. ALOITETAAN MITTAUKSET: Jokaisella NRTK-pisteellä suoritetaan viisi mittausta.  
Merkitään NRTK-mittauslomakkeeseen:
  - Mittaukset alkoi (UTC): UTC-kellonaika, kun mittaukset alkavat (eli silloin, kun oikeasti aletaan mittaamaan)
12. ALOITETAAN MITTAUKSET: maastotietokoneen käyttö siirytään mitaustilaan. ”Pistenumero” -kenttään tulisi kirjoittaa mitattavan NRTK-pisteen pistenumero, joka ensimmäinen löytyy NRTK-mittauslomakkeen ”Piste”-sarakkeesta. ”Antennikorkeus” -kenttään tulisi syöttää GNSS-sauvan mukainen lukema.
13. Siirytään seuraaville NRTK-pisteille ja toistetaan kohdat 11 ja 13!
14. Kun kaikki NRTK-pisteet on mitattu, niin merkitään NRTK-mittauslomakkeeseen:
  - Mittaukset päättyi (UTC): UTC-kellonaika, kun mittaukset päättyivät (eli silloin, kun kaikki pisteet on mitattu)
15. Mikäli aikaa jää, niin ryhmät voivat suorittaa kartoitusmittauksia oman alueensa tieosuudella esimerkiksi viiden metrin välein reunoilta ja keskeltä tietä (kysy assistenteilta lisätietoa).
16. Lopetetaan mittaukset ja pakataan tarvikkeet! Kun mittaukset on saatu valmiiksi, viedään välineet assistenttien johdolla varastoon ja laitetaan akut lataukseen, jotta seuraavakin harjoitusryhmä pystyy suorittamaan harjoituksen!