



BACHELOROPPGAVE:

# Kontroll av fastmerker

*Jordspyd versus søyler*

FORFATTERE:

*Tord S. Arnekleiv*

TORD SLETTVOLD ARNEKLEIV  
STUDENTNUMMER: 100842

*Emil M. Hagestande*

EMIL MURTNES HAGESTANDE  
STUDENTNUMMER: 100839

Dato: 15.05.2013

## 1 Forord

Denne oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Statens Vegvesen. Bacheloroppgaven dekker 20 studiepoeng og er skrevet ved avdelingen for teknologi, økonomi og ledelse ved Høgskolen i Gjøvik. Høgskolen har ca 3000 studenter og 320 ansatte og ligger på Kallerud i Gjøvik. Skolen har et bredt spekter av studietilbud og tilbyr utdanning på års-, bachelor- og masternivå.

Gruppemedlemmene, Emil Hagestande og Tord Arnekleiv begynte ved høgskolen høsten 2010. Bakgrunnen for valg av studiet var muligheten for å kombinere teori og praksis. Høgskolen i Gjøvik har en av landets beste utstyrsark innenfor geomatikk og vi får brukt kunnskapen fra forelesningene i praksis. Vi har begge valgt retningen landmåling og trives med dette valget.

Tittelen "Kontroll av fastmerker" kom fram etter samtale med Statens Vegvesen. De foreslo en problemstilling som vi tilslutt ble enige om å gjennomføre.

Vi vil takke våre veiledere Bjørn Arild Godager og Stein Ivar Øvergaard, samt våre kontaktpersoner hos Statens Vegvesen, Trond Olav Noren, Georg Smakic og Einar Gladhaug for hjelp og veiledning gjennom oppgaven.



Figur 1: Statisk måling av jordsspyd (Privat)

## 2.1 Sammendrag

Tittel:	Kontroll av fastmerker		Dato : 15.05.13
Deltaker(e)/	Tord Slettvold Arnekleiv Emil Murtnes Hagestande		
Veileder(e):	Stein Ivar Øvergaard Bjørn Arild Godager		
Evt. oppdragsgiver:	Statens Vegvesen v/ Einar Gladhaug og Trond Olav Noren		
Stikkord/nøkkelord:	Statisk GNSS, fastmerker, forflytning		
Antall sider/ord: 68/13238	Antall vedlegg: 5	Publiseringsavtale inngått: ja	
<p>Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:</p> <p>Vi fikk i oppdrag av Statens Vegvesen å forske på om jordspyd flytter på seg i løpet av vinterhalvåret. Vi har benyttet målemetoden statisk GNSS. Målt i 120 minutter, hvor to mottakere står sentrert over landsnett/stamnettpunkt og en over de aktuelle fastmerkene. Første målerunde utførte vi i januar, mens andre målerunde ble tatt i april.</p> <p>Vi har også forsket på eventuelle årsaker til at jordspyd/søyler flytter på seg, samt hvilken metode som er anbefalt ved forankring av disse. Telehiv har stor innvirkning på fastmerkets nøyaktighet og stabilitet, og vi har forhørt oss med aktører som har erfaring med både etablering/forankring og hvor godt de holder seg på plass.</p> <p>Resultatet viste at jordspydene var relativt stabile, mens våre beregninger og analyser viste at søylene har flyttet på seg. Når vi utførte siste målerunde hadde ikke telehiven gått helt, men likevel hadde noen av punktene forflyttet seg.</p> <p>Vår anbefaling til Statens Vegvesen er å ta våre erfaringer og resultater til vurdering i valget mellom jordspyd og søyler.</p>			

## 2.2 Abstract

Title:	Control of ground rods and bars		Date : 15.05.13
Participants/	Tord Slettvold Arnekleiv Emil Murtnes Hagestande		
Supervisor(s)	Stein Ivar Øvergaard Bjørn Arild Godager		
Employer:	Statens Vegvesen w/ Einar Gladhaug and Trond Olav Noren		
Keywords:	Static GNSS, ground rods, displacement		
Number of pages/words: 68/13238	Number of appendix: 5	Availability: Open	
<p>Short description of the bachelor thesis:</p> <p>We were commissioned by Statens Vegvesen to investigate whether ground rods change its position during the winter months. To determine this, we used the method of measuring static GNSS. We have measured for 120 minutes, where two receivers are centered above known points and one over the relevant benchmarks. First measure where performed in January, while the other measuring was taken in April.</p> <p>We also investigated the possible causes for ground rods/bars to move, and the methodology recommended by anchoring them. Frost heave has a big impact on the benchmarks accuracy and stability, and we questioned companies who have experience with the establishment and anchoring, and how well they stay in place.</p> <p>We have used software programs as LEICA Geo Office and Gemini Oppmåling of analyzing raw data and the vectors between points.</p> <p>The result we reached surprised us and was not what we had envisaged. They proved that the rods were relatively stable, while the bars moved. When we performed the last measure-round the frost heave wasn't gone completely, but still had some of the points moved.</p> <p>Our recommendation for Statens Vegvesen is to take our experiences and results for consideration in the choice of ground rods or bars.</p>			

## Innhold

1 Forord .....	2
2.1 Sammendrag .....	3
2.2 Abstract .....	4
3 Figurerliste.....	7
4 Tabelliste .....	8
5 Innledning.....	9
5.1 Problemstilling.....	9
5.2 Mål.....	9
5.2.1 Statens Vegvesens mål .....	9
5.3 Prosjektets involverte.....	10
5.3.1 Gruppens deltagere.....	10
5.3.2 Statens Vegvesen .....	10
5.3.3 Veiledere .....	10
6 Lokasjon.....	10
7 Metode .....	12
8 Prinsipper og teori .....	13
8.1 Terminologi.....	13
8.2 GNSS .....	13
8.2.1 Satellittsystemet.....	14
8.2.2 Rom- segmentet .....	14
8.2.3 Bruker- segmentet.....	14
8.2.4 Kontroll- segmentet.....	14
8.2.5 GLONASS og Navstar GPS .....	14
8.3 Mulige feilkilder.....	15
8.3.1 Grove feil .....	15
8.3.2 Systematiske feil.....	15
8.3.3 Tilfeldige feil .....	17
8.4 Etablering av fastmerker .....	18
8.4.1 Generelt om fastmerker .....	18
8.4.3 Forskjellige type fastmerker .....	18
8.5 Telehiv .....	20
8.6 Grunnmaterialer, grunnforhold og dets betydning.....	21
8.6.1 Fjell .....	21

---

8.6.2 Morene .....	21
8.6.3 Jord .....	22
9 Bransjens syn på etablering av gode og sikre fastmerker .....	22
9.1 Bransjens erfaringer med grunnforhold.....	24
9.2 Utlandet.....	24
10 Målinger .....	25
10.1 Metode .....	25
10.2 Utstyr .....	25
10.2.1 Leica Viva GS15 mottaker.....	26
10.2.3 Tilleggsutstyr .....	27
10.3 Planlegging .....	27
10.3.1 Ukontrollerbare forstyrrelser .....	28
10.3.2 Kontroll og kalibrering av dåse-, rørlibelle og optisk lodd .....	30
10.4 Utførelse målinger del 1.....	31
10.4.1 Åsta.....	31
10.4.2 Evenstad .....	33
11 Analyse .....	35
11.1 Programvare .....	35
11.1.1 Leica Geo Office 8.1.....	35
11.1.2 Gemini Oppmåling 5.1.....	35
11.2 Analyse i Leica Geo Office .....	36
11.3 Analyse i Gemini Oppmåling .....	38
11.3.1 Foreløpig utjevning.....	38
11.3.2 Grovfeilsøk.....	39
11.3.3 Grunnlagstest .....	40
11.3.4 Indre pålitelighet .....	40
11.3.5 Ytre pålitelighet .....	41
11.3.6 Endelig utjevning .....	42
12 Resultat.....	43
13 Diskusjon .....	50
14 Konklusjon .....	51
15 Kilder.....	53
16. Vedlegg .....	56
16.1 Evenstad .....	56

16.2 Åsta.....	68
----------------	----

### 3 Figurerliste

Figur 1: Statisk måling av jordsspyd (Privat).....	2
Figur 2: Kart over området (norgeskart.no) .....	10
Figur 3: Kartutsnittet viser løsmasseforholdene på Evenstad (jordsspyd) (ngu.no) .....	11
Figur 4: Kartutsnittet viser løsmasseforholdene på Åsta (søyler) (ngu.no) .....	11
Figur 5: Slik ser et typisk fjellmerke ut. ....	18
Figur 6: En oppvatret søyle på Åsta- anlegget.....	19
Figur 7: Illustrasjonen viser hvordan telehiv oppstår (Illustrasjon: Statens Vegvesen) .....	20
Figur 8: Tegningen illustrer hvordan jordsspyd kan skyves oppover ved telehiv. (Privat).....	21
Figur 9: Vingemur for stikkrenne (Foto: Ølen Beting AS) .....	23
Figur 10: Kantdrageren ligger rett bak rekkverket (Illustrasjon: Statens Vegvesen) .....	23
Figur 11: Leica VIVA GS15 (Foto: Leica Geosystems) .....	26
Figur 12: Leica VIVA TS15 (Foto: Leica Geosystems) .....	26
Figur 13: Bildet viser plasmainholdet i atmosfæren for 15.04.13 klokka 13:00 norsk tid. (seSolstorm.no) .....	29
Figur 14: Ferdig kalibrert dåse- og rørlibelle (privat) .....	30
Figur 15: Her kontrolleres det optiske loddet (privat) .....	30
Figur 16: L2 (Leica Geo Office).....	37
Figur 17: L1 (Leica Geo Office).....	37
Figur 18: Koordinatforskjeller i punkt FM 4 mellom Stor-Elvdal kirke og Rasta (Gemini Oppmåling)..	37
Figur 19: Slik settes vektene i Gemini Oppmåling (Gemini Oppmåling) .....	38
Figur 20: Tilleggsukjente (Gemini Oppmåling) .....	42
Figur 21: Loddavvik.....	42
Figur 22: Bildet viser forflytningen til jordsspydene på Evenstad. Merk at pilene er sterkt overdrevet. (norgeskart.no).....	45
Figur 23: Bildet viser forflytningen til jordsspydene på Evenstad. Merk at pilene er sterkt overdrevet. (norgeskart.no).....	46
Figur 24: Forflytningen av søylene på Åsta hvor feilellipser er tegnet inn, samt høydeforskjellen og høydedeformasjonen (privat) .....	47
Figur 25: Forflytningen av jordsspydene FM4, FM5 og FM6 på Evenstad hvor feilellipser er tegnet inn, samt høydeforskjellen og høydedeformasjonen (privat).....	48
Figur 26: Forflytningen av jordsspydene FM7 og FM9 på Evenstad hvor feilellipser er tegnet inn, samt høydeforskjellen og høydedeformasjonen (privat).....	49
Figur 27: PPP med TerraPos (terratec.no).....	50

---

## 4 Tabelliste

Tabell 1: Tegnforklaring til løsmassekart.....	12
Tabell 2: DOP-verdier .....	17
Tabell 3: Tilleggsutstyr.....	27
Tabell 4:Koordinater til kjente punkt (norgeskart.no) .....	27
Tabell 5: Målerunde 1 (januar) Åsta.....	32
Tabell 6: Målerunde 2 (april) Åsta.....	32
Tabell 7: Målerunde 1 (januar) Evenstad .....	34
Tabell 8: Målerunde 2 (april) Evenstad .....	34
Tabell 9: Vekting i Gemini Oppmåling .....	39
Tabell 10: Krav til område, grunnriss.....	41
Tabell 11: Krav til område, høyde .....	41
Tabell 12: Resultat, Åsta .....	43
Tabell 13: Resultat, Evenstad .....	43
Tabell 14: Sann forflytning, Åsta .....	44
Tabell 15: Sann forflytning, Evenstad.....	44



## 5 Innledning

### 5.1 Problemstilling

Etter samtale med Statens Vegvesen ønsket de å vite hvor mye søyler og jordspyd (80cm) flytter på seg i løpet av vinteren. Fastmerkene skal brukes til innmåling på anlegg som krever høy nøyaktighet, og det er derfor viktig at de oppfører seg stabilt over en lengre periode. Vi vil også se på løsmassene disse er slått ned i og om dette har påvirkning.

Vår oppgave blir å finne ut hvor mye de flytter på seg både i grunnriss og høyde. Ut ifra resultatet vi får vil Staten Vegvesen enten beholde de jordspydene som allerede er etablert, eller etablere kostbare søyler som forankres i bakken.

### 5.2 Mål

Målet er å finne ut om jordspyd og søyler flytter på seg gjennom vinterhalvåret. Vi ønsket å undersøke i hvor stor grad telehiv påvirker fastmerkene, hvor mye de eventuelt flytter seg og om eventuell bevegelse påvirkes av løsmassene grunnen består av. Dette skal vi finne ut av ved å måle statisk GNSS og stramme opp målingene med polygondrag hvis det blir nødvendig. For å oppdage posisjonsendring må målingene være meget nøyaktige, med maks standardavvik på 2-3mm + 1ppm. Metoden vi bruker for å måle dette brukes også til innmåling av landsnett- og stamnettpunkt.

Vi vil også vurdere forskjellige forankringer i ulike jordsmonn. Hva egner seg best, og hvilke erfaringer har anleggsbransjen med dette. Med disse målene vil vi få et læringsutbytte som innebærer selvstendige målinger, analyse av data og utarbeiding av en fullverdig rapport med vurderinger og resultat.

#### 5.2.1 Statens Vegvesens mål

Det er planlagt utbygging av riksveg 3 i Stor-Elvdal. I den forbindelse er de usikre på om eksisterende jordspyd er godt nok for anlegget. På bakgrunn av våre vurderinger og konklusjoner, vil de kunne velge mellom jordspyd eller søyler. Vi skal derfor også måle tre søyler for å se om disse flytter på seg. Disse er lokalisert på et pågående anlegg på Åsta, sør for Rena.

## 5.3 Prosjektets involverte

### 5.3.1 Gruppens deltagere

Gruppen består av Emil Murtnes Hagestande og Tord Slettvoold Arnekleiv. Vi studerer begge geomatikk, med studieretning landmåling. Vi har god kjennskap til metoden statistisk GNSS, samt utstyret og programvaren vi bruker. Men vi vil trenge råd og veiledning gjennom utførelsen for å presentere resultatet med god sikkerhet.

### 5.3.2 Statens Vegvesen

I Statens Vegvesen har vi tre kontaktpersoner. Einar Gladhaug er seksjonsleder på eiendom/landmålings-avdelingen på Hamar, og i samarbeid med Trond Olav Noren drøftet vi oss fram til den aktuelle problemstillingen. Trond Olav har vært veldig hjelpelig med å vise oss ulike stamnettspunkt vi kan bruke og fastmerkene vi skal måle. Han har hjulpet oss med litteratur, oversiktskart og transport til og fra Rena omegn. Georg Smakic har veiledet oss underveis når det gjelder praktiske spørsmål.

### 5.3.3 Veiledere

På Høgskolen i Gjøvik fikk vi tildelt to veiledere, Stein Ivar Ødegaard og Bjørn Arild Godager. Begge er gode både teoretisk og praktisk og har gitt oss tips og tilbakemeldinger på arbeidet vi har gjort. De har også veiledet oss gjennom det formelle rundt oppgaven, slik at resultatet blir best mulig.

## 6 Lokasjon



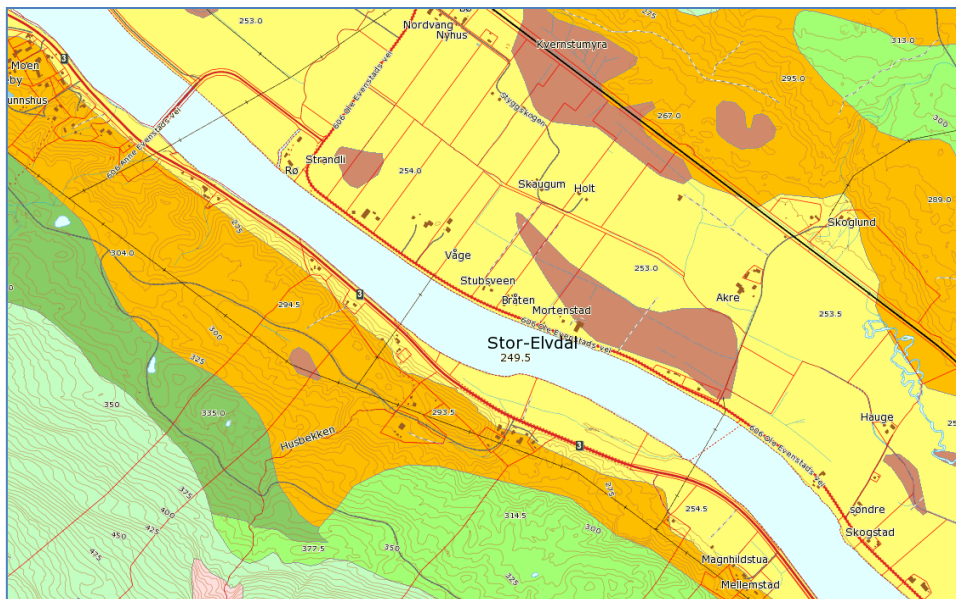
Figur 2: Kart over området (norgeskart.no)

Feltarbeidet vil foregå på to ulike steder. Søylen er plassert på et eksisterende anlegg på Åsta, hvor Statens Vegvesen er byggherre og AF Gruppen er entreprenør. Anlegget strekker seg over 7km hvor Rena ligger i nordenden av strekningen.

Prosjektet går ut på utbedring av riksveg 3.

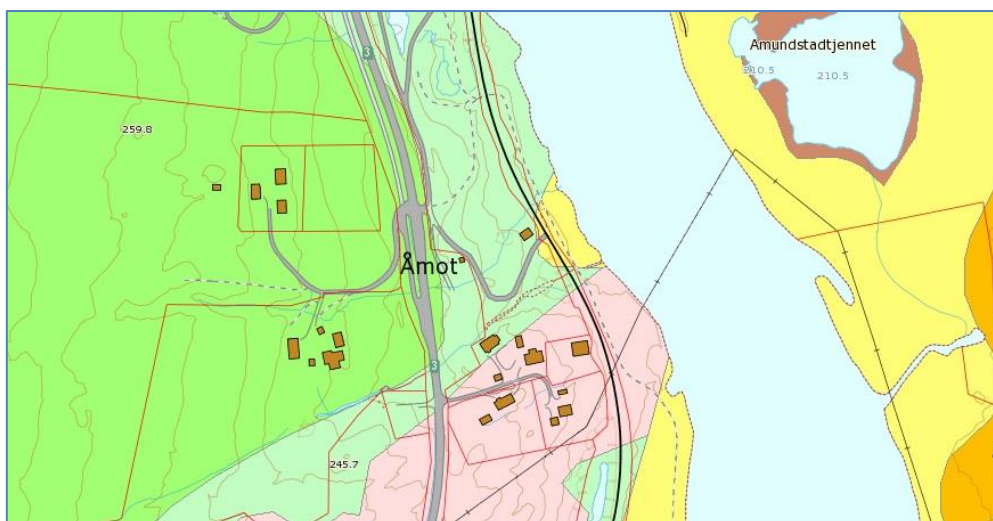
Jordspydene er satt opp langs riksveg 3 ved Evenstad, ca 41km nord for Rena. Det er 300-400 meter mellom hvert jordspyd og det er til sammen slått ned 22 spyd. Disse har Statens Vegvesen slått ned og målt inn selv.

Begge områdene er preget av mye tungtrafikk fra trailertransport og militære kjøretøy og består stort sett av skog på vestsiden av riksvegen mens det er mer rensket for vegetasjon ned mot Glomma. Skogen på vestsiden av riksvegen i tillegg til det skrånende terrenget, har gitt oss utfordringer med tanke på måleforholdene. Løsmassene i området er preget av elvemorene og en del elveavsetninger fra Glomma. Vi har, etter samtale med geolog på Høgskolen i Gjøvik, fått vite at disse jordtypene opptrer relativt likt med tanke på telehiv og forflytning.










Figur 3: Kartutsnitt viser løsmasseforholdene på Evenstad (jordspyd) (ngu.no)

Området der søylene er etablert består i hovedsak av tynn og tykk morene, samt fjell med stedvis tynt dekke. Våre søyler står i tynn morene.



Figur 4: Kartutsnittet viser løsmasseforholdene på Åsta (søyler) (ngu.no)

Tabell 1: Tegnforklaring til løsmassekart

Farge	Forklaring
	<i>Tynn morene</i>
	<i>Tykk morene</i>
	<i>Randmorene</i>
	<i>Elveavsetning</i>
	<i>Breelavsetning</i>
	<i>Bart fjell, stedvis tynt dekke</i>
	<i>Torv og myr</i>

## 7 Metode

I arbeidet med oppgaven har vi jobbet i 6 faser.

### 1. Litteraturstudier

Gjennom fagbøker, artikler og nettsider har vi tilegnet oss dypere forståelse og kunnskap om ulike målemetoder, analysering av data og generell kunnskap om fastmerker. Dette har vært viktig for å kunne levere en god oppgave og et godt resultat.

### 2. Intervjuer

For å finne ut om noen aktører i Norge hadde en standard på hvordan fastmerker skulle etableres måtte vi kontakte hver enkelt. Vi har vært i kontakt med et titalls ulike etater og firmaer, og etterspurt fremgangsmåte, ulike metoder og erfaringer. Det vi erfarte fra disse samtalene skal vi belyse senere.

### 3. Målinger

Vi har ved to anledninger målt de aktuelle jordspydene og søylene. Første omgang ble utført så fort som mulig etter samtale og veiledning med vegvesenet og veiledere. Andre omgang gjorde vi senest mulig med tanke på analysering og rapportskrivning rundt resultatet.

### 4. Analyse

Gjennom semesteret har vi gjort analyse av rådataene fortløpende. Det var viktig for oss å være ferdig med analysering av første målerunde før vi begynner med andre. På

denne måten kunne vi erfare hvilken metode som fungerte best til analyseringen før målerunde to. Tilslutt ser vi på eventuell forflytning av fastmerkene.

## 5. *Rapportskriving*

Gjennom hele semesteret har vi jobbet med å skrive ferdig rapport.

# 8 Prinsipper og teori

## 8.1 Terminologi

- GNSS – Global Navigation Satellite System. Fellesbetegnelse for satellittbaserte systemer for navigasjon og posisjonering med global dekning.
- TPS - Total Positioning Station. Fellesbetegnelse for alle totalstasjoner.
- Datum – Et datum definerer plasseringen av et koordinatsystem ved plasseringen av origo, målestokk og orienteringen av aksene.
- Stamnett – Et overordnet nett av fastmerker i Norge, etablert av Statens Kartverk. Erstatte det tidligere trekantnettet.
- Landsnett – Et overordnet nasjonalt nett av fastmerker som utgjør en fortetning av stamnettet ned til ca 5km punktavstand i bebygde områder.

(Kilde: 7)

## 8.2 GNSS

Det finnes i hovedsak to metoder for å utføre GNSS-målinger (13). Den første kalles enkeltpunktbestemmelse hvor det er kun én mottaker som logger satellittdata. Dette gir en nøyaktighet på  $\pm 15$  meter i grunnriss ved bruk av vanlig håndholdt GPS. Ved den andre metoden, differensiell GNSS, brukes minimum to eller flere mottakere samtidig. Denne brukes hvor det kreves høyere nøyaktighet. Ved denne metoden blir en mottaker plassert over et kjent punkt (basestasjon) og sender korreksjonsdata til den andre mottakeren. Igjen kan vi dele GNSS-målinger i to. Det finnes kodemålinger og fasemålinger. Kodeobservasjoner gir posisjonsbestemmelse i sanntid (lav nøyaktighet) og ettertid (høy nøyaktighet), mens faseobservasjoner gir posisjonsbestemmelse etter at datasettene har blitt analysert.

### 8.2.1 Satellittsystemet

Satellittsystemet vi benytter oss av ved GNSS målinger består av tre ulike deler.

### 8.2.2 Rom- segmentet

Denne delen består av satellitter, samt raketter og utstyr for å skyte de opp. Satellittene sender ut informasjon om tidsangivelser, banedata og tilnærmede banedata. Dette sendes ved bruk av to ulike frekvenser, L1 og L2. Signalene er bærebølger med påmodulert informasjon.

### 8.2.3 Bruker- segmentet

Denne delen består av utstyret landmåleren eller "mannen i gata" bruker. Mottakerne kan få sin posisjon i sanntid eller de kan få posisjonen ved bruk av etterprosessering. Dette kommer helt ann på ønsket nøyaktighet og utstyrsnivå.

### 8.2.4 Kontroll- segmentet

Kontroll- segmentet består av fem stasjoner som er spredd rundt om på jorda. De overvåker satellittene og kontrollerer at de virker som de skal. Samtidig sender kontrollstasjonene ut ny data til satellittene. Dette kan være ny banedata og klokkekorreksjoner.

### 8.2.5 GLONASS og Navstar GPS

Vi har i dag to brukte satellittsystemer; GLONASS og Navstar GPS.

GLONASS er et russisk system som betyr Global Navigation Satellite System. Det er militært, men kan også brukes av allmennheten. Det skal ha samme nøyaktighet som GPS og vil ikke påvirke målingene på en negativ måte, tvert imot. Systemet vil bestå av 50 satellitter når det er ferdig utbygd.

Navstar GPS er et amerikansk militært system som betyr Navigation Satellite with Time And Ranging. Systemet består av 24 satellitter fordelt på seks baneplan. Dette betyr at vi vil til enhver tid kunne motta signaler fra 4 – 12 satellitter. Systemet ble ferdig og klar for bruk i 1995 og har siden da gitt brukerne solide data.

(Kilde: 13)

### 8.3 Mulige feilkilder

Når man utfører landmålingsarbeid er kvalitetssikring viktig. Landmåleren har ansvaret for at alle målingene som blir utført oppfyller kravene som er satt i kontrakten og at man leverer data av god kvalitet. Ved statisk GNSS måling kan vi ha flere feilkilder. Vi kan ha forutsette feil som det er mulig å oppdage og vi kan ha feil som er vanskelige å finne og løse eller fjerne.

#### 8.3.1 Grove feil

Grove feil avviker fra de mindre tilfeldig fordelte feilene i observasjonsmaterialet. Disse feilene oppstår i hovedsak av menneskelig svikt. Grovfeil kan komme av flere forskjellige typer menneskelig svikt og kan blant annet være:

- Avlesningsfeil – leser av feil tall på antennehøyde
- Feil i datumparametre
- Oppstilling i feil punkt eller feil bruk av koordinater
- Unøyaktig oppstilling over punkt

For å unngå disse feilene er det viktig å ha gode kontrollrutiner i felt. Avlesningsfeil kan enkelt lukes bort ved at vi kontinuerlig dobbeltsjekker og måler antennehøyden fra flere steder. I vårt feltarbeid har vi vært påpasselige med å skrive opp alle detaljer om punktet i måleskjemaet vi benyttet. På denne måten kan vi kontrollere det underveis i målingene og i etterkant.

#### 8.3.2 Systematiske feil

Systematiske feil er feil som påvirker målingene ensidig. De systematiske feilene kommer i hovedsak av instrumentfeil eller observasjonsforholdene i måleperioden. Disse feilene er ukontrollerbare og nesten umulig å oppdage ute i felt. Etterprosessering av dataene er derfor essensielt. I GNSS målinger har vi flere ulike systematiske feil. Disse er:

- **8.3.2.1 Banefeil og klokkefeil for satellittene**

Banefeil kommer av at satellittens bane blir utregnet feil fordi baneforløpet til satellitten blir påvirket av ytre faktorer i rommet. Det kan skyldes at satellitten trekkes mot Jorda, Sola eller Månen. Jordas magnetfelt og solstrålingstrykk vil også kunne påvirke satellittens bane.

Satellittmeldingen vil derfor inneholde feil satellittbanedata fordi denne blir utregnet en god stund før den blir sendt. Feilen kan derimot løses ved å bruke presise efemerider som regnes

ut i ettertid. Ved GNSS benyttes det flere satellitter samtidig, som ikke nødvendigvis har banefeil.

Klokkefeil oppstår når atomklokkene i satellittene ikke er synkronisert med GPS-tid. Dette avviket kan derimot leses av i satellittmeldingen og kan dermed elimineres. Klokkefeil vil uansett bli eliminert ved statiske målinger, da vi gjennomfører målinger ved å bruke flere mottakere.

- **8.3.2.2 Mottakerfeil**

Vi har flere typer mottakerfeil. En av disse er multipath eller flerveisinterferens. Dette oppstår når satellittsignalet blir reflektert i en overflate (som for eksempel bygninger, trær, bakke osv.) før det når mottakeren. Vi vil dermed lese av en lengre avstand fra satellitten til mottakeren enn det som er faktum. En slik feil vil kunne skape en del problemer ved kortere måleperioder.

En annen type mottakerfeil er elektronisk støy og unøyaktighet i registreringsenheten som sitter i mottakeren. Denne feilen kan være vanskelig å fjerne og det kan også føre til at mottakeren mister kontakten med satellittene og vi får dermed det vi kaller for cycle slip (brudd i fasemålingene).

En tredje type feil er at mottakerens klokke er unøyaktig i forhold til atomklokkene i satellitten. Denne feilen får vi derimot rettet opp i ved å lese av klokkefeilen i satellittdataen.

Når man gjennomfører målinger som krever svært god nøyaktighet må alle mottakerne orienteres mot nord. Dette gjøres for å fjerne eventuelle forskyvninger i fasesenteret, det vil si nullpunktet for antennen. Her er det også viktig at man benytter samme type antenne.

- **8.3.2.3 Atmosfæriske forhold**

Radiosignalet som satellitten sender ut vil ikke oppføre seg som en rett linje gjennom atmosfæren. Signalet blir avbøyd og endrer hastighet underveis mot jorden og mottakeren. I atmosfæren er det flere årsaker til dette. Ionosfæriske forstyrrelser kan påvirke signalet veldig forskjellig fra måned til måned og fra årstid til årstid. Derfor er det vanskelig å forutse når det vil være gode måleforhold, men vi kan sjekke hvordan forholdene har vært i etterkant ved å benytte oss av Statens Kartverks nettjeneste [www.sesolstorm.kartverket.no](http://www.sesolstorm.kartverket.no). Ved å benytte oss av tofrekvente mottakere kan vi til dels beregne feilene fra atmosfæriske forstyrrelser. Mer om dette finnes i avsnittet om "**10.3.1** Ukontrollerbare forstyrrelser".



- **8.3.2.4 Satellittgeometri**

Vi har mange satellitter som vi benytter oss av når vi måler med GNSS. Posisjonene satellittene har på himmelen har mye å si på sikkerhet rundt posisjonsbestemmelsen. Med stor spredning av satellitter vil punktbestemmelsen bli mer nøyaktig og vi får en gunstig skjæring. Kvaliteten på målingene som gjennomføres vil bli omvendtproporsjonal med volumet av pyramiden som dannes ned til mottakeren. Et nøyaktighetsmål på hvor god satellittgeometrien er kaller vi DOP-verdier. Lave DOP- verdier vil si at vi har god satellittgeometri og dermed en god posisjonsbestemmelse. Vi har flere forskjellige typer DOP- verdier:

Tabell 2: DOP-verdier

Navn	Forklaring
<b>GDOP</b>	Denne beskriver nøyaktigheten for alle koordinater i tillegg til tiden.
<b>PDOP</b>	Denne er den mest brukte DOP- verdien og beskriver nøyaktigheten i både grunnriss og høyde.
<b>HDOP</b>	Denne beskriver nøyaktigheten i grunnriss, det vil si horisontal nøyaktighet.
<b>VDOP</b>	Denne beskriver nøyaktighet i høyde, det vil si vertikal nøyaktighet.
<b>TDOP</b>	Denne beskriver nøyaktigheten for tidsbestemmelsen.

### 8.3.3 Tilfeldige feil

Tilfeldige feil er de variasjonene i målingene som er igjen etter at grove og systematiske feil er fjernet. Disse feilene er umulige å unngå og de kan ha flere årsaker. Blant annet kan feilen skyldes begrenset nøyaktighet hos oss som landmålere. For eksempel vil det være tilnærmet umulig å sentrere det optiske trådkorset over en bolt med null avvik. En tilfeldig feil kan også skyldes begrenset nøyaktighet ved målemetoden og utstyret som benyttes, men her finnes det derimot en tallfestet verdi som sier noe om hvilken nøyaktighet vi maksimalt kan oppnå med en gitt mottaker og en gitt målemetode.

(Kilde: 13)

## 8.4 Etablering av fastmerker

### 8.4.1 Generelt om fastmerker

Et fastmerke er et varig merket punkt som er markert med enten bolt, jordspyd, søyle eller en annen permanent markering som kirkespir, varde og fyrlykt. Punktet er bestemt med horisontale koordinater, høyde og tyngde. Punktet skal være bestemt i et koordinatbasert referansesystem, for eksempel EUREF89 som er mest vanlig i Norge. Ellers blir NTM og lokale systemer brukt mye i anleggsbransjen. Fastmerker blir i hovedsak brukt av personer i kartleggings- og oppmålingsbransjen.

Alle fastmerker er registret digitalt eller analogt med eget identitetsnummer som er tildelt av registermyndighet. Nummeret viser 11 karakterer hvor blant annet kommune, institusjon, nummerdel og en indikator kommer fram. På Statens Kartverk sine hjemmesider kan man finne alle stamnettspunkt, samt informasjon om disse. ([www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no))

### 8.4.2 Kort om grunnlagsnett i Norge

I Norge finnes det to forskjellige grunnlagsnett som er satt opp og målt inn av Statens Kartverk. Disse utgjør et landsomfattende nett, som til sammen består av 12000 fastmerker. Stamnettets er det første grunnlagsnett som ble etablert i Norge. Videre har man opprettet et landsnett for å supplere stamnettets. Landsnettets består av eksisterende trekantpunkter, kommunale punkter og nyetablerte punkter. Fastmerkene blir boltet i fjell og derfor har de også navnet fjellmerker. Merkene blir boltet i fjell for å oppnå et så stabilt punkt som mulig. Høydegrunnlagene som nå er NN54 for stamnettets og landsnettets, vil etter hvert bli erstatt av NN2000. Det vil si at alle fastmerkene får nye høyder. Grunnlagsnettets må være av svært god kvalitet, da det utgjør grunnlaget for nye grunnlagsnett som etableres i forbindelse med anlegg, bygg osv. (Kilde: 3)



Figur 5: Slik ser et typisk fjellmerke ut.

### 8.4.3 Forskjellige type fastmerker

Vi har mange typer fastmerker. Dette kan for eksempel være bolt i fjell som bildet over eller det kan være jordspyd, forskjellige søyler med forskjellig fundamentering, faste merker som kirkespir eller varder. Felles for disse er at de er faste og med gitte koordinater av relativ god kvalitet. Vi skal nå gi en kort oversikt over forskjellige typer fastmerker.

### 8.4.3.1 Søyletyper

Søyler benyttes i hovedsak ved store anlegg. Disse kan ha forskjellig utseende og fundamentering, og undersøkelser i bransjen, hos ulike entreprenører og firmaer, forteller oss at det ikke finnes en standard på hvordan man setter opp søyler. Det finnes derimot en viss enighet om hva som kreves av fundamentering for at søylen skal stå så rolig som mulig over en lengre periode.

Hvis søylene settes i løsmasser er de som regel fundamentert med betongsøyler som er bekledd med enten plastikk eller annet gunstig materiale. Fundamentet kan variere i utforming og størrelse, men felles for disse er at de bør bli satt til frostfri dybde. Det vil si at fundamentet vil bli mindre utsatt for telehiv og andre ytre påvirkninger. Frostfri dybde kan variere mye avhengig av hvordan vinterhalvåret arter seg og det er derfor viktig at man ikke fundamenterer for grunt i løsmassene. Søyler på fjell trenger naturligvis ikke en slik omfattende fundamentering fordi grunnfjellet er en stabil plattform.



Figur 6: En oppvatret søyle på Åsta- anlegget.

Enkelte søyler er vatret opp på forhånd og i teorien kan man skru prismer rett på søylen uten å vatre opp med trefot og libelle. Lange bolter kobler fundamentet med søyle og man kan etterjustere betraktelig ved behov. Skrur man prismer/mottaker/totalstasjon rett på søylen forutsettes det da at oppvatringen er korrekt og at søylen ikke har flyttet på seg. Er man trygg på dette vil det lette en landmålers jobb og spare noe tid.

### 8.4.3.2 Bolt

Når et fastmerke er merket med bolt kan man i fastmerkeregisteret se hva slags bolt dette er. I tillegg opplyses det hva slags materiale er den laget av, om det er skrubolt eller hvor høydereferansen på bolt er. Vi har gjennom målingene sett mange fastmerker og alle har vært markert med en signalplate for bedre synlighet, både for oss og eventuell flyfotografering. Boltene deles gjerne inn i SK-type, NGO-type og firkanttype.

### 8.4.3.2 Jordspyd

Jordspyd er et enkelt fastmerke. Lengden på spydet kan variere mellom 80 og 150 cm, og det slås ned i løsmassene ved bruk av slegge. Det er denne typen spyd vi har målt i oppgaven.

Det er ofte brukt på små prosjekter eller steder der annet fastmerke er uaktuelt.

Videre kan det også bli brukt kamjern, spiker og rør til å markere fastmerker.

## 8.5 Telehiv

Telehiv er vi godt kjent med i Norge. Dette er et problem vi må hankses med hver vårløsning.

Vannet trenger ned i lagene veien er bygd opp av og utvider seg med 10 % når det fryser.

Vanligvis vil dette fylle opp hulrommene i gruslagene og vi vil ikke merke dette som telehiv.

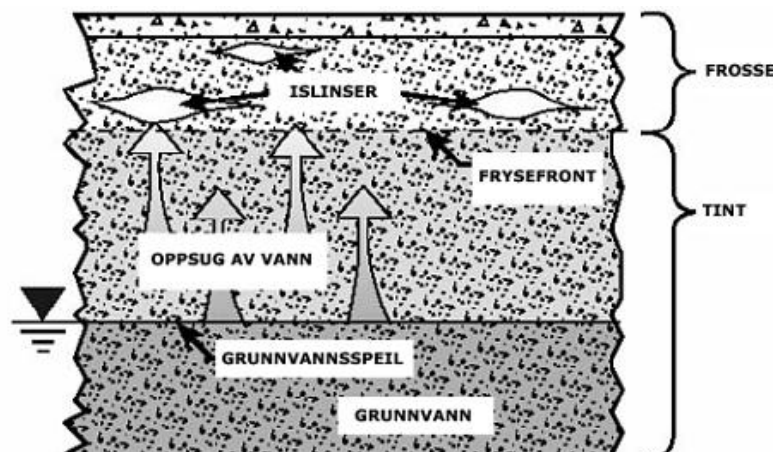
Men når frosten går ned til mer finkornet jordmasse (jord, leire), suges vannet opp nedenfra.

Frosten vil ikke lenger fylle hulrommene, men fryse til mange isklumper. Det er dette som gir

telehiv. Hvor langt ned telen går, avhenger av to faktorer. Hvor kaldt det har vært over tid og hvordan snølaget er på bakken. Jo mer snø det ligger på bakken jo bedre isolerer dette.

Man sier ofte at frosten slår inn i hus og ned i bakken når mildværet setter inn. Vitenskapelig forklart skyldes dette en forsinkelseeffekt når temperaturendringer skal transporteres ned i jordmassene. Denne forsinkelsen gjør at telehiven som regel er på det dypeste i

vårmånedene mars og april. Dette varierer fra sted til sted og hvordan vinteren/våren er (9).



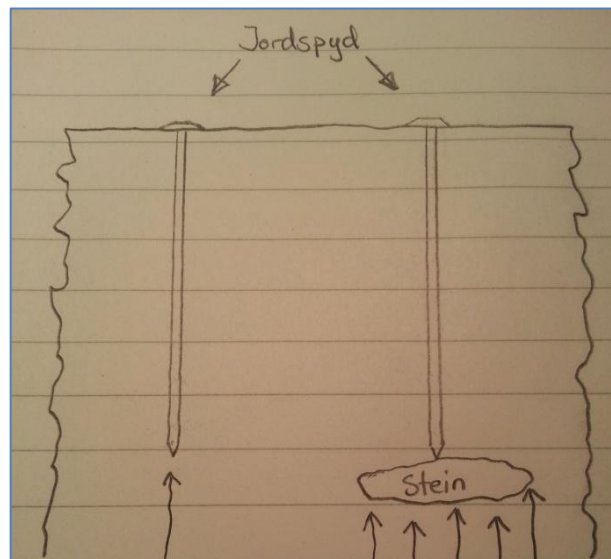
Figur 7: Illustrasjonen viser hvordan telehiv oppstår (Illustrasjon: Statens Vegvesen)

Typisk for telehiv er langsgående sprekker midt i veien. Fenomenet skjer ved at frosten trenger ned i grus- og jord-lagene under asfalten, mens brøytekantene på siden av veien isolerer. Jo mer snø det ligger på bakken, jo bedre isolerer dette.

Videre kan store steiner i underlaget utgjøre stor forskjell. Vi forbinder telehiv med ujevn vegbane, men telehiv kan forekomme overalt. I vår oppgave sjekker vi små jordspyd som lett

kan flyttes av telehiv, og "store" steiner kan forsterke effekten. Er et jordspyd slått ned over en stein vil det med stor sannsynlighet medføre at spydet flytter på seg. Jo større overflate det er, jo større sjanse er det for at frosten treffer. Viser til tegning (pilene illustrerer telehiv).

Men telehiven presser ikke bare oppover som illustrert på bildet. Frosten forflytter massen rundt seg og det er grunn til å tro at dette påvirker posisjonsnøyaktigheten til fastmerker, da i grunnriss.



Figur 8: Tegningen illustrer hvordan jordsspyd kan skyves oppover ved telehiv. (Privat)

## 8.6 Grunnmaterialer, grunnforhold og dets betydning

Norges grunnforhold og løsmasser er sterkt påvirket av istider. Da den siste isen trakk seg tilbake for om lag 9000 – 11000 år siden ble det avsatt mye løsmasser. Når opptiningen stoppet opp ble løsmasser avsatt fra smeltevann og isflak. Disse avsetningene kalles morener, noe Østlandet er sterkt preget av. Videre ble det avsatt mye leire som kommer av innsjøer eller sjø med mye brevann (16). Blant annet er Gardermoen den største sandterrassen i Norge, noe som forklarer gode grunnforhold.

### 8.6.1 Fjell

For å etablere fastmerker er det uten tvil fast fjell som er den beste fundamenteringen. Men på noen anlegg er det ikke alltid tilgang på dagfjell (fjell over jorda), og man er nødt til å bruke andre metoder. Det finnes tre ulike bergarter; eruptive (magmatiske), sedimentære (avsetningsbergarter) og metamorfe (omdannet). I Norge er det i hovedsak de to siste (6).

### 8.6.2 Morene

Som sagt er morene løsmasser som har blitt transportert av isen eller blitt avsatt fra den uten noen type for transport. Morene består av ulike bergartsfragmenter og er ikke lagdelt. Blandingen har kantede partikler og kan bestå av blokker, stein, grus, sand, silt og leire. Morene er Norges vanligste løsmasse.

### 8.6.3 Jord

Dette er løsmateriale som ligger oppå det faste fjellet. Jord består av mineraler og organiske stoffer, deriblant levende organismer. Jorden klassifiseres etter kornstørrelse, noe alle avsetninger og løsmasser gjør.

#### 8.6.3.1 Sand

Sand er et sortert og rundslipt bergartsfragment. Finnes i elveavsetninger, elvesletter og deltaer. Nesten alle sandsorter er kvarts, noe som er en kjent bergart i Norge.

#### 8.6.3.2 Leire

Leire er finkornet jord med veldig små bergartsfragmenter ( $>0,002\text{mm}$ ). I Norge forbinder vi leire med kvikkleire og leirskred. Dette kommer av leire som er avsatt under marin grense, hvor leiren består av salt. Når regnvann (ferskvann) har vasket bort saltet blir leiren ansett på som kvikk. Ved stor belastning kan kvikkleiren kollapse og danne et skred.

#### 8.6.3.3 Silt

Silt er det minste bergartfragmentet etter leire. Silt er dannet ved avleiring i stille vann og er ofte blandet med leire. Det er vanskelig å se forskjell på silt og leire, men man kan utføre en såkalt tyggeprøve for å skille de. Hvis det ikke kommer knaselyd er det leire.

## 9 Bransjens syn på etablering av gode og sikre fastmerker

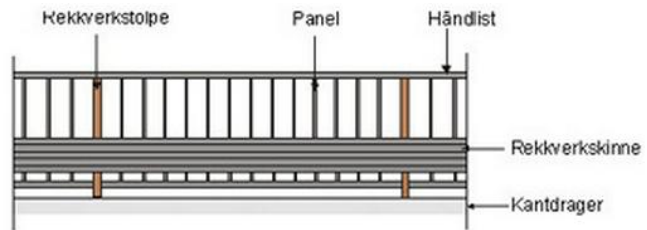
Vi har kontaktet flere aktuelle aktører i bransjen og forhørt oss om hvordan de stiller seg til bruk av forskjellige typer søyler og jordspyd, og hva de erfaringsmessig vil anse som det beste og mest sikre alternativet når søyler, bolter eller jordspyd skal velges. Valgene de gjør påvirkes også av andre faktorer som tid og økonomi. Det mest nøyaktige og sikre valget, er også ofte det mest kostbare alternativet. Vår erfaring etter å ha vært i kontakt med et halvt dusin aktører, er at ingen har en standard for hvordan man skal sette opp fastmerker for å sikre et godt resultat. Men mye tyder på at aktørene legger stor vekt på sine erfaringsmessige grunnlag.

AF Gruppens, Jørgen Slettvoold (personlig kommunikasjon, 11. mars 2013), skriver i en e-post at løsningen han anser som best for etablering av fastmerker i løsmasser er plaststøpte betongsøyler som settes på frostfri dybde med god komprimering ved gjenfylling. Videre forteller Slettvoold at søyler på eksisterende eller nye konstruksjoner, der man antar at fundamenteringen er god, også er en bra løsning hvis man jobber langs eksisterende veg.

Problemet med eksisterende søyler kan være at de får stor belastning under snøbrøyting og tilhørende bevegelse under frost og nedsmelting av snøen, fordi de ofte blir stående i nærheten av vegrekkverket. Disse kan ofte stå på vingemurer og kantdrager.



Figur 9: Vingemur for stikkrenne (Foto: Ølen Beting AS)



Figur 10: Kantdrageren ligger rett bak rekkverket (Illustrasjon: Statens Vegvesen)

Med andre ord vil ytre påvirkninger som telehiv og snøbrøyting påvirke søylens kvalitet, og det er viktig med gode kontrollrutiner.

Når det gjelder jordsspyd, kommer det fram at dette er frarådet å bruke av flere aktører i bransjen med mindre man er helt sikre på at grunnforholdene er gode. Det vil si at det fortrinnsvis er morene- og steinmasser og lite eller ingen trafikk i området rundt, og at eventuelle fyllinger har blitt forbelastet over tid. Hvis man likevel velger jordsspyd, som uten tvil er den billigste løsningen, er det svært viktig at disse kontrolleres både vår og høst, før telen setter inn og etter at telehiven er løsnet på våren. Jørgen Slettvoold i AF Gruppen skriver i sin e-post at jordsspydene bør være stålrør som er minimum to meter lange og disse skal bankes ned med en pigghammer til jordsspydet er tilnærmet jevnt med terrengoverflaten. Det kan etter dette også være aktuelt å montere en stålsøyle på jordsspydet. Dette er en annen type jordsspyd enn de vi har målt og det er viktig å skille mellom disse. Man bør også sørge for at grunnlagsnettet er lagt til rette for at bevegelse forårsaket av telehiv og ytre påvirkninger lett kan kontrolleres fra godt bestemte fastmerker.

Både Harald Juvland (Stikningssjef i AF Gruppen) og Jørgen Slettvoold (Stikningsleder i AF Gruppen) (personlig kommunikasjon, 11. mars 2013) er skeptiske til jordsspyd. De skriver at disse blir for ustabile og det er for mange faktorer som må være tilstede for et varig resultat skal bli bra. AF Gruppen har hatt erfaringer med at jordsspyd i løsmasser fører til usikkerhet

og bekymring rundt kvaliteten til grunnlagsnettet. Ved bruk av jordsspyd må det gjennomføres flere gjentakende kostbare og tidskrevende kontrollmålinger for å være trygge på at grunnlagsnettet er av god kvalitet. Dette medfører unødvendig mye utrygghet for entreprenøren og er derfor ikke å foretrekke.

### 9.1 Bransjens erfaringer med grunnforhold

Vi har til nå sett på hva AF Gruppen anbefaler av søyler og jordsspyd. Men det er også en annen faktor som spiller en stor rolle når det gjelder plasseringen av disse, og det er grunnforholdene og terrenget i området. Dette har Tromsø kommune fått erfare. Vi har vært i kontakt med Steinar Vaadal (personlig kommunikasjon, 8. mars 2013) som er leder ved Geodatakontoret - Byutvikling i Tromsø kommune. Han skriver i en e-post at et helt polygondrag, som lå i området Ullsfjorden, fra Sjørnes og sørover til Stordalen, hadde avvik på flere desimeter. Her var rør og spyd plassert i løsmasser. Løsmassene hadde sklidd så mye østover og ned mot fjorden at man lett kunne se det på vegrekkverk og vegen i området. Her har det forekommet en utglidning av løsmasser nedover mot fjorden. Dette er et ekstremtilfelle, men det gir også en pekepinn på hvor viktig kontrollmålinger og kartlegging av grunnforhold og terreng er for å sikre et godt resultat over tid. Alt av fastmerker i dette området måtte måles på nytt med strenge statiske målerutiner for å sikre et godt resultat.

En motsats til Tromsø kommune er jordsspydene som Skanska (personlig kommunikasjon, 22. mars 2013) benyttet som høydefastmerker på Gardermoen. Disse viste seg å være overraskende stabile. Dette skyldes nok i stor grad jordsmonnet i området. Gardermoen ligger i et morene-området og som betyr at det finnes blokker, steiner, sand og leire i grunnen. Denne jordtypen er ikke lagdelt og er derfor mer stabil.

### 9.2 Utlandet

Etter å ha fått bekreftelser på at det ikke finnes en landsdekkende standard på hvordan fastmerker skal forankres eller hvilken nøyaktighet de ulike typene har, fikk vi tips fra Trond Olav at Sverige, Danmark og England hadde en slik standard. Vi kontaktet Geodatastyrelsen i Danmark hvor vi fikk hånd på en standard om hvordan de etablerer fastmerker. I denne standarden er det oversikt over hvilke typer fastmerker man kan bruke, og hvilken nøyaktighet de har.



De anbefaler (personlig kommunikasjon, 10. april 2013) statuer (tilhugget granittstein) som er nedstøpt i betong (1m<sup>2</sup>). Dybden på betong og statue er varierende, men må være tilstrekkelig nok til at det er stabilt. Videre anbefaler de "skruepløk m. fedtpatron" og tilslutt jernrør som er støpt eller presset ned i stabilt jordsmonn. Sistnevnte brukes av erfaringsmessige grunner mest her i Norge. Disse har ifølge standarden et nøyaktighetspotensiale på under 2 mm. Videre viser standarden mange andre muligheter som kirkespir og senter skorstein, men disse er meget unøyaktige, mellom 5 – 10 cm.

I standarden har de også et fastmerke som heter *pyramidestubbe med sentreringsring*. Dette er en 20x20cm betongblokk som er støpt til overflaten (fjell). Dette har ifølge standarden (4) et nøyaktighetspotensiale på 5 – 10 cm. På Eina (sør for Raufoss) er det et lignende stamnettspunkt. Her er det en lecablokk som er støpt på fjell. Hvor ofte dette punktet blir kontrollert og sjekket vet vi ikke, men vi undres over at denne typen er brukt til fordel for bolt i fjell i dette tilfelle. Nok et eksempel på at vi burde få en standard på dette i Norge.

Vi fikk diffuse svar fra Trafikverket i Sverige som vi valgte og ikke ta med i oppgaven.

## 10 Målinger

### 10.1 Metode

Ved de statiske målingene benytter vi fasemåling og det er den samme metoden som brukes ved måling i Landsnettet og Stamnettet. Det kalles klassisk statisk og observasjonstiden er mellom 20 – 120 minutter. Metoden bygger på at minimum to mottakere måler samtidig i hvert sitt punkt, hvor mottakerne logger satellittdata internt. Etter endt måling samstilles datasettene i et beregningsprogram hvor vektoren mellom punktene bestemmes. Avstanden mellom mottakerne bør ikke overskride 50km og vi kan forvente nøyaktighet på 5mm + 1ppm (7).

### 10.2 Utstyr

Under målingene brukte vi blant annet fire mottakere med alt tilbehør, samt en totalstasjon. Før vi begynte målearbeidet ble alt utstyr kontrollert. Treføttenes optiske lodd og dåselibelle ble også kontrollert, da skolens treføtter med optisk lodd er relativt gamle.

### 10.2.1 Leica Viva GS15 mottaker



Figur 11: Leica VIVA GS15  
(Foto: Leica Geosystems)

Leica sine GNSS mottakere består av mange forskjellige mottakere. Den skolen har tilgjengelig er Leica's kjennemerke for GNSS-mottakere. Den er både pålitelig, nøyaktig og avansert. Den er bygget for å takle alle arbeidsoppgaver og kan brukes som både basestasjon og RTK-rover. Den har en integrert antenne og tåler ekstreme temperaturer. I tillegg er måleboka veldig brukervennlig, med muligheter for flere språk.

Nøyaktigheten til denne mottakeren regnes for å være  $3\text{mm} + 0,1 \text{ ppm}$  i grunnriss og  $3,5\text{mm} + 0,4 \text{ ppm}$  i høyde ved etterprosesserte statiske fasemålinger med lange observasjoner som vi vil bruke i denne oppgaven.

(Kilde: 20)

### 10.2.2 Leica Viva TS15 totalstasjon



Figur 12: Leica VIVA TS15  
(Foto: Leica Geosystems)

Totalstasjonen skolen har tilgjengelig er best i klassen når det gjelder enmannsstasjoner. Den kombinerer vinkler og avstander, og har en god prismesøkfunksjon. Med denne totalstasjonen kan man også ta fargebilder av det aktuelle punktet og skissere direkte på bildet for å knytte alle objekter til databasen.

Nøyaktigheten til totalstasjonen er svært god. Med rundprisme kan man oppnå en nøyaktighet på  $1\text{mm} + 1,5 \text{ ppm}/2,4\text{s}$ .

(Kilde: 22)

### 10.2.3 Tilleggsutstyr

I tillegg til GNSS-mottakerne og totalstasjonen ble mye annet utstyr brukt:

Tabell 3: Tilleggsutstyr

Navn	Antall	Forklaring
<b>Trestativ</b>	4	Mottaker/prisme plasseres på denne.
<b>Trefot med optisk siktekors</b>	4	Dette er nødvendig for å feste mottakeren/prisme på trestativet, vatre det opp og sentrere det nøyaktig over punktet. Med dette slipper man bruk av laser og lodd.
<b>Meterstokk</b>	2	For å måle antenne- og prismehøyder
<b>Kompass</b>	1	For å kunne plassere alle antenner mot nord og dermed unngå mottaker feil som skylder orienteringen av mottakeren.
<b>Leica Rundprisme</b>	2	Rundprisme brukes som sikteskivet ved totalstasjonsmålinger og er svært nøyaktig.
<b>Måleskjema</b>	1	Når mange punkt skal måles samtidig er et måleskjema viktig for å ha oversikt og koble riktig informasjon til det aktuelle punktet.

### 10.3 Planlegging

I forkant av målingene lagde vi en måleplan. Dette gjøres for å spare både tid og usikkerhet når vi er i felten. Sammen med vår veileder i Vegvesenet dro vi på områdebefaring for å se på aktuelle stamnett- og landsnettpunkt. Det var mange å velge mellom, og vi huket ut de fire som hadde best plassering i forhold til skog og parkering. Koordinatene er i EUREF89 UTM 32 med ortometrisk høyde og i NTM SONE 11 med ellipsoidiske høyder.

Tabell 4:Koordinater til kjente punkt ([norgeskart.no](http://norgeskart.no))

Navn	Nummer		Nord	Øst	Høyde	Lokasjon
<b>BRÅTEN</b>	H31T0247	EUREF89	6769197.497	628146.296	219.026	70 meter fra RV3,
		NTM	1338307.665	93104.447	256,485	knaus i skogåpning.
<b>NORDRE ILSÅS</b>	H31T0252	EUREF89	6779554.072	628342.630	244.054	5 meter fra vegen,
		NTM	1348651.246	93696.261	281,541	jorde/ gårdstun.
<b>RASTA</b>	G30T0233	EUREF89	6809040.895	614552.833	258.027	3 meter fra vegen,
		NTM	1378650.643	81041.757	296,452	fjellknaus
<b>STOR-ELVDAL HOVEDKIRKE</b>	G30T0251	EUREF89	6822782.392	608963.943	281.674	10 meter fra RV3,
		NTM	1392599.764	75982.342	320,366	på kanten av fjellskråning.

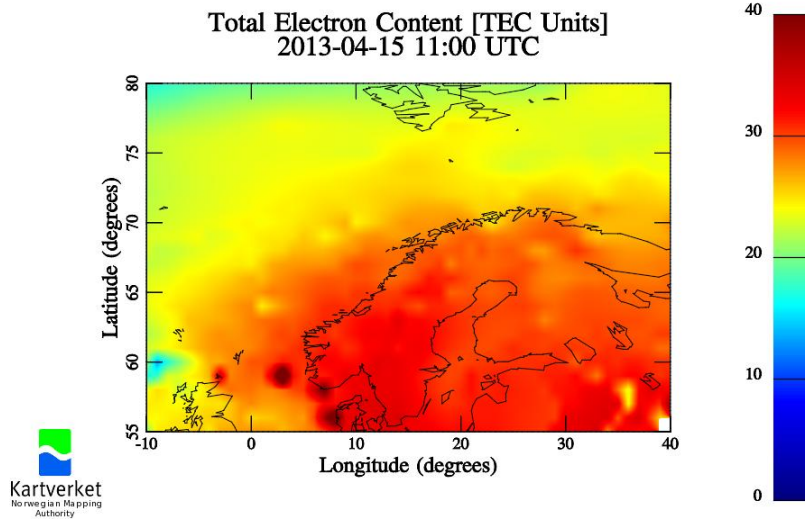
Måleplanen inneholdt hvilke punkter og vektorer som skulle måles, samt fremgangsmåten. Nettet ble lagt opp slik at vi fikk god geometri og at avstandene ikke blir for store. For å få den nøyaktigheten vi krever bestemte vi oss for å måle statisk GNSS i NTM Sone 11. For å få nøyaktige høyder brukte vi en høydereferansemodell til å korrigere de GNSS-målte høydeforskjellene til NN1954. Dette gjøres fordi det vil gi et bedre resultat enn bruk av loddavviksparametere.

### 10.3.1 Ukontrollerbare forstyrrelser

Etter alle målingene var fullført gikk vi inn på [www.sesolstorm.kartverket.no](http://www.sesolstorm.kartverket.no). Dette er en nettside som viser om romvær påvirker posisjonsbestemmelser. Solstormer og forstyrrelser i ionosfæren kan påvirke målingene og disse feilene er vanskelige å oppdage. Og som leverandør av posisjonstjenesten CPOS gir denne nettsiden oss kontinuerlig informasjon om hvordan solstormer påvirker målingene. Nettstedet blir oppdatert hvert femte minutt og viser gjennom fargekombinasjoner om det er lite eller mye aktivitet. Siden gir deg informasjon om følgende:

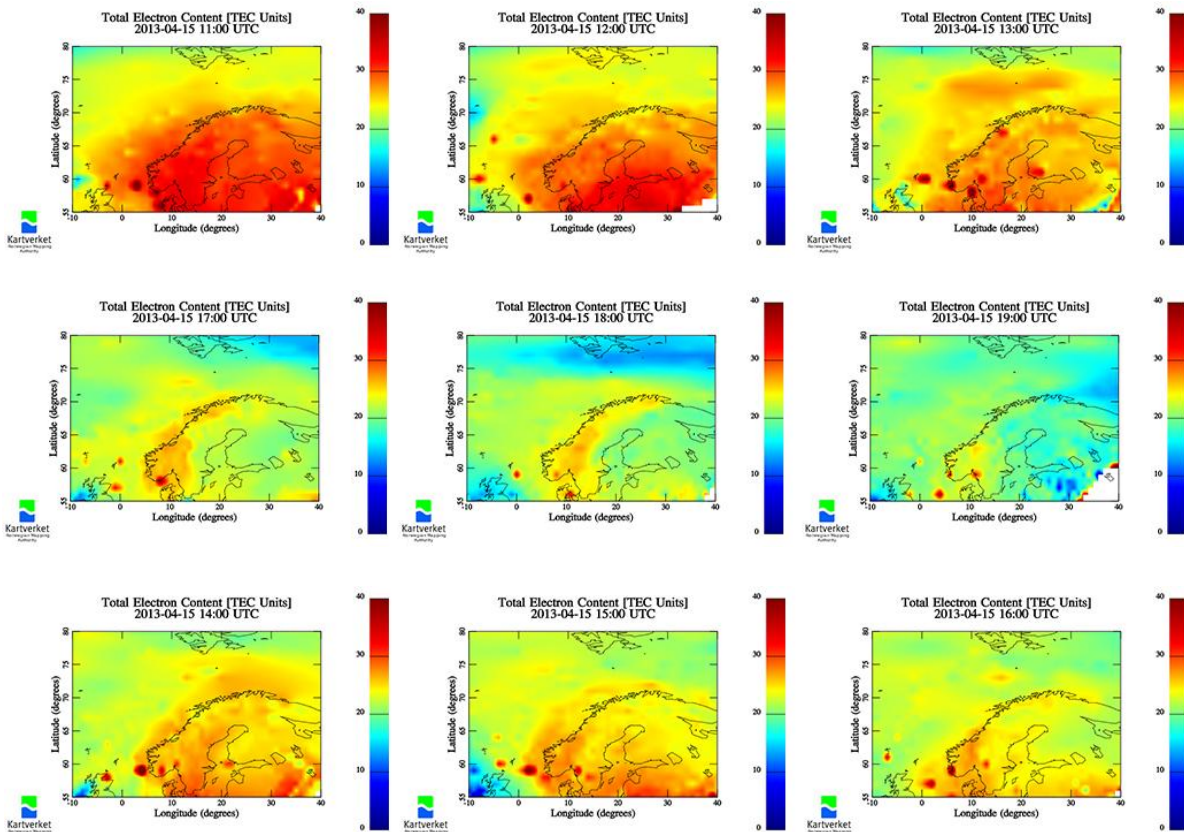
- Feilmargin i plasmainnholdet (GIVE). Denne måler usikkerheten i verdiene i VTEC-plottet.
- Ionosfærisk turbulens (ROTI). ROTI er et mål på hvor turbulent ionosfæren er, hvor jo mer turbulens jo mer forstyrrelser på GNSS-signalene.
- Forstyrrelser på bakken. Viser hvor mye turbulens i ionosfæren som blir observert av mottaker.
- Plasmainnholdet i ionosfæren (VTEC). Viser hvor mye plasma det er i ionosfæren. Plasma kan skape problemer på mange systemer, men ved bruk av to-frekvente mottakere kan dette korrigeres bort.
- Stor-skala romlige gradienter. Viser stor-skala romlige gradienter av VTEC. Kan være et problem for en-frekvent utstyr.

Siden viser ikke hvordan forholdene kommer til å bli, så denne dataen ble hentet ut etter feltarbeidet samme dag. Ved begge målingene opplyste siden oss at det var lite eller ingen aktivitet som påvirket målingene våre.



Figur 13: Bildet viser plasmainnholdet i atmosfæren for 15.04.13 klokka 13:00 norsk tid. (seSolstorm.no)

Måleforholdene under målingene som ble utført på Evenstad 15.04.2013 var gode med unntak av plasmainnholdet i atmosfæren (bildet over). Dette vil trolig utgjøre en minimal forskjell da det korrigeres bort ved bruk av en tofrekvent mottaker, som for eksempel vår Leica VIVA GS15.



Som man kan lese ut i fra bildene avtar plasmainnholdet utover dagen uten store omveltninger og det er liten grunn til å tro at dette vil påvirke nøyaktigheten på våre målinger i noen særlig grad.

### 10.3.2 Kontroll og kalibrering av dåse-, rørlibelle og optisk lodd

Det er viktig at man fra tid til annen sørger for at utstyret er kalibrert slik at resultatet har den kvaliteten man ønsker. I vår oppgave har vi brukt mye treføtter med optisk lodd. Her har det vært usikkert hvorvidt dåselibellen og det optiske loddet har vært riktig. Vi bestemte oss derfor for å kontrollere dette ved hjelp av enkle kontrollmetoder.

#### 10.3.2.1 Kontroll og kalibrering av dåselibelle og rørlibelle

For å kunne kontrollere dåselibellen kan vi også benytte oss av en rørlibelle som plasseres på toppen av trefoten. Rørlibellen er mer nøyaktig og gir derfor en indikasjon på hvor mye dåselibellen må korrigeres. Først vatter man opp trefoten etter rørlibellen en gang for så å snu den 200 gon. Er denne ute av stilling kalibreres dette ved å skru til halve avviktet er borte. Deretter vatter man opp igjen og sjekker på nytt. Når man er trygg på at rørlibellen er vattert opp skikkelig og kalibrert kan man begynne å kalibrere dåselibellen som sitter på trefoten. Når rørlibellen er i vater mens dåselibellen er ute av vater betyr dette at vi må kalibrere dåselibellen med skruene som er tilknyttet denne på undersiden av trefoten. Da skrur man på de tre skruene til dåselibellen er i vater, så roterer man trefoten 200 gon og gjentar denne prosedyren igjen. Når dåselibellen og rørlibellen er kalibrert vil begge være i vater samtidig selv om trefoten roteres 200 gon.



Figur 15: Ferdig kalibrert dåse- og rørlibelle (privat)



Figur 14: Her kontrolleres det optiske loddet (privat)

### **10.3.2.2 Kontroll og kalibrering av optisk lodd**

Det finnes flere metoder å kontrollere det optiske loddet på. Måten vi benyttet oss av var og stille det optiske loddet rett over punktet vi hadde tegnet på papir. Vi festet et snorlodd fra skruen under trefoten og tilpasset høyden på denne. Vi markerte et punkt i korset vi hadde tegnet og sammenlignet. Hvis det optiske loddet er riktig vil blyloddet være på samme sted, det vil si midt i trådkorset. Hvis det optiske loddet og snorloddet ikke er sentrert over samme punkt må det optiske loddet kalibreres. Dette gjøres ved og fysisk skru løs det optiske loddet og kalibrere det. Alle treføttene hadde en nøyaktighet på  $\pm 1\text{mm}$  og det var ikke nødvendig med kalibrering. De ble sist kontrollert og godkjent 01.12.09.

## **10.4 Utførelse målinger del 1**

### **10.4.1 Åsta**

#### **10.4.1.1 GNSS**

Vi innhentet data fra anlegget på Åsta den 31.01.13. Vi hadde planlagt å bruke to stamnett- og landsnettpunkt (H31T0249 og H31T0252) og måle tre søyler (FM0, FM1 og FM2).

Satt først opp mottakeren på H31T0249 (i skog sør for anlegget). Stilte stativet over bolt, skrudde på trefot med optisk sikte og rigget stativet i vater og sentrert over bolt. Deretter ble antennehøyde målt på tre forskjellige steder rundt mottaker. Nullstilte mottakeren for å få rensket minnekortet, men også får å laste inn ny almanakk-data. Passet på å sette mottaker mot nord. Deretter etablerte vi mottaker på H31T0252 (ved hus øst for Rena). Samme fremgangsmåte her også.

Etter å ha satt på mottakerne over begge punktene kunne vi begynne med søylene.

Mottakerne ble satt opp på FM0 og FM1 nesten samtidig. Her justerte vi trefot, vatret opp og passet på at antenne var mot nord. Antennehøyde ble målt inn og rådata logging startet. Etter to timer flyttet vi mottaker på FM0 til FM2. Mottaker på FM1 målte i fire timer for å se om vi fikk et bedre resultat på den.

Tabell 5: Målerunde 1 (januar) Åsta

Målerunde 1 (januar)			
Punkt	Start	Stopp	Antennehøyde
H31T0249 – G2	13:07	19:24	0,861
H31T0252 – G1	14:05	19:05	1,107
FM0 – G4	14:31	16:35	0,091
FM1 – G3	14:21	18:51	0,088
FM2 – G4	16:46	18:51	0,094

Tabell 6: Målerunde 2 (april) Åsta

Målerunde 2 (april)			
Punkt	Start	Stopp	Antennehøyde
H31T0249 – G2	09:34	15:40	1,214
H31T0252 – G1	10:20	15:20	1,375
FM0 – G4	10:40	12:46	0,086
FM1 – G3	11:12	15:10	0,090
FM2 – G4	13:03	15:04	0,087

#### 10.4.1.2 Totalstasjonsmålinger

Etter samtale med veileder ble vi enige om at totalstasjonsmålinger ikke ville være nødvendig. Han mente at to timer med statisk måling vil være mer enn nok for å bestemme punktet med god sikkerhet og nøyaktighet. Men oppdragsgiver i Statens Vegvesen ville at vi skulle gjøre det for sikkerhets skyld. Dagen etter GNSS-målingene dro vi opp på anlegget for å utføre polygondrag på søylene. Denne prosedyren hadde vi aldri utført utenfor skolens område, så dette ble en stor utfordring. Etter noen mislykkede forsøk på polygondrag fant vi ut at vi skulle gjøre det enklest mulig. Vi målte distansen mellom punktene begge veier, samt høydedifferansen.

Dette ble bare utført ved første måling. Ved andre målerunde hadde anleggsarbeidet kommet til området hvor de aktuelle søylene var plassert. Det var derfor ikke sikt mellom punktene, og polygondrag uteble.



## 10.4.2 Evenstad

### 10.4.2.1 GNSS

Den 05.02.13 dro vi opp for å måle statisk på jordspydene. Her skulle vi måle to stamnett- og landsnettpunkt og seks jordspyd. Kjørte opp til første stamnettpunkt, G30T0251 (Stor-Elvdal Hovedkirke). Sentrerte mottaker over bolt, mot nord og i vater. Startet rådatalogging og kjørte videre til neste punkt G30T0233 (Rasta). Samme prosedyre her før vi begynte med jordspydene.

Etter å ha vært på områdebefaring noen dager tidligere hadde vi plukket ut seks jordspyd som lå på rekke. Valget falt på disse fordi noen ligger nær Glomma, noen ved et bekkeløp og noen lenger fra vann. Dette på bakgrunn av at vi vil ha så forskjellige punkt som mulig for sammenligningens skyld.

Begynte med to jordspyd (FM4 og FM5). Disse ligger veldig nære Glomma i en bratt skråning. Vanskelig å sentrere over bolt, men ble veldig bra tilslutt. Måler antennehøyde på flere punkt, mottaker mot nord og rådata-logging begynner. Mens disse måler i to timer kjører vi mellom de to andre mottakere for og eventuelt bytte batteri og sjekke at de fortsatt logger. Etter to timer flytter vi mottakerne fra FM4 og FM5 til FM6 og FM7. Jordspyd på FM6 ligger på et jorde, mens FM7 er i en grøft ved en busslomme. Disse er betydelig lenger vekk fra Glomma. Kjører til mottakerne på de kjente punktene og finner ut at mottaker på Stor-Elvdal kirke har skrudd seg av, mens mottaker på Rasta har sluttet å logge. Bytter batteri for sikkerhetsskyld og skrur de på.

Flytter tilslutt mottaker fra FM6 og FM7 til FM8 og FM9. Jordspyd på FM8 ligger i en skråning med tett skog. Vi forventer ingen god nøyaktighet på dette punktet. Jordspyd på FM9 ligger i en grøft, men åpent. Kjører igjen til de kjente punktene hvor mottakerne har skrudd seg av og sluttet å logge. Skrur de på igjen og gjennomfører to timer med logging på FM8 og FM9.

Når vi kommer hjem og får tilgang til å se på rådataen ser vi at vi ikke har én fullstendig måling i to timer sammenhengende. Bestemmer oss for å gjøre nye målinger dagen etter.

Målingene ble utført på samme måte, men med mye hyppigere sjekk på mottakerne som stod på de kjente punktene. Denne gangen fikk vi fullstendige målinger på alle jordspyd.

Tabell 7: Målerunde 1 (januar) Evenstad

Målerunde 1 (januar)			
Punkt	Start	Stopp	Antennehøyde
H31T (Stor-Elvdal Hovedkirke) – G3	09:24	17:47	0,911
H31T (Rasta) – G2	10:00	17:10	0,804
FM4 – G1	10:22	12:24	1,161
FM5 – G4	10:39	12:47	1,285
FM6 – G1	13:24	15:25	0,892
FM7 – G4	13:08	15:10	1,077
FM8 – G1	15:45	18:19	0,915
FM9 – G4	15:40	18:22	1,114

Tabell 8: Målerunde 2 (april) Evenstad

Målerunde 2 (april)			
Punkt	Start	Stopp	Antennehøyde
H31T (Stor-Elvdal Hovedkirke) – G3	11:32	19:18	1,001
H31T (Rasta) – G2	11:11	19:40	0,962
FM4 – G1	12:00	14:02	1,175
FM5 – G4	11:56	13:57	1,229
FM6 – G1	14:50	16:51	1,300
FM7 – G4	14:50	16:51	1,101
FM8 – G1	17:17	19:45	1,336
FM9 – G4	17:08	19:48	1,262

#### 10.4.2.2 Totalstasjonsmålinger

Etter samtale med veileder mener han at det er unødvendig med polygondrag her også, men for sikkerhetsskyld utførte vi målinger. Begynte med målinger fra FM4 til FM5, og fra FM5 til FM4 osv. Gjorde det samme her som vi gjorde på søylene, altså distanse mellom punktene,

samt høydedifferanse. Under målingene hoppet vi over FM8 da det ikke var sikt mellom FM7 og FM8. Men avstanden mellom FM7 og FM9 var akseptabel for å oppnå god nøyaktighet.

## 11 Analyse

### 11.1 Programvare

#### 11.1.1 Leica Geo Office 8.1

LGO er et program som følger med Leica Viva-serien. Programvaren støtter alle måletyper (TPS, GNSS og nivå-data), og er det ideelle verktøyet for å se, prosessere, kvalitetssjekke og arkivere data før man eksporterer dataen til mange ulike formater. Programvaren kan installeres på privat PC, men må da brukes sammen med Cisco AnyConnect VPN Client. For å analysere satellittdata er dette et godt program. Man kan importere rådata i ulike formater, velge koordinatsystem, hvilke satellitter som skal brukes og alle andre parametere. Videre har man ulike faner som viser punktoversikt, tidspunkt, satellittinformasjon og resultater. Resultatene får man ut gjennom en rapport som programmet lager. Her kan du enkelt velge hva slags informasjon som skal komme fram, enten det er cycle slips, kvalitet eller ambiguity. Programvaren har god funksjonalitet og hjelp-funksjonene er upåklagelig.

#### 11.1.2 Gemini Oppmåling 5.1

Gemini Oppmåling er et program som bearbeider landmålingsdata. Innsamlede data benyttes for å få nøyaktig stedfesting av punkter på en effektiv måte. Brukergrensesnittet er oversiktlig og relativt enkelt å bruke. Man kan utføre beregninger som utjevning, detaljberegning, ortogonal innmåling og utsetting, transformasjoner og annet. Programmet leser alle norske kartformater, internasjonale vektorformater (DXF, DWG, Shape) og relevante rasterformater (TIFF, JPG, BMP). Resultatet blir presentert oversiktlig, enten grafisk, i lister og rapporter. Her er kan man enkelt luke ut aktuell punktinformasjon, grove feil eller resultater. Gemini er et godt program med god hjelpmeny, men liten informasjon på internett ved eventuelle problemer.

## 11.2 Analyse i Leica Geo Office

Etter å ha kopiert ut all rådata fra minnekortene kunne vi begynne med analysen i LGO.

Ettersom vi ikke hadde utarbeidet målejobber i måleboka for prosjektet, brukte vi RINEX-filer. Dette fordi vi ikke har denne muligheten i basemenyen på GS15-mottakeren.

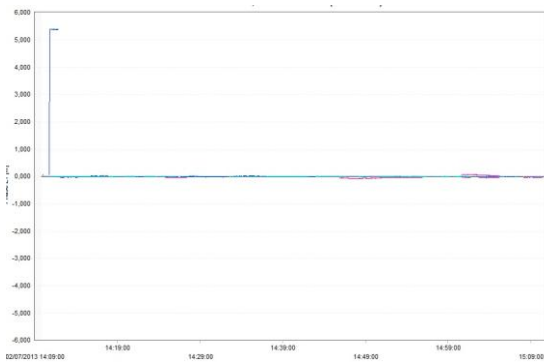
Etter samtale med veileder ville vi som sagt måle i to timer, for deretter og dele det opp i to tidsepoker under analysen. På denne måten fikk vi et homogent og uavhengig grunnlagsnett, samt flere ulike vektorer.

Vi ville prøve å bruke bare GPS-satellittene da dette ga best nøyaktighet etter noen runder med analyse. Ved bruk av GPS- og GLONASS-satellitter fikk vi gode DOP-verdier, men kvaliteten og standardavviket var betydelig høyere enn det vi hadde som krav. Samtidig fikk vi flere ambiguities, og solutiontype ble *float* og ikke *phase: all fix*.

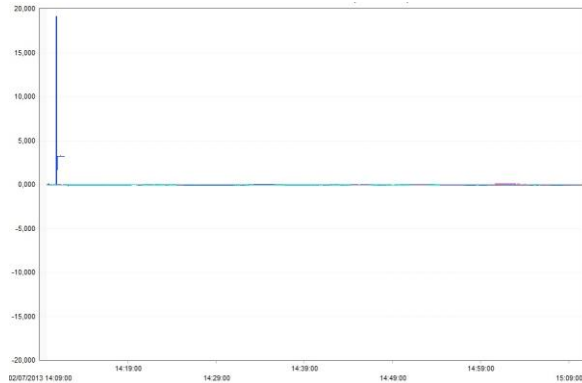
Etter hver vektoranalyse gikk vi inn i rapporten som viser oss ulik informasjon om målingen og posisjonsbestemmelsen. Ved omtrent hver vektoranalyse fikk vi cycle-slips. Dette er uregelmessigheter i heltallet ambiguities som følge av signalbrudd. Dette skjer ofte som følge av oppstart av måling, eller at satellitten går lavere enn 15 grader og bryter signalet (cut-off angle). Programvaren vil normalt sett oppdage disse og reparere de, men mange ganger fikk vi mellom 0 – 20 cycle-slips. Disse fjerner vi ved å utelukke den aktuelle satellitten ved neste analyse.

Videre kan vi analysere vektoren igjen. På denne måten kan vi få ut informasjon om residualene. Dette viser forskjellen mellom den observerte verdien og verdien av en tilfeldig variabel, altså et feilledd. Dette kan vises på mange måter. Vi kan i LGO velge mellom singel, dobbel og trippel forskjell. Singel-forskjellen viser forskjellen mellom den opprinnelige observasjonen mellom base og rover. Dobbelt viser forskjellen mellom singel-forskjellen for to eller flere satellitter, mens trippel viser forskjellen mellom to dobbel-forskjeller av to påfølgende tidsepoker. Dobbeldifferansemålinger på bærebølgen brukes når man krever høy nøyaktighet. Det vil si at når mottakerne (base og referanse) er nærmere hverandre enn 20km, har begge mottakere nesten de samme atmosfæriske feil og satellittfeil. Kun mottakerstøy og refleksjonsfeil er forskjellig. Etter at dette er valgt kan vi se på residualene

til de ulike bærebølgene L1 og L2 (fasemåling). Viser et bilde av dobbeldifferanse, både med L1 og L2 for å sammenligne.




Figur 17: L1 (Leica Geo Office)



Figur 16: L2 (Leica Geo Office)

På disse bildene kan man enkelt lese hvor store feilledd det er på et tidspunkt under målingene. Man gjør det ved å lese "spikerne" som dukker opp i analyse-bilde. Ved siden av dette vinduet i LGO ser man beregnet standardavvik for hver satellitt på dette tidspunktet.

Ved første analyse satt vi landsnett- og stamnettspunktene som kjent. Dette medførte tvang i nettet på den måten at jordspydene og søylene fikk to ulike koordinater som ikke stemte overens. Det vil si at koordinatene for eksempel FM4 fikk fra Rasta stemte ikke med koordinatene FM4 fikk fra Stor-Elvdal kirke. Viser til en skjermdump som viser forskjellen.

Use	State	Reference	Date/Time	Posn.diff	Hgt. diff
<input checked="" type="checkbox"/>	Automatic	RASTA	02/07/2013 10:21:35	0.0000	0.0000
<input type="checkbox"/>	 Automatic	KIRKE	02/07/2013 11:24:19	0.0221	-2.9680

Figur 18: Koordinatforskjeller i punkt FM 4 mellom Stor-Elvdal kirke og Rasta (Gemini Oppmåling)

Dette ville i utgangspunktet ikke gjort noen stor forskjell på arbeidet vårt videre da 2,9m ikke utgjør en stor høydeforskjell fordelt på 10.000m (lengde på vektor)(0,0029m). Men på grunn av nøyaktigheten vi er ute etter valgte vi å rette opp i dette.

For å løse det satt vi bare ett av landsnett- og stamnettspunktene som kjent. På denne måten fikk vi et fritt nett.

Etter analysen eksporterer man en ASCII-fil som kan leses inn i Gemini Oppmåling. Ved første analyse i Gemini oppdaget vi at ikke alle vektorene hadde blitt med under eksporten. LGO vil

vanligvis la oss eksportere to vektorer mellom samme punkt, men dette var ikke tilfelle. To ulike ASCII-filer ble eksportert og lagt inn i Gemini.

Analysen i Gemini gikk relativt greit frem til ytre pålitelighet. Mange av punktene gikk ikke gjennom *klasse 1: Bysentrum*, og vi måtte derfor gå tilbake til LGO. Våre fastmerker var nå relativt godt bestemt i programvaren og etter samtale med veileder valgte vi derfor å kjøre analysen andre vegen. Det vil si at vi satt fastmerkene som *referanse* og landsnett-/stamnettpunktene som *rover*. På denne måten fikk vi nå 8 uavhengige vektorer til hver av fastmerkene. På denne måten fikk vi mulighet til å fjerne eventuelle grovfeil i Gemini, uten risiko for svake målinger. Videre fikk vi en bedre posisjonsbestemmelse av fastmerkene.

### 11.3 Analyse i Gemini Oppmåling

Som sagt i forrige kapittel hadde vi i starten noen problemer med målingene. De ble ikke godkjent i klasse 1: Bysentrum og vi hadde ikke mulighet til å fjerne grovfeil.

Etter å ha kjørt noen test-analyser i 3D bestemte vi oss for å kjøre analysen separat i grunnriss og høyde. På denne måten får vi mer oversikt over eventuelle feil og det blir lettere å rette opp i disse. Uavhengig av hvilken analyse (grunnriss/høyde) kjørte vi den med samme fremgangsmåten; foreløpig utjevning, grovfeilsøk, (grunnlagstest), indre pålitelighet, ytre pålitelighet og endelig utjevning. I grunnriss brukte vi tilleggukjente målestokk og rotasjon, mens vi ikke brukte tilleggsukjente i høyde. Mer om dette i kapittel **11.3.6 Endelig utjevning**.

Videre valgte vi å utelate jordspydet FM8 da vi fikk veldig dårlige målinger på punktet. Grunnen til dette er plasseringen til punktet, med tett vegetasjon som skjærer punktet mot satellittene.

Vedleggene ligger i egen innlevert mappe markert med nummer.

#### 11.3.1 Foreløpig utjevning

Når man importerer vektordataen i Gemini utfører man en foreløpig utjevning. Vi får ut tall som foreløpige koordinater til punktene, sum PVV, beregnet og antatt standardavvik på vektsenheten, samt antall overskytende målinger og K-tall.

	Konstantdel	Avstandsavh.del	Sentring
Retningsmåling:	0.00000	0.00001	0.001
Zenitavstand:	0.00012	0.00010	0.001
Avstandsmåling:	0.001	0.001	0.001

Figur 19: Slik settes vektene i Gemini Oppmåling (Gemini Oppmåling)

Sum PVV er vektet feilkvadratsum. Dette er et mål på hvor godt utjevningen passer innbyrdes og tallet blir beregnet ut fra restfeilene og målingens innbyrdes vekter. Beregnet standardavvik på vektsenheten skal være tilnærmet lik antatt standardavvik på vektsenheten. For å stille på dette må man inn i instrumentparameterne. Ved analyse av grunnriss stiller man på *retningsmåling* og ved høyde stiller man på *senitavstand*. Er det høy beregnet standardavvik på vektsenheten, stiller man vektene opp helt til man har tilnærmet lik antatt standardavvik på vektsenheten.

### 11.3.1.1 Vekting

(13) Vekting brukes når man har ulike målinger av ulik målenøyaktighet. Det er derfor viktig at vektingen er riktig. De målingene som har størst kvalitet må ha størst innflytelse på målingene, det vil si at disse målingene får størst vekt. Vekten på målingene er derfor et nøyaktighetsmål på hvor gode målingene er. (3) Vektene settes i Gemini slik som tabellen under viser:

Tabell 9: Vekting i Gemini Oppmåling

	Konstantdel	Avstandsavhengig del	Sentrering
<b>Retningsmåling</b>	0.00013 gon	0.00000 gon/km	0.003 m
<b>Senitdistanse</b>	0.00026 gon	0.00000 gon/km	0.003 m
<b>Avstandsmåling</b>	0.001 m	0.002 m/km	0.003 m

**Konstantdel:** Avstandsuavhengig standardavvik. Benevnes med gon.

**Avstandsavhengig del:** Avstandsavhengig standardavvik. Benevnes med gon pr. km.

**Sentrering:** Antatt sentringsnøyaktighet i meter.

I våre målinger har vi vektet sentreringen større for søylene enn for jordsspydene, dette har vi gjort på bakgrunn av at sentreringen over søylene er utført med bedre presisjon fordi trefoten kan skrues direkte på søylene mens vi må sentrere med trådkors over jordsspydene.

(24) Videre har vi vektet målingene etter standardavviket for retning og senitdistanse.

Målinger som har store standardavvik er vektet lavere enn målinger med lavere standardavvik.

### 11.3.2 Grovfeilsøk

Ved grovfeilsøk leter programvaren etter grove feil i observasjonene. Tallene vi får ut fra denne testen som er merverdige er T-obs og faktor. Disse har ofte en sammenheng og

viser om det er grove feil i observasjonen. T-obs kan uttrykkes som estimert feil dividert på estimatets middelfeil. Altså hvis T-obs for observasjonen er større enn Student T-test kan vi påstå en feil. Faktor viser oss hvilken grovfeil vi skal fjerne først. Det er mulighet for at målinger med stor faktor skjuler eller fjerner andre grove feil i observasjonene.

I våre målinger fikk vi få grove feil og ved noen anledninger fjernet vi observasjonene hvis feilene var signifikante (Vedlegg 1). Vi kjørte gjennom utjevningsanalysen både med og uten disse feilene. Til slutt sammenlignet vi resultatene og gikk for den metoden som ga best resultat på standardavvik og punktdeformasjon.

### 11.3.3 Grunnlagstest

En grunnlagstest skulle vanligvis kommet etter grovfeilsøk. Testen avklarer om det er feil eller tvang i grunnlagsnettet. Den sammenligner vektet feilkvadratsum i fritt nett med feilkvadratsum i et tvunget nett. Men for oss er denne testen ubrukelig. For at denne testen skal virke optimalt er vi nødt til å ha flere kjente punkter for at den skal oppdage tvang eller feil. Vi har bare to kjente punkt og kan derfor ikke fristille noen av disse.

### 11.3.4 Indre pålitelighet

Indre pålitelighet sjekker hvor godt observasjonene gjensidig kontrollerer hverandre og hvor lett det er for uoppdagede feil fra grovfeilsøket å passere. Vi får ut tall på hvor mye feil observasjonen kan ha før analysen klarer og finne den. Tallene heter redundans og relativ maks grovfeil. Redundans angir hvor stor andel av en mulig gjenværende feil som viser seg i utjevningen. Tallene varierer mellom 0 og 1, og observasjoner med liten redundans viser lite av en eventuell grovfeil i utjevningskorreksjonene. Relativ maks grovfeil indikerer at det kan være relativt store feil igjen i observasjonene. Er verdien for eksempel 1, kan vi på gitt signifikantnivå påstå at observasjonen ikke inneholder grovfeil større en dens middelfeil  $\times 1$ .

I våre analyser er tallene på redundans gode. De bør være over 0.50, noe alle observasjonene gjør med unntak av noen få som ligger tett oppunder. Tallene våre på relativ maks grovfeil varierer veldig mellom 1 og 2.

Analysen plukket ikke ut noen observasjoner som overgikk programvarens standardtall for å gi advarsler (Vedlegg 2).



### 11.3.5 Ytre pålitelighet

Ytre pålitelighet indikerer hvilken virkning gjenværende grove feil kan ha på de ukjente koordinatene, og ser på punktdeformasjonen til punktene. Vi tester også observasjonene opp mot standarder og kvalitetskravene til disse. På denne måten får vi ut opplysninger om hvilket kvalitetsnivå målingene har.

Klassene vi tester målingene mot i Gemini er områdetype 1: Bysentrum.

Tabell 10: Krav til område, grunnriss

Klasse	Punkter i	Parameter, grunnriss →	p (ppm)	k (mm)
	Geodetisk stamnett		3	3
	Geodetisk landsnett		6	6
1	Områdetype 1 Byområde		10	10
2	Områdetype 2 Tettbygd/utbyggingsområder		20	20
3	Områdetype 3 Spredtbygd/dyrket mark/skog		50	50
4	Områdetype 4 Fjell/ekstensiv arealutnytting		100	100
5	Ukjent kvalitet, eller dårligere enn klasse 4			

Tabell 11: Krav til område, høyde

Klasse	Punkter i	Parameter, høyde →	p (ppm)	k (mm)
	Geodetisk stamnett, ellipsoidiske høyder		3	3
	" , høyder i nasjonalt system		Følger områdetype	
	Geodetisk landsnett, ellipsoidiske høyder		6	6
	" , høyder i nasjonalt system		Følger områdetype	
	Presisjonsnivellement, høyder i nasjonalt system		5	5
1	Områdetype 1 Byområde, " "		5	5
2	Områdetype 2 Tettbygd/utbyggingsområder, "		20	20
3	Områdetype 3 Spredtbygd/dyrket mark/skog, "		50	25
4	Områdetype 4 Fjell/ekstensiv arealutnytting, "		100	30
5	Ukjent kvalitet, eller dårligere enn klasse 4			

Alle målerundene våre fikk 100 % godkjent i grunnriss i klasse 1: Bysentrum (Vedlegg 3). Når det gjelder høydemålingene ble disse også godkjent i klasse 1, bortsett på målerunde 1 på søylene. Dette var forventet da disse målingene hadde relative store DOP-verdier i LGO, spesielt punktet FM0. For å få denne godkjent i klasse 1 gikk vi tilbake til LGO. I første målerunde av søylene målte vi FM0 og FM1 samtidig. På denne måten kunne vi analysere vektoren mellom disse. Dette ble gjort på samme måte som de andre vektorene, altså 4 ulike vektorer mellom punktene. Eksporterte ASCII-fil, redigerte denne og fikk importert de fire nye vektorene. Kjørte gjennom hele utjevningsprosessen på nytt, men fikk likevel ikke godkjent i klasse 1. Dersom *faktor* er større enn 1.00, er største utslag over standardens krav

til nøyaktighet og det aktuelle punktet blir ikke godkjent. Dette gjelder i dette tilfelle 4 av 5 observasjoner. Målerunden ble derimot godkjent i klasse 2, noe vi godtok da vi ikke får endret målingene ytterligere (Vedlegg 5).

Rapporten får også ut blant annet maks punktdeformasjon. Denne forteller oss hvor stor usikkerhet/feilellipsen er til det aktuelle punktet. Dette vil vi forklare nærmere i neste kapittel.

### 11.3.6 Endelig utjevning

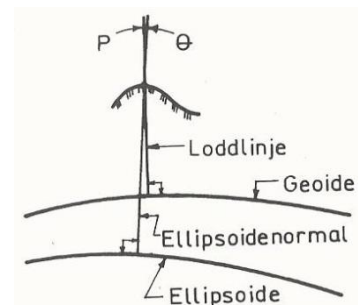
Endelig utjevning er det siste steget i utjevningsprosessen. Her får man i hovedsak ut de endelige koordinatene, samt standardavviket til disse (Vedlegg 4). Kjørte denne testen med målestokk og rotasjon som tilleggsukjente i grunnriss, mens vi ikke hadde noen tilleggsukjente i høyde. Om man bør kjøre med eller uten tilleggsukjente ser man i den foreløpige utjevningsrapporten, samt hvis man vet hvordan målingene er utført. Et eksempel er rapporten fra målerunde 1 på jordspydene.

Tilleggsukjente			
Gruppe	Type	Verdi	Standardavvik
1	Målestokk (ppm)	-0,770	0,128
1	Rotasjon (gon/grad)	0,00010	0,00002

Figur 20: Tilleggsukjente (Gemini Oppmåling)

Her ser man at tilleggsukjent målestokk er signifikant, mens rotasjon er veldig lav. Standardavviket til rotasjon er ekstremt lav og vi antar at dette skyldes at vi stilte alle mottakerne nøyaktig mot nord under alle målingene. Ut ifra disse tallene kjørte vi videre analyse med tilleggsukjent målestokk i grunnriss.

Ved analyse av høyde er det bare en tilleggsukjent, loddavvik. På bakgrunn av at vi målte i ellipsoidiske høyder og ikke ortometriske høyder, brukte vi ikke loddavvik i analysen. Dette er fordi loddavvik tar hensyn til vinkelen mellom loddlinjen og ellipsoidenormalen i et punkt. Hadde vi brukt ortometriske høyder (geoiden) ville den tilleggsukjente vært aktuell.



Figur 21: Loddavvik

## 12 Resultat

Punktene er angitt i EUREF NTM Sone 11 med ellipsoidiske høyder:

Tabell 12: Resultat, Åsta

Åsta (Januar 2013) - Søyler			
Punkt	Nord	Øst	Høyde
FM0	1347500,906	92636,561	269,611
FM1	1347367,735	92730,974	271,565
FM2	1347068,019	92704,164	280,417
Åsta (April 2013) - Søyler			
Punkt	Nord	Øst	Høyde
FM0	1347500,921	92636,560	269,590
FM1	1347367,745	92730,975	271,562
FM2	1347068,023	92704,161	280,421
Åsta (Forflytning)- Søyler			
Punkt	Nord	Øst	Høyde
FM0	0,015	-0,001	-0,021
FM1	0,010	0,001	-0,003
FM2	0,004	-0,03	0,004

Punktene er angitt i EUREF NTM Sone 11 med ellipsoidiske høyder:

Tabell 13: Resultat, Evenstad

Evenstad (Januar 2013) - Jordspyd			
Punkt	Nord	Øst	Høyde
FM4	1380618,017	78254,080	291,992
FM5	1380466,624	78449,121	291,832
FM6	1380318,394	78620,642	293,406
FM7	1380152,574	78882,817	290,465
FM9	1380034,975	79371,933	291,547
Evenstad (April 2013) - Jordspyd			
Punkt	Nord	Øst	Høyde
FM4	1380618,009	78254,080	291,989
FM5	1380466,618	78449,130	291,841
FM6	1380318,390	78620,642	293,399
FM7	1380152,573	78882,818	290,465
FM9	1380034,989	79371,932	291,549
Evenstad (Forflytning) - Jordspyd			
Punkt	Nord	Øst	Høyde
FM4	-0,008	0,005	-0,003
FM5	-0,006	0,009	0,009
FM6	-0,004	0,000	-0,007
FM7	-0,001	0,001	0,000
FM9	0,014	-0,001	0,002

Den røde fargen symboliserer at punktet målbart har forflyttet seg, selv om målemetodens nøyaktighet og punkt- og høydedeformasjonen ved ytre pålitelighet er tatt med i

betraktningen. Høyden i punkt FM0 ble såpass dårlig bestemt at vi ikke kan si med sikkerhet om denne høydeforskjellen er reel eller ikke. For å gi et bedre bilde av hvordan punktene har flyttet seg har vi regnet ut avstand mellom punktene etter forflytning.

Tabell 14: Sann forflytning, Åsta

Åsta - Søyler			
Punktnavn	Retning	Forflytning	Minste forflytning korr. for punktdeformasjon*
FM0	Nordvest	15,03mm	10,12mm
FM1	Nordvest	10,05mm	8,07mm
FM2	Nordvest	5,00mm	1,49mm

\* Denne verdien er hentet fra Google Sketchup hvor feilellipsene er inntegnet og skal være korrekte

Tabell 15: Sann forflytning, Evenstad

Evenstad - Jordspyd			
Punktnavn	Retning	Forflytning	Minste forflytning korr. for punktdeformasjon*
FM4	Sørøst	9,43mm	5,94mm
FM5	Sørøst	10,82mm	5,13mm
FM6	Vest	4,00mm	Umulig å fastslå**
FM7	Sørøst	1,41mm	Umulig å fastslå**
FM9	Nordvest	14,14mm	10,06mm

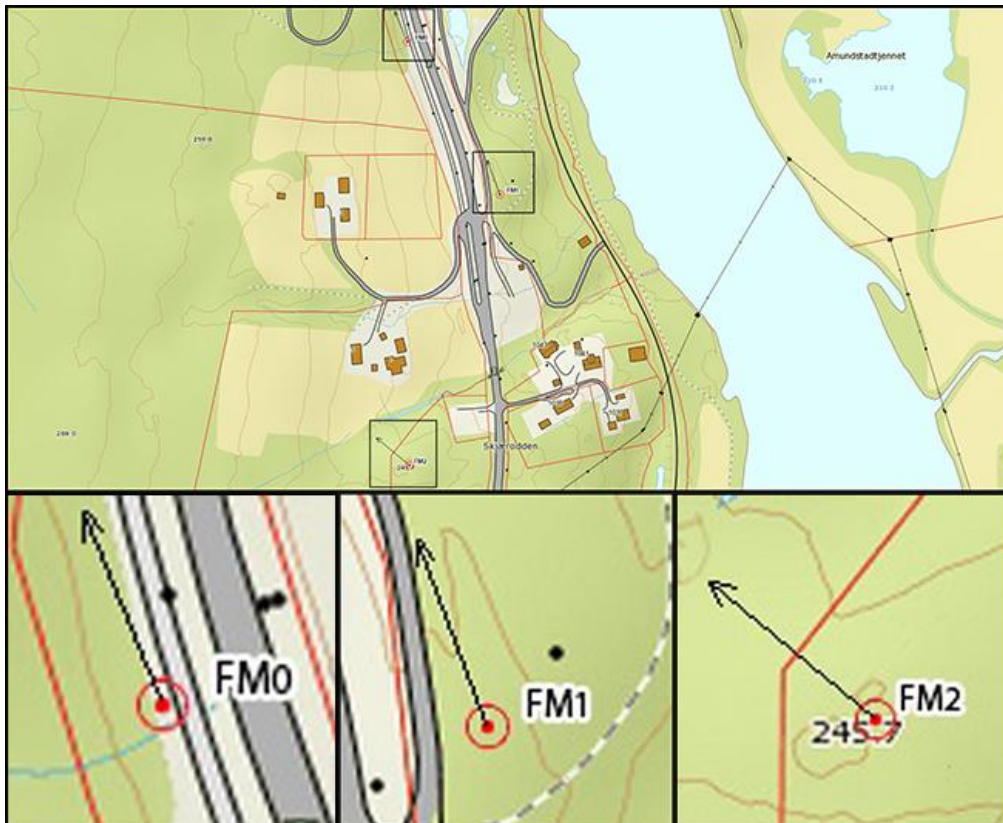
\* Denne verdien er hentet fra Google Sketchup hvor feilellipsene er inntegnet og skal være korrekte  
 \*\* Her krysser feilellipsene hverandre og vi kan derfor ikke fastslå noen forflytning med sikkerhet

Minste koordinatavstand korrigerert for punktdeformasjonen beskriver hvor mye vi kan fastslå at punktet har flyttet på seg med en rimelig grad av sikkerhet. Her blir det regnet med målemetodens nøyaktighet i grunnriss som allerede er i pålitelighetsanalysen. Denne oppgir Leica til å være  $\pm 3\text{mm} + 0,1 \text{ ppm}$  (20). Ut i fra tabellen leser man at to av søylene har flyttet på seg i grunnriss, mens FM4, FM5 og FM9 har flyttet seg målbart ved vår målemetode. Høydene ble såpass dårlig bestemt at vi ikke har noe grunnlag for å kunne si noe om hvorvidt høydeforskjellen er reel eller ikke. Høydeforskjellen vi målte for jordspydene er også så liten at det er umulig å si sikkert om denne høydeforskjellen er virkelig eller ikke. Vi ser i ettertid at høydeberegningene med fordel kunne blitt supplert med totalstasjonsmålinger. Grunnen

til at disse ikke er tatt med i beregningene er usikkerheten til dem, og fordi vi ikke har noen gode fastmerker og sikte til.

Resultatet etter analysen i Leica Geo Office og Gemini Oppmåling viste altså at søylene grovt sett hadde beveget seg noe mer enn hva jordspydene gjorde mellom januar og april.

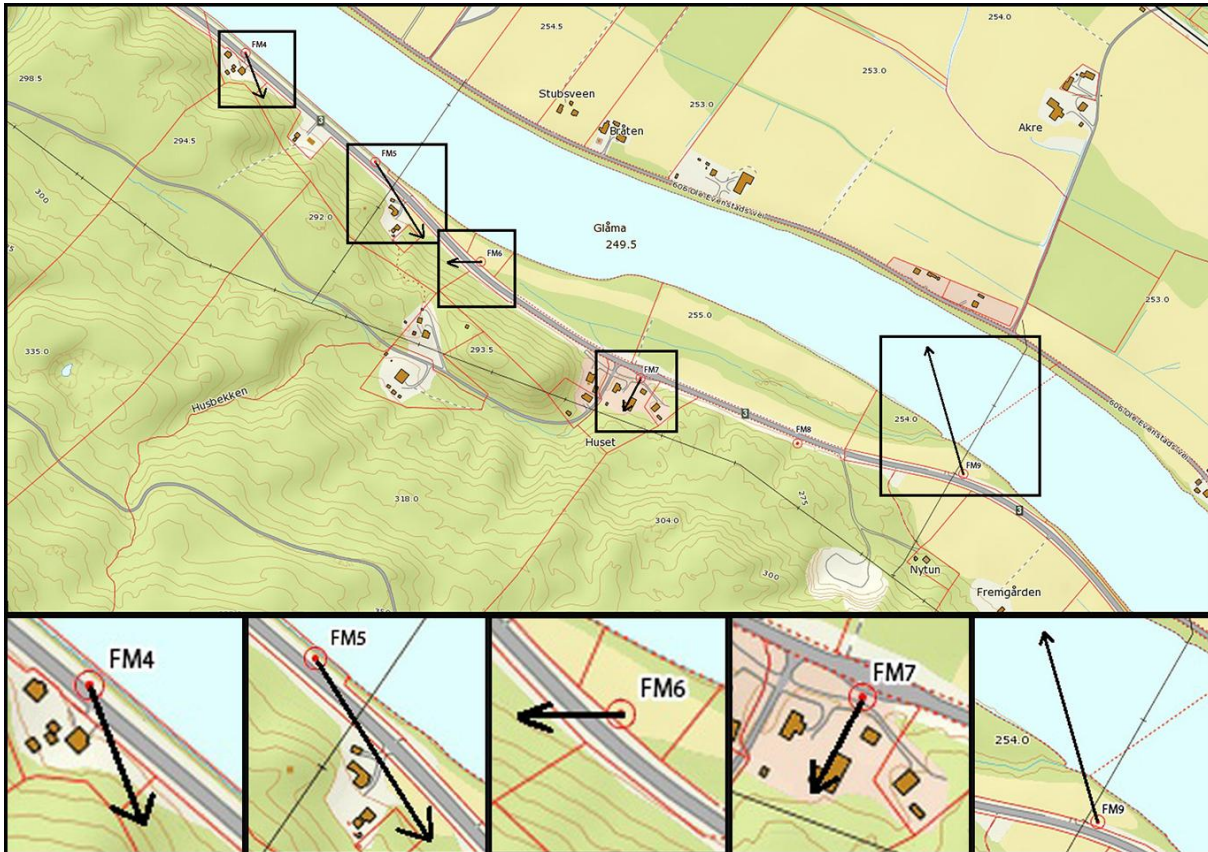
Jordsspydene FM6 og FM7 kan vi ikke, etter vår målemetode, fastslå noen bevegelse i. Søylene har derimot noenlunde lik forflytning i nordvestlig retning, som du ser av bildet under.



Figur 22: Bildet viser forflytningen til jordspydene på Evenstad. Merk at pilene er sterkt overdrevet. (norgeskart.no)

Det er vanskelig å si noe konkret om hvorfor alle søylene har flyttet seg i nordvestlig retning. Dette kan ha bakgrunn i at telehiven har virket likt i området eller at søylene ikke er vatret opp etter målingene i januar. Det kan også være at målemetoden har gitt dette utslaget uten at vi kan kontrollere det. Vi har tatt med målestokk og rotasjons som tilleggsukjente ved begge anledninger.

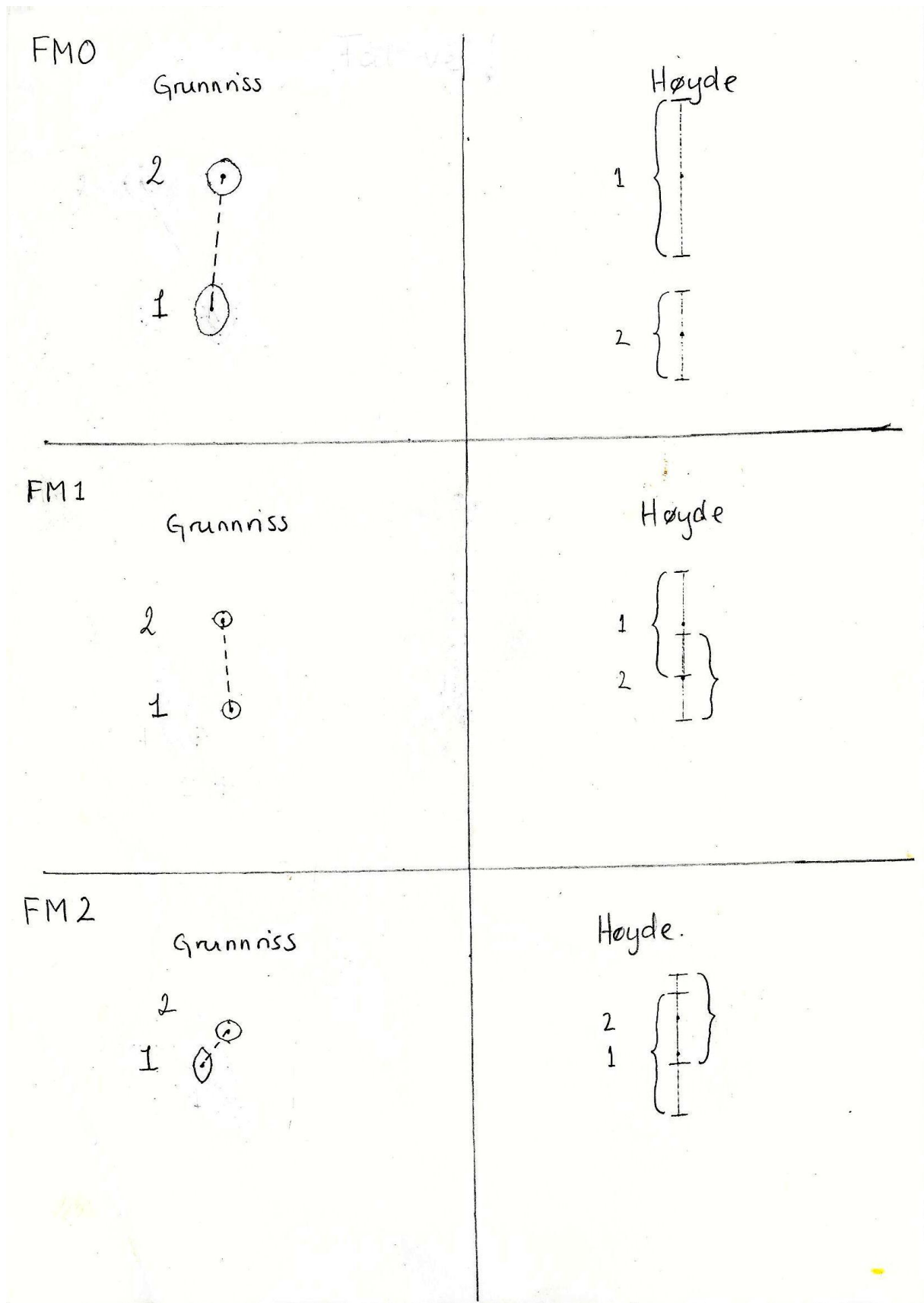
Når vi ser på hvordan punktene på Evenstad har flyttet på seg ser vi en litt annen trend.



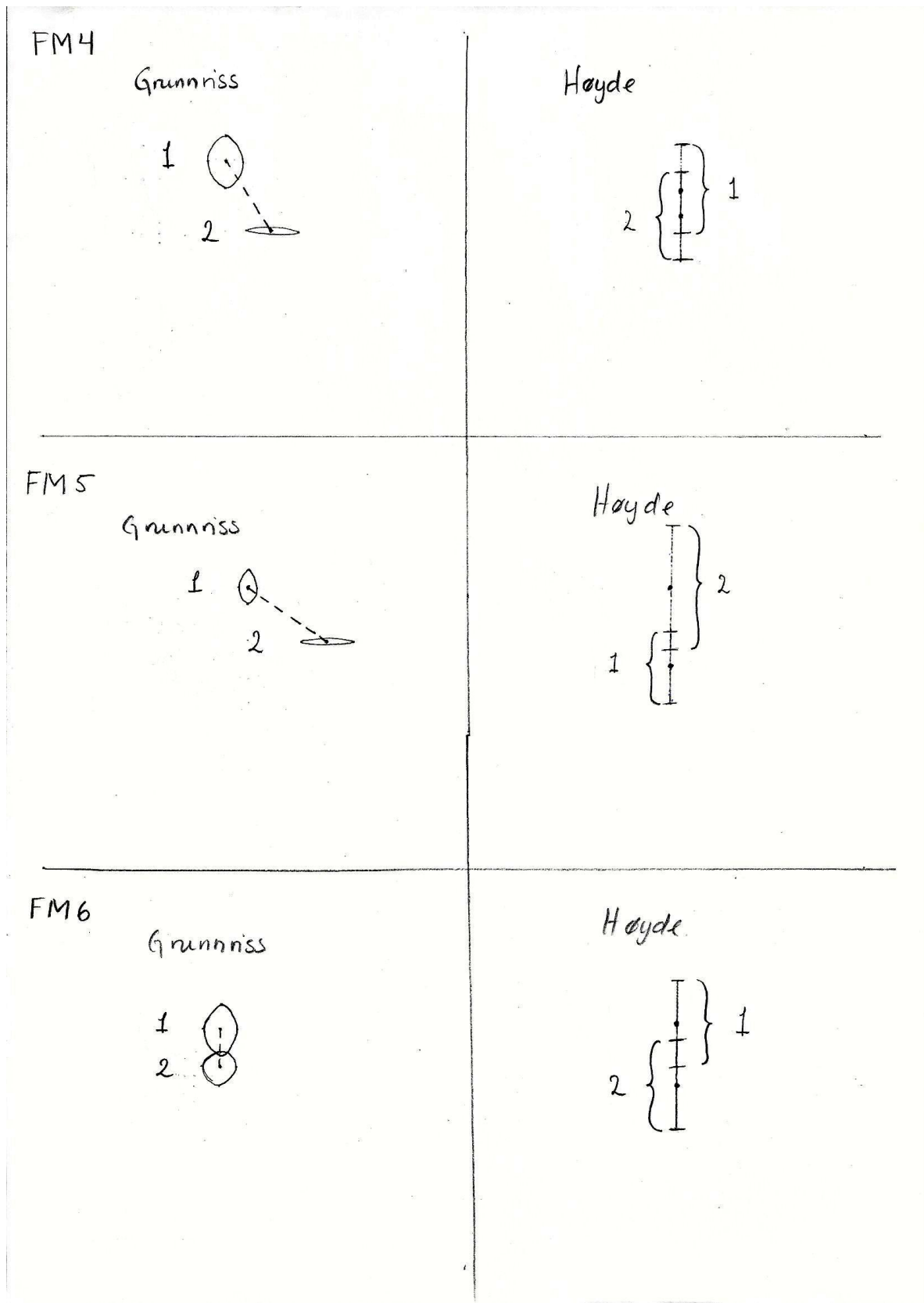
Figur 23: Bildet viser forflytningen til jordspydene på Evenstad. Merk at pilene er sterkt overdrevet. (norgeskart.no)

FM4 og FM5 som ligger nærmest Glomma (ca. 5 meter) har flyttet seg lenger sørøst og bort fra Glomma. FM6 og FM7 har nærmest stått i ro mellom januar og april, mens FM9 har flyttet seg nordvest og mot Glomma. Det er også her vanskelig og få et klart bilde av hva som har skjedd. Punktene har flyttet seg i særdeles liten grad med unntak av FM9. På bakgrunn av dette er det grunn til å tro at telen ikke har gått skikkelig i terrenget når vi målte i april, men dette er vanskelig å si med sikkerhet.

Under har vi tegnet opp forflytningen til punktene for hånd og tegnet opp den reelle feilellipsen som Gemini ga ut i rapporten. Tegningene er doblet for å få et bedre bilde av forflytningen. Hvor feilellipsen er veldig nær hverandre eller "krysser" hverandre kan vi som sagt ikke si med sikkerhet at punktene har flyttet på seg.

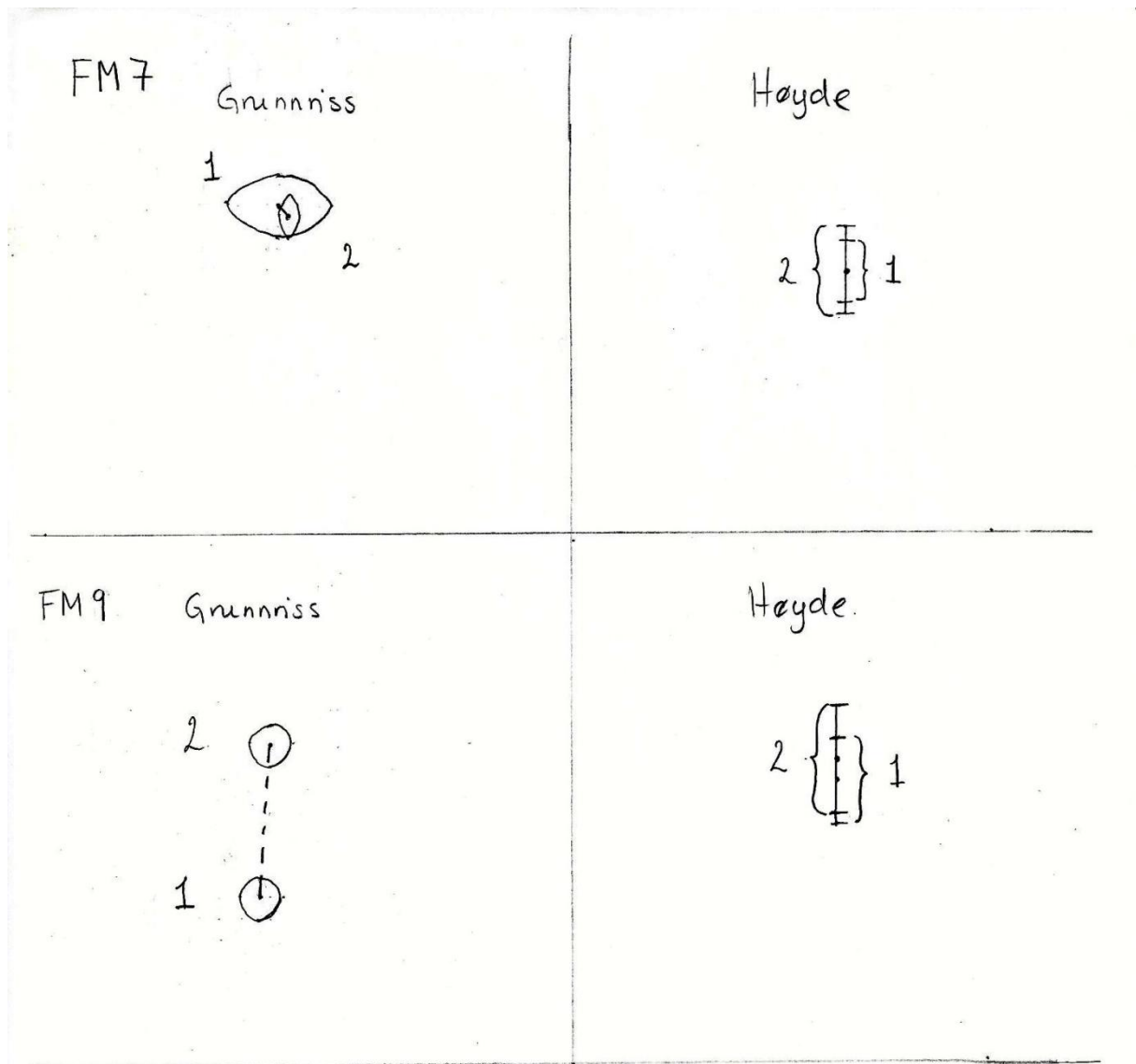


Figur 24: Forflytningen av søylene på Åsta hvor feilellipser er tegnet inn, samt høydeforskjellen og høydedeformasjonen (privat)



Figur 25: Forflytningen av jordspydene FM4, FM5 og FM6 på Evenstad hvor feilellipser er tegnet inn, samt høydeforskjellen og høydedeformasjonen (privat)





Figur 26: Forflytningen av jordspydene FM7 og FM9 på Evenstad hvor feilellipser er tegnet inn, samt høydeforskjellen og høydedeformasjonen (privat)

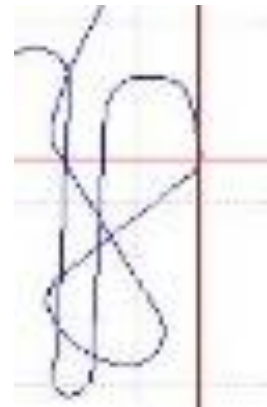
## 13 Diskusjon

Vi vil i dette kapitlet diskutere om vi kunne ha gjort noe annerledes og om dette er noe å forske videre på.

Metoden vår var en av to ulike metoder vi kunne bruke for å finne forflytning av fastmerkene. Metoden vi brukte, statisk GNSS, er en ypperlig metode å bruke. Noe vi kunne ha gjort annerledes var selvfølgelig å ha en lengre periode mellom målingene. Optimalt ville vi målt i oktober/november, før telehiven og snøen satt sine spor i terrenget. Andre målerunde foretok vi i midten av april, noe som var nødvendig med tanke på analyse og drøfting av resultatet. Optimalt burde vi tatt målingene senere, etter at telehiven med sikkerhet hadde gått. Telehiven satt uvanlig lenge i år, noe som passet dårlig med tanke på oppgaven vår. Forøvrig fikk vi veldig gode målinger, og vi har kommet fram til et resultat.

Veilederen vår, Stein Ivar, mente at hvis vi med stor sikkerhet kunne si hvor mye fastmerkene flyttet på seg burde vi ha målt punktene ved flere anledninger over 2-3 år. Og kanskje er det muligheter for videre målinger av de samme punktene av andre studenter/interesserte. Ser helst at de bruker den samme metoden og samme fremgangsmåte vi har brukt under våre målinger.

Den andre metoden vi *kunne* ha brukt kalles PPP (Precise Point Positioning). PPP er en presis enkeltpunktbestemmelse med én enkelt GNSS-mottaker. Programvaren (TerraPos) som brukes for analysering er norskutviklet av Terratec AS, og Høgskolen har lisens for programmet. Metoden er god for nøyaktighet ned på millimeternivå, men krever lange og tilnærmet avbruddsfrie dataserier. Det vil si at vi burde ha målt kontinuerlig på hvert punkt over lengre tid, noe som hadde vært svært vanskelig for oss. Både med tanke på levetid på batteri, kjennskap til metoden og programvaren, samt tilgang på utstyr over lang tid.



Figur 27: PPP med TerraPos ([terratec.no](http://terratec.no))

Som sagt fikk vi ikke mulighet til å måle etter at telehiven med sikkerhet hadde gått. Vi har fått tak i målinger som ble utført av Statens Vegvesen før telehiven kom. Men målemetoden og nøyaktigheten til disse målingene er for usikre og dårlige til at vi kan bruke disse i sammenligningen vår. Vi tror at det er muligheter for utfyllende undersøkelser på dette, og om det er noen sammenheng mellom forflytningen og jordsmonnet fastmerket er forankret

i. Våre fastmerker er forankret og slått ned i relativ likt jordsmonn, noe som gjør det vanskelig for oss å konkludere hvilken type fastmerke som egner seg best til hva. Videre har vi kun to ulike typer å gå ut ifra. Optimalt kunne vi slått ned jordspyd selv i ulikt jordsmonn, for så å måle inn disse i to omganger. På denne måten kan vi skille spydene fra hverandre og deretter konkludere. Det ville vært uaktuelt og gjøre det samme med søyler da etablering av disse er kostbart.

Ved GNSS-måling er det vanskelig å kontrollere høyder fra bare to ulike kjente punkter. Optimalt ville vi brukt flere kjente punkter rundt jordspydene og søylene. På denne måten er det lettere og kontrollere høydene uten å ha med loddavvik eller en god og tilpasset transformasjon. For å ha bedre kontroll på høydene kontaktet vi Kartverket og forhørte oss om geoidmodellen for områdene var gode nok til fastmerkemåling. I denne e-posten (personlig kommunikasjon, 8. mai) skrev vedkommende at Href-modellen (Href2008a) skal være god nok til dette. Det er denne referansmodellen vi har brukt i våre målinger.

## 14 Konklusjon

Målet med denne oppgaven var å forske på om fastmerker flytter på seg gjennom vinterhalvåret. Enten det er på grunn av telehiv eller andre årsaker. Dette skulle vi undersøke ved å bruke målemetoden statistisk GNSS med etterprosessering. Vi skulle også se på om eventuell forflytning kunne ha sammenheng med jordsmonnet fastmerkene var etablert i. Videre ville vi forhøre oss med bransjen og hvilke erfaringer de har rundt dette.

Gjennom analyse i LGO og Gemini Oppmåling har vi kommet frem til et resultat. Det viste seg at jordspydene Statens Vegvesen har slått ned har vært relativt stabile. Vi kunne påvise forflytning på tre av seks jordspyd. I dette regnestykket er målemetodens nøyaktighet tatt med, samt punktdeformasjonen.

Resultatet fra analysen av søylene viste at tre av tre har flyttet på seg, med de samme usikkerhetsfaktorene tatt med i beregningen. Det var ikke forventet ved oppstart av oppgaven, men etter å ha satt oss inn i stoffet har vi fått øket forståelse av hvordan og hvorfor. Søylene er plassert i løsmasser og de er sannsynligvis ikke forankret tilstrekkelig. Derfor kan en liten tilt være nok til at søylene har flyttet på seg ca 10mm.

Høydemålingene fra punktene er som sagt usikre. Vi kunne gjort det annerledes og hatt mer kontroll på disse. Som man kan se på figur 24-26 er det ingen av punktene som vi med

---

sikkerhet kan si har flyttet på seg, sett bort ifra FM0. På dette punktet fikk vi dårlige målinger og kan heller ikke konkludere noe.

Om forflytningen har en sammenheng med jordsmonnet kan vi ikke si sikkert. Alle fastmerkene (søyler og jordspyd), står i samme type grunnmaterialet. Morenejord er karakterisert til å være et relativt stabilt underlag, noe Skanska har erfart ved Gardermoen. Vi har derimot har en splittet følelse om dette.

Det er vanskelig å trekke en sammenheng mellom telehiv, jordsmonn og forflytning, fordi vi ikke har nok målinger eller grunnlag til å trekke en konklusjon. Vi ville gjerne sett andre forsette det vi har begynt på, da dette kan være interessant for bransjen. Men da over en lengre tidsperiode og med enda flere datasett.

Vi har funnet ut at aktørene i Norge ikke har en fastsatt standard på hvordan søyler, spyd og andre fastmerker skal forankres. Men de fleste har den samme meningen og erfaringen rundt hva som fungerer best og hvordan de skal gjennomføre forankringen. Vi ser det som heldig for bransjen om det kommer en standard for dette.

Vi ønsker å gi en anbefaling til Statens Vegvesen ut ifra våre målinger og erfaringer. Når det gjelder målingene viste det seg at både jordspydene og søylene hadde flyttet på seg. Søylene burde være forankret på et telesikkert underlag, og derfor har vi en mistanke om at søylene kan ha blitt vatret opp i perioden mellom målingene, noe som i prinsippet kan flytte topp søyle  $\pm 10$ mm. Men dette kan vi ikke si med sikkerhet.

Fastmerkene som ligger på Evenstad skal brukes til et vegprosjekt av uviss størrelse. Vil prosjektet gå over en lengre periode vil vi derfor anbefale søyler. Søyler er dyrt ved oppstart, men kan spare inn kostnader i det lange løp med tanke på feil i målinger og usikkerhet rundt jordspydenes stabilitet og nøyaktighet. Videre er søyler praktisk med tanke på helårsbruk og snøforholdene i Norge. Jordspydene lå langs veg og var ofte dekket av snø eller vann. Vi ønsker at Statens Vegvesen tar målingene våre med i sine vurderinger og betraktninger, men selv velge om de vil beholde jordspydene eller etablere ordentlige søyler.

## 15 Kilder

Nummererte kilder. De er referert i teksten.

1. [www.leica-geosystems.no](http://www.leica-geosystems.no) /LEICA. (2013) *Leica Viva GS10 & GS15* [online].

URL: [http://www.leica-geosystems.no/no/Leica-Viva-GS10-GS15\\_86596.htm](http://www.leica-geosystems.no/no/Leica-Viva-GS10-GS15_86596.htm) (06.03.13)

---

2. Forfatter, Jon Schärer/Redaktør, Nina Kristiansen (2010) *Kuldebølgen forsetter – under bakken* [online]. [www.forskning.no](http://www.forskning.no)

URL: <http://www.forskning.no/artikler/2010/januar/239957>

---

3. [www.statkart.no](http://www.statkart.no) / Kartverket (2013) *De koordinatbestemte fastmerkene* [online].  
Norge: Kartverket

URL: <http://www.statkart.no/Kunnskap/Kart-og-kartlegging/Referanseramme/De-koordinatbestemte-fastmerkene/> (07.02.13)

---

4. Miljøministeriet: Geodatasyrelsen (?Årstall?) *Afmærkningstyper*. Danmark: GST

URL: <http://www.referencenet.dk/NR/rdonlyres/0680F1E7-1049-498E-B521-C2E9BC9054D4/0/punktafmaerkninger.pdf>

---

5. [www.ngu.no](http://www.ngu.no) / Norges geologiske undersøkelse. (2011) *Geoloisk ordliste* [online].

URL: <http://www.ngu.no/no/tm/Vare-tjenester/Spor-en-geolog/Geologisk-ordliste/>  
(08.04.13)

---

6. Bergart (2013) *Wikipedia* [online].

URL: <http://no.wikipedia.org/wiki/Bergart> (08.04.13)

---

7. Statens Kartverk (2009) *Versjon 2.1. Satellittbasert posisjonsbestemmelse*. Hønefoss:  
Statens Kartverk

---

8. Statens Kartverk (2009) *Versjon 2.2. Fastmerkenummerering og fastmerkeregistrer.*

Hønefoss: Statens Kartverk

---

9. Forfatter, Sebastian Nordli / Redaktør, Ukjent (2012) *Dette er grunnen til telehiv på*

*E18* [online]. Østfold: [www.nrk.no](http://www.nrk.no)

URL: <http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/ostfold/1.8073441> (22.03.13)

---

10. [www.snl.no](http://www.snl.no) / Store norske leksikon. (?Årstall?) *GPS* [online] Norge: Børje Forssell

URL: <http://snl.no/GPS> (19.02.13)

---

11. [www.trv.jbv.no](http://www.trv.jbv.no) / Jernbaneverket (2013) *Overbygning/Prosjektering/Utfesting og*

*fastmerkenett* [online]. Norge: Jernbaneverket

URL:

[http://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Utfesting\\_og\\_fastmerkenett#Geodetisk\\_fastmerkenett](http://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Utfesting_og_fastmerkenett#Geodetisk_fastmerkenett) (02.04.13)

---

12. Kartverket (2006) *Versjon 4.0 Sosi standard – generell objektkatalog (fagområde: fastmerker).* Norge: SOSI Sekretariatet / AG3

---

13. Forfatter, Terje Skog m.m. (2008) *Grunnleggende landmåling.* Norge:

Universitetsforlaget

---

14. Forfatter, Jan Karlsen (2008) *Geomatikkboka 1.* Oslo: Byggdata

---

15. Forfatter, Statens Kartverk (1989) *Ordbok for kart og oppmåling.* Hønefoss: Statens Kartverk

---

16. Istid (2013) *Wikipedia* [online].

URL: <http://no.wikipedia.org/wiki/Istid> (08.04.13)

---

17. Hjelp-funksjon i Gemini Oppmåling 5.2.

---

18. Hjelp-funksjon i LEICA Geo Office 8.1.

---

19. [www.terratec.no](http://www.terratec.no) / Terratec AS (2013) *Terrapos* [online]. Norge: Terratec AS

URL: [http://www.terratec.no/terrapos/cms/125/72/hent\\_artikkel/46](http://www.terratec.no/terrapos/cms/125/72/hent_artikkel/46)

---

- 
20. [www.leica-geosystems.no](http://www.leica-geosystems.no) / Leica Geosystems (2012) *Leica Viva GS15 GNSS-mottaker – datablad* [online]. Norge: Leica Geosystems  
URL: [http://www.leica-geosystems.no/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica Viva GNSS GS15 receiver DS no.pdf](http://www.leica-geosystems.no/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica_Viva_GNSS_GS15_receiver_DS_no.pdf)
- 
21. Precise Point Positioning (2013) *Wikipedia* [online]  
URL: [http://www.leica-geosystems.no/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica Viva GNSS GS15 receiver DS no.pdf](http://www.leica-geosystems.no/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica_Viva_GNSS_GS15_receiver_DS_no.pdf) (10.05.13)
- 
22. [www.leica-geosystems.no](http://www.leica-geosystems.no) / Leica Geosystems (2012) *Leica Viva TS15 – datablad* [online]  
URL: [http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/tps/Viva%20TS15/brochures-datasheet/Leica%20Viva%20TS15%20Datasheet\\_no.pdf](http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/tps/Viva%20TS15/brochures-datasheet/Leica%20Viva%20TS15%20Datasheet_no.pdf)
- 
23. [www.sesolstorm.kartverket.no](http://www.sesolstorm.kartverket.no) / Kartverket (2013)  
URL: [www.sesolstorm.kartverket.no](http://www.sesolstorm.kartverket.no)
- 
24. Forfatter, Bjørn Godager (2012) *GPS-vekting*. Powerpoint
-

## 16. Vedlegg

### 16.1 Evenstad

#### Vedlegg 1: Evenstad (Januar) Grunnriss, Grovfeil

## Gemini | Oppmåling

## Grovfeil

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAD  
Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

### Grovfeil, observasjonsliste

Retningsvinkel						
Fra	Til	Observasjon	Grovfeil	T-Obs	Faktor	Redun.
FM4	KIR KE	388,07120	0,00000	0,14	0,04	0,90
FM4	KIR KE	388,07120	0,00000	0,12	0,04	0,89
FM4	RASTA	139,12450	0,00000	0,83	0,24	0,76
FM4	RASTA	139,12450	0,00010	2,01	0,59	0,74
FM5	KIR KE	387,23090	0,00000	0,05	0,02	0,90
FM5	KIR KE	387,23090	0,00000	0,20	0,06	0,89
FM5	RASTA	138,89860	0,00000	0,32	0,09	0,76
FM5	RASTA	138,89860	0,00000	0,04	0,01	0,75
FM6	KIR KE2	386,52870	-0,00010	0,47	0,14	0,93
FM6	KIR KE2	386,52870	0,00000	0,10	0,03	0,93
FM6	RASTA	138,40050	0,00010	4,22	1,24	0,78
FM6	RASTA	138,40040	-0,00010	1,68	0,49	0,74
FM7	KIR KE2	385,42530	0,00000	0,14	0,04	0,92
FM7	KIR KE2	385,42530	0,00000	0,21	0,06	0,95
FM7	RASTA	138,69490	-0,00010	2,32	0,68	0,85
FM7	RASTA	138,69500	0,00010	1,99	0,58	0,82
FM9	KIR KE2	383,22520	0,00000	0,34	0,10	0,95
FM9	KIR KE2	383,22520	0,00000	0,33	0,10	0,95
FM9	RASTA	144,06630	0,00010	3,34	0,98	0,82
FM9	RASTA	144,06620	0,00000	1,03	0,30	0,90
KIR KE	FM4	188,07120	0,00000	0,18	0,05	0,90
KIR KE	FM4	188,07120	0,00000	0,17	0,05	0,89
KIR KE	FM5	187,23090	0,00000	0,11	0,03	0,90
KIR KE	FM5	187,23090	0,00000	0,42	0,12	0,89
KIR KE	RASTA	177,84890	0,00000	0,04	0,01	0,95
KIR KE	RASTA	177,84890	0,00000	0,04	0,01	0,95
KIR KE2	FM6	186,52870	0,00000	0,29	0,08	0,94
KIR KE2	FM6	186,52870	0,00000	0,21	0,06	0,93
KIR KE2	FM7	185,42530	0,00000	0,03	0,01	0,92
KIR KE2	FM7	185,42530	0,00000	0,14	0,04	0,96
KIR KE2	FM9	183,22520	0,00000	0,26	0,08	0,95
KIR KE2	FM9	183,22520	0,00000	0,02	0,01	0,96
KIR KE2	RASTA	177,84890	0,00000	0,19	0,06	0,98
KIR KE2	RASTA	177,84890	0,00000	0,19	0,06	0,98
RASTA	FM4	339,12440	0,00000	0,94	0,28	0,76
RASTA	FM4	339,12440	0,00000	0,35	0,10	0,75
RASTA	FM5	338,89860	0,00000	0,02	0,01	0,76
RASTA	FM5	338,89860	0,00000	0,22	0,07	0,75
RASTA	FM6	338,40040	0,00000	0,61	0,18	0,75



## Gemini | Oppmåling

## Grovfeil

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\VENSTAI  
 Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

RASTA	FM6	338,40040	-0,00010	2,22	0,65	0,74
RASTA	FM7	338,69500	-0,00010	1,69	0,49	0,51
RASTA	FM7	338,69500	0,00010	1,89	0,55	0,82
RASTA	FM9	344,06630	0,00010	2,90	0,85	0,82
RASTA	FM9	344,06620	-0,00010	4,06	1,19	0,48
RASTA	KIR KE	377,84890	0,00000	0,03	0,01	0,95
RASTA	KIR KE	377,84890	0,00000	0,03	0,01	0,95
RASTA	KIR KE2	377,84880	0,00000	0,31	0,09	0,82
RASTA	KIR KE2	377,84880	0,00000	0,31	0,09	0,82
Sat. Avstand						
Fra	Til	Observasjon	Grovfeil	T-Obs	Faktor	Redun.
FM4	KIR KE	12 195,222	-0,004	0,30	0,09	0,90
FM4	KIR KE	12 195,224	-0,002	0,15	0,04	0,90
FM4	RASTA	3 412,000	0,003	0,63	0,19	0,77
FM4	RASTA	3 412,001	0,001	0,32	0,09	0,76
FM5	KIR KE	12 381,384	0,005	0,39	0,11	0,90
FM5	KIR KE	12 381,381	0,002	0,21	0,06	0,89
FM5	RASTA	3 165,367	-0,004	0,96	0,28	0,77
FM5	RASTA	3 165,373	0,005	1,06	0,31	0,76
FM6	KIR KE2	12 561,579	0,016	1,46	0,43	0,95
FM6	KIR KE2	12 561,564	0,000	0,02	0,01	0,94
FM6	RASTA	2 939,928	-0,010	2,70	0,79	0,79
FM6	RASTA	2 939,936	0,007	2,00	0,58	0,78
FM7	KIR KE2	12 780,670	0,002	0,23	0,07	0,95
FM7	KIR KE2	12 780,671	0,004	0,36	0,11	0,97
FM7	RASTA	2 629,988	0,005	1,76	0,51	0,85
FM7	RASTA	2 629,991	0,000	0,16	0,05	0,82
FM9	KIR KE2	13 013,963	-0,008	0,65	0,19	0,97
FM9	KIR KE2	13 013,959	-0,012	0,99	0,29	0,97
FM9	RASTA	2 169,036	0,002	0,71	0,21	0,82
FM9	RASTA	2 169,034	0,002	0,68	0,20	0,90
KIR KE	FM4	12 195,222	-0,004	0,34	0,10	0,90
KIR KE	FM4	12 195,222	-0,003	0,27	0,08	0,90
KIR KE	FM5	12 381,384	0,005	0,40	0,12	0,90
KIR KE	FM5	12 381,383	0,006	0,49	0,14	0,89
KIR KE	RASTA	14 838,336	-0,002	0,13	0,04	0,94
KIR KE	RASTA	14 838,336	-0,002	0,13	0,04	0,94
KIR KE2	FM6	12 561,582	0,018	1,61	0,47	0,95
KIR KE2	FM6	12 561,563	-0,001	0,06	0,02	0,94
KIR KE2	FM7	12 780,668	0,000	0,00	0,00	0,95
KIR KE2	FM7	12 780,673	0,006	0,49	0,14	0,97
KIR KE2	FM9	13 013,964	-0,007	0,54	0,16	0,97
KIR KE2	FM9	13 013,960	-0,011	0,90	0,26	0,97

## Gemini | Oppmåling

## Grovfeil

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINIEVENSTAI

Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

KIR KE2	RASTA	14 838,330	0,004	0,31	0,09	0,98
KIR KE2	RASTA	14 838,330	0,004	0,31	0,09	0,98
RASTA	FM4	3 412,000	0,004	0,78	0,23	0,77
RASTA	FM4	3 411,990	-0,009	2,09	0,61	0,76
RASTA	FM5	3 165,367	-0,004	0,90	0,26	0,77
RASTA	FM5	3 165,374	0,005	1,28	0,38	0,76
RASTA	FM6	2 939,929	-0,004	1,23	0,36	0,76
RASTA	FM6	2 939,936	0,008	2,35	0,69	0,76
RASTA	FM7	2 629,988	-0,004	1,37	0,40	0,52
RASTA	FM7	2 629,992	0,000	0,06	0,02	0,82
RASTA	FM9	2 169,037	0,003	1,06	0,31	0,82
RASTA	FM9	2 169,036	-0,006	2,44	0,72	0,47
RASTA	KIR KE	14 838,335	-0,002	0,16	0,05	0,94
RASTA	KIR KE	14 838,335	-0,002	0,16	0,05	0,94
RASTA	KIR KE2	14 838,325	-0,001	0,33	0,10	0,78
RASTA	KIR KE2	14 838,325	-0,001	0,33	0,10	0,78

## Grovfeil, sammendrag

Antall overskytende målinger:	82
Student T-verdi:	3.42
Testnivå:	0.0010

## Vedlegg 2: Evenstad (Januar) Grunnriss, Indre pålitelighet

## Gemini | Oppmåling

## Indre pålitelighet

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAD

Koordinatsystem: EUREF89 NTM Sone 11

09.05.2013

## Indre pålitelighet, observasjonsliste

Sat.Retn.vinkel					
Fra	Til	Observasjon	Grovfeil	Redundans	Relativ maks grovfeil
FM4	KIRKE	388,07122	0,00024	0.90	2.01
FM4	KIRKE	388,07122	0,00023	0.89	1.99
FM4	RASTA	139,12446	-0,00011	0.76	2.87
FM4	RASTA	139,12455	0,00015	0.74	4.08
FM5	KIRKE	387,23090	-0,00023	0.90	1.92
FM5	KIRKE	387,23088	-0,00023	0.89	2.08
FM5	RASTA	138,89865	0,00009	0.76	2.37
FM5	RASTA	138,89865	0,00008	0.75	2.10
FM6	KIRKE2	386,52872	-0,00025	0.93	2.29
FM6	KIRKE2	386,52870	0,00021	0.93	1.95
FM6	RASTA	138,40050	0,00019	0.78	5.63
FM6	RASTA	138,40040	-0,00011	0.74	3.77
FM7	KIRKE2	385,42531	-0,00021	0.92	2.01
FM7	KIRKE2	385,42532	0,00023	0.95	2.01
FM7	RASTA	138,69492	-0,00012	0.85	4.24
FM7	RASTA	138,69503	0,00011	0.82	4.09
FM9	KIRKE2	383,22522	0,00027	0.95	2.13
FM9	KIRKE2	383,22520	0,00027	0.95	2.13
FM9	RASTA	144,06634	0,00017	0.82	5.10
FM9	RASTA	144,06620	-0,00010	0.90	2.81
KIRKE	FM4	188,07123	0,00024	0.90	2.04
KIRKE	FM4	188,07123	0,00024	0.89	2.04
KIRKE	FM5	187,23089	-0,00023	0.90	1.98
KIRKE	FM5	187,23087	-0,00025	0.89	2.29
KIRKE	RASTA	177,84887	0,00027	0.95	1.85
KIRKE	RASTA	177,84887	0,00027	0.95	1.85
KIRKE2	FM6	186,52873	-0,00024	0.94	2.11
KIRKE2	FM6	186,52871	0,00023	0.93	2.05
KIRKE2	FM7	185,42532	0,00020	0.92	1.90
KIRKE2	FM7	185,42532	0,00024	0.96	1.94
KIRKE2	FM9	183,22521	0,00026	0.95	2.07
KIRKE2	FM9	183,22519	-0,00024	0.96	1.83

## Gemini | Oppmåling

## Indre pålitelighet

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\VENSTAI  
 Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

KIRKE2	RASTA	177,84886	0,00029	0.98	1.97
KIRKE2	RASTA	177,84886	0,00029	0.98	1.97
RASTA	FM4	339,12445	-0,00012	0.76	2.98
RASTA	FM4	339,12445	-0,00009	0.75	2.44
RASTA	FM5	338,89864	-0,00008	0.76	2.07
RASTA	FM5	338,89864	-0,00008	0.75	2.29
RASTA	FM6	338,40041	0,00008	0.75	2.69
RASTA	FM6	338,40039	-0,00012	0.74	4.26
RASTA	FM7	338,69495	-0,00011	0.51	9.59
RASTA	FM7	338,69503	0,00011	0.82	3.99
RASTA	FM9	344,06633	0,00016	0.82	4.75
RASTA	FM9	344,06618	-0,00014	0.46	22.70
RASTA	KIRKE	377,84887	0,00027	0.95	1.85
RASTA	KIRKE	377,84887	0,00027	0.95	1.85
RASTA	KIRKE2	377,84884	-0,00009	0.82	2.59
RASTA	KIRKE2	377,84884	-0,00009	0.82	2.59

## Sat.Avstand

Fra	Til	Observasjon	Grovfeil	Redundans	Relativ maks grovfeil
FM4	KIRKE	12 195,222	-0,028	0.90	2.15
FM4	KIRKE	12 195,224	-0,026	0.90	2.02
FM4	RASTA	3 412,000	0,012	0.77	2.65
FM4	RASTA	3 412,001	0,010	0.76	2.39
FM5	KIRKE	12 381,384	0,029	0.90	2.24
FM5	KIRKE	12 381,381	0,025	0.89	2.09
FM5	RASTA	3 165,367	-0,013	0.77	2.98
FM5	RASTA	3 165,373	0,013	0.76	3.11
FM6	KIRKE2	12 561,579	0,038	0.95	3.16
FM6	KIRKE2	12 561,564	0,022	0.94	1.86
FM6	RASTA	2 939,928	-0,017	0.79	4.47
FM6	RASTA	2 939,936	0,013	0.76	4.04
FM7	KIRKE2	12 780,670	0,024	0.95	2.07
FM7	KIRKE2	12 780,671	0,027	0.97	2.13
FM7	RASTA	2 629,988	0,011	0.85	3.73
FM7	RASTA	2 629,991	-0,006	0.82	2.26
FM9	KIRKE2	13 013,963	-0,033	0.97	2.39
FM9	KIRKE2	13 013,959	-0,037	0.97	2.70

## Gemini | Oppmåling

## Indre pålitelighet

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\VENSTAI  
 Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

FM 9	RASTA	2 169,036	0,009	0.82	2.75
FM 9	RASTA	2 169,034	0,008	0.90	2.49
KIRKE	FM 4	12 195,222	-0,028	0.90	2.19
KIRKE	FM 4	12 195,222	-0,027	0.90	2.13
KIRKE	FM 5	12 381,384	0,029	0.90	2.25
KIRKE	FM 5	12 381,383	0,028	0.89	2.35
KIRKE	RASTA	14 838,336	-0,031	0.94	1.96
KIRKE	RASTA	14 838,336	-0,031	0.94	1.96
KIRKE2	FM 6	12 561,582	0,041	0.95	3.26
KIRKE2	FM 6	12 561,563	-0,023	0.94	1.90
KIRKE2	FM 7	12 780,668	-0,021	0.95	1.86
KIRKE2	FM 7	12 780,673	0,030	0.97	2.24
KIRKE2	FM 9	13 013,964	-0,031	0.97	2.30
KIRKE2	FM 9	13 013,960	-0,036	0.97	2.60
KIRKE2	RASTA	14 838,330	0,032	0.98	2.08
KIRKE2	RASTA	14 838,330	0,032	0.98	2.08
RASTA	FM 4	3 412,000	0,013	0.77	2.80
RASTA	FM 4	3 411,990	-0,018	0.76	4.11
RASTA	FM 5	3 165,367	-0,013	0.77	2.93
RASTA	FM 5	3 165,374	0,014	0.76	3.33
RASTA	FM 6	2 939,929	-0,011	0.76	3.29
RASTA	FM 6	2 939,936	0,014	0.76	4.35
RASTA	FM 7	2 629,988	-0,010	0.52	8.78
RASTA	FM 7	2 629,992	-0,006	0.82	2.15
RASTA	FM 9	2 169,037	0,010	0.82	3.09
RASTA	FM 9	2 169,036	-0,010	0.47	17.52
RASTA	KIRKE	14 838,335	-0,031	0.94	1.98
RASTA	KIRKE	14 838,335	-0,031	0.94	1.98
RASTA	KIRKE2	14 838,325	-0,010	0.78	2.62
RASTA	KIRKE2	14 838,325	-0,010	0.78	2.62

## Indre pålitelighet, sammendrag

Antall overbestemmelser: 82

Student T-verdi: 1,990

Middeilfeil på vektsenhet: 0,0004433

Test nivå: 0,050

## Vedlegg 3: Evenstad (Januar) Grunnriss, Ytre Pålitelighet

## Gemini | Oppmåling

## Ytre pålitelighet

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAD

Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

## Ytre pålitelighet, maks. punktdeformasjon

Punkt	Def. Nord Def.	Def. Øst Norm	Def. H Faktor	Obs. fra punkt Grovfeil	Til Observasjon	Merknad
FM4	0,004	-0,002	0,000	RASTA	FM4	
	0,004	-	-	-0,018	3 411,972	Sat:Hor.avstand
FM5	-0,003	0,002	0,000	RASTA	FM5	
	0,003	-	-	0,014	3 165,358	Sat:Hor.avstand
FM7	0,003	-0,004	0,000	RASTA	FM7	
	0,005	-	-	-0,010	2 629,975	Sat:Hor.avstand
FM6	0,003	-0,002	0,000	FM6	RASTA	
	0,003	-	-	-0,017	2 939,914	Sat:Hor.avstand
FM9	0,002	-0,006	0,000	RASTA	FM9	
	0,006	-	-	0,00000	343,72000	Sat:Retn.vinkel

## Ytre pålitelighet, maks. vinkeldeformasjon

Fotpunkt	Fra Def (ppm)	Til Norm (ppm)	Faktor	Grovfeil	Obs fra pkt Observasjon	Til pkt Merknad
RASTA	FM9	FM4	0.11	-0,00010	RASTA	FM9
	1	12			343,72000	Sat:Retn.vinkel
KIRKE	FM4	RASTA	0.03	-0,018	RASTA	FM4
	0	10			3 411,972	Sat:Hor.avstand
FM4	RASTA	FM9	0.21	-0,00010	RASTA	FM9
	3	14			343,72000	Sat:Retn.vinkel
FM5	RASTA	FM9	0.24	-0,00010	RASTA	FM9
	4	16			343,72000	Sat:Retn.vinkel
KIRKE2	FM4	RASTA	0.03	-0,018	RASTA	FM4
	0	10			3 411,972	Sat:Hor.avstand
FM7	RASTA	FM9	0.34	-0,00010	RASTA	FM9
	10	28			343,72000	Sat:Retn.vinkel
FM6	RASTA	FM9	0.29	-0,00010	RASTA	FM9
	5	19			343,72000	Sat:Retn.vinkel
FM9	FM7	RASTA	0.32	-0,00010	RASTA	FM9
	11	33			343,72000	Sat:Retn.vinkel

## Ytre pålitelighet, maks. målestokkdeformasjon

Fotpunkt	Fra punkt Skala (ppm)	Til punkt Norm (ppm)	Faktor	Grovfeil	Obs fra Ppunkt Observasjon	Til punkt Merknad
RASTA	FM9	FM4	0.22	-0,00014	RASTA	FM9
	2	12			343,72001	Sat:Retn.vinkel
KIRKE	FM9	RASTA	0.05	-0,00014	RASTA	FM9
	0	10			343,72001	Sat:Retn.vinkel
FM4	FM7	FM9	0.34	-0,010	RASTA	FM7
	6	19			2 629,975	Sat:Hor.avstand

## Gemini | Oppmåling

## Ytre pålitelighet

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAI  
 Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

FM5	FM7	FM9	RASTA	FM7
	9	25	0.37	-0,010
			2 629,975	Sat:Hor.avstand
KIRKE2	FM9	RASTA	RASTA	FM9
	0	10	0.05	-0,00014
			343,72001	Sat:Retn.vinkel
FM7	FM6	FM9	RASTA	FM7
	23	65	0.36	-0,010
			2 629,975	Sat:Hor.avstand
FM6	FM7	FM9	RASTA	FM7
	16	41	0.38	-0,010
			2 629,975	Sat:Hor.avstand
FM9	FM5	RASTA	RASTA	FM9
	7	21	0.34	-0,010
			2 169,025	Sat:Hor.avstand

## Ytre pålitelighet, sammendrag

## Norm for kontroll:

## Klasse 1: Bysentrum

## Deformasjoner.

## % av alle

Antall overbestemmelser: 87

Ant. godkjente: 16

100

Student T-verdi: 1,990

Ant. ikke godkjente: 0

0

Middelfeil på vektsenhet: 0,0005823

## Vedlegg 4: Evenstad (Januar) Grunnriss, Endelig utjevning

## Gemini | Oppmåling

## Utjevning

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAD

Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

## Kjente punkt

PunktID	Tema	N-koord.	Ø-koord.	Høyde Geoid	Status	Delt status
RASTA		1 378 650,643	81 041,757	296,452	K	XYZ
KIRKE		1 392 599,764	75 982,342	320,366	K	XYZ
KIRKE2		1 392 599,764	75 982,342	320,366	K	XYZ

## Beregnete punkt

PunktID	Tema	N-koord.		Ø-koord.		Høyde	Status	fi	
		Std. N		Std. Ø		Std. H	a	b	
FM4		1 380 618,017		78 254,080		291,992	U	146,8	
		0,002		0,002		0,002		0,001	
FM5		1 380 466,624		78 449,121		291,832	U	144,2	
		0,002		0,002		0,002		0,001	
FM7		1 380 152,574		78 882,817		293,406	U	112,4	
		0,001		0,001		0,001		0,001	
FM6		1 380 318,394		78 620,642		290,465	U	158,7	
		0,002		0,001		0,002		0,001	
FM9		1 380 034,975		79 371,933		291,547	U	116,7	
		0,001		0,001		0,001		0,001	

## Sammendrag utjevning

Antall kjente punkt:	3	Antall stasjoner (konv. obs.)	0
Antall ukjente punkt	5	Antall hor. retninger:	0
		Antall vertikalkvinkler:	0
		Antall avstander:	0
Antall ukjente:	12	Antall satellittvektorer:	48
Antall obs:	96	Antall punktobservasjoner:	0
		Antall nivellementobs:	0
Sum PVV:	0,0000178716599649		
Beregnet standardavvik på vektsett	0,0004613		
Antatt standardavvik på vektsett	0,0005000		
Antall overskytende målinger:	84		
K-tall (ant. overbest. / ant. obs.):	0,88		



## Gemini | Oppmåling

## Utjevning

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAI  
 Koordinatsystem: EUREF89 NTM Sone 11

09.05.2013

## Omdønnede satellittvektorer etter beregning

Koordinatsystem: EUREF89 NTM Sone 11

Frø punkt	Til punkt	Retn. vinkel	Utg.korr.hor.r	Tverrløvvik	Hor.Øvst.Utg.korr.Øvst.
		Zenitdist.	Utg.korr.v.v	Høydefeil	
KIRKE	FM 4	188,07123	0,00007	-0,013	12195,222
		100,14806	0,00005	0,010	
KIRKE	FM 5	187,23089	0,00008	-0,015	12381,384
		100,14664	0,00007	0,013	
KIRKE2	FM 7	185,42532	0,00009	-0,018	12780,668
		100,13425	0,00003	0,006	
KIRKE2	FM 6	186,52873	0,00006	-0,011	12561,582
		100,15157	-0,00004	-0,008	
KIRKE2	FM 9	183,22521	0,00008	-0,016	13013,964
		100,14088	0,00009	0,019	
RASTA	KIRKE	377,84887	0,00007	-0,016	14838,335
		99,89746	-0,00005	-0,012	
RASTA	FM 4	339,12445	0,00013	-0,007	3412,000
		100,08326	-0,00004	-0,002	
RASTA	FM 5	338,89864	0,00010	-0,005	3165,367
		100,09284	0,00007	0,003	
RASTA	KIRKE2	377,84884	0,00009	-0,022	14838,325
		99,89751	-0,00011	-0,025	
RASTA	FM 7	338,69495	0,00012	-0,005	2629,988
		100,07366	0,00005	0,002	
RASTA	FM 6	338,40041	0,00011	-0,005	2939,929
		100,12970	-0,00007	-0,003	
RASTA	FM 9	344,06633	0,00001	-0,000	2169,037
		100,14377	0,00019	0,006	
KIRKE	FM 4	188,07123	0,00007	-0,013	12195,222
		100,14801	0,00010	0,019	
KIRKE	FM 5	187,23087	0,00010	-0,019	12381,383
		100,14662	0,00009	0,018	
KIRKE2	FM 7	185,42532	0,00009	-0,018	12780,673
		100,13426	0,00002	0,005	
KIRKE2	FM 6	186,52871	0,00007	-0,015	12561,563
		100,15151	0,00002	0,004	
KIRKE2	FM 9	183,22519	0,00010	-0,019	13013,960
		100,14088	0,00009	0,019	
RASTA	KIRKE	377,84887	0,00007	-0,016	14838,335
		99,89746	-0,00005	-0,012	
RASTA	FM 4	339,12445	0,00013	-0,007	3411,990
		100,08313	0,00009	0,005	
RASTA	FM 5	338,89864	0,00010	-0,005	3165,374
		100,09298	-0,00006	-0,003	
RASTA	KIRKE2	377,84884	0,00009	-0,022	14838,325
		99,89751	-0,00011	-0,025	
RASTA	FM 7	338,69503	0,00004	-0,002	2629,992
		100,07377	-0,00005	-0,002	

## Gemini | Oppmåling

## Utjevning

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\VENSTAI  
 Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

Fra punkt	Til punkt	Retn. vinkel Zenitdist.	Utj.korr.hor.r Utj.korr.v.v	Tverravvik Høydefeil	Hor.avst.	Utj.korr.avst.
RASTA	FM 6	338,40039	0,00013	-0,006	2939,936	-0,006
		100,12967	-0,00004	-0,002		
RASTA	FM 9	344,06618	0,00016	-0,005	2169,036	-0,006
		100,14411	-0,00014	-0,005		
FM 4	RASTA	139,12446	0,00012	-0,007	3412,000	-0,006
		99,91673	0,00005	0,002		
FM 4	KIR KE	388,07122	0,00007	-0,013	12195,222	-0,015
		99,85195	-0,00006	-0,012		
FM 5	RASTA	138,89865	0,00009	-0,005	3165,367	-0,000
		99,90715	-0,00006	-0,003		
FM 5	KIR KE	387,23090	0,00007	-0,013	12381,384	-0,023
		99,85337	-0,00008	-0,016		
FM 6	RASTA	138,40050	0,00002	-0,001	2939,928	0,002
		99,87053	-0,00016	-0,008		
FM 6	KIR KE2	386,52872	0,00007	-0,014	12561,579	-0,023
		99,84840	0,00007	0,014		
FM 7	RASTA	138,69492	0,00015	-0,006	2629,988	-0,003
		99,92634	-0,00006	-0,003		
FM 7	KIR KE2	385,42531	0,00010	-0,019	12780,670	-0,009
		99,86574	-0,00003	-0,005		
FM 9	RASTA	144,06634	0,00000	-0,000	2169,036	-0,007
		99,85622	-0,00018	-0,006		
FM 9	KIR KE2	383,22522	0,00007	-0,015	13013,963	-0,000
		99,85913	-0,00010	-0,021		
KIRKE	RASTA	177,84887	0,00007	-0,016	14838,336	-0,018
		100,10256	0,00004	0,008		
KIRKE2	RASTA	177,84886	0,00008	-0,019	14838,330	-0,012
		100,10255	0,00005	0,011		
FM 4	RASTA	139,12455	0,00003	-0,002	3412,001	-0,007
		99,91676	0,00002	0,001		
FM 4	KIR KE	388,07122	0,00007	-0,013	12195,224	-0,017
		99,85197	-0,00008	-0,016		
FM 5	KIR KE	387,23088	0,00009	-0,017	12381,381	-0,020
		99,85340	-0,00011	-0,021		
FM 5	RASTA	138,89865	0,00009	-0,005	3165,373	-0,007
		99,90702	0,00007	0,004		
FM 6	RASTA	138,40040	0,00012	-0,006	2939,936	-0,006
		99,87031	0,00006	0,003		
FM 6	KIR KE2	386,52870	0,00008	-0,016	12561,564	-0,008
		99,84851	-0,00004	-0,009		
FM 7	RASTA	138,69503	0,00004	-0,002	2629,991	-0,006
		99,92622	0,00006	0,003		
FM 7	KIR KE2	385,42532	0,00009	-0,018	12780,671	-0,011
		99,86573	-0,00001	-0,003		
FM 9	RASTA	144,06620	0,00014	-0,005	2169,034	-0,004
		99,85581	0,00023	0,008		

## Gemini | Oppmåling

## Utjevning

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\EVENSTAI  
 Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

Fra punkt	Til punkt	Retn.vinkel Zenitdist.	Utj.korr.hor.r Utj.korr.v.v	Tverravvik Høydefeil	Hor.avst.	Utj.korr.avst.
FM 9	KIRKE2	383,22520	0,00009	-0,018	13013,959	0,004
		99,85914	-0,00011	-0,022		
KIRKE	RASTA	177,84887	0,00007	-0,016	14838,336	-0,018
		100,10256	0,00004	0,008		
KIRKE2	RASTA	177,84886	0,00008	-0,019	14838,330	-0,012
		100,10255	0,00005	0,011		

## Tilleggsukjente

Gruppe	Type	Verdi	Standardavvik
1	Målestokk (ppm)	-0,770	0,128
1	Rotasjon (gon/grad)	0,00010	0,00002

## 16.2 Åsta

### Vedlegg 5: Åsta (Januar) Høyde, Ytre pålitelighet

#### Gemini | Oppmåling

#### Ytre pålitelighet

Prosjekt: C:\Users\Emihag\Dropbox\Bacheloroppgave\Analyse\GEMINI\ÅSTA\Soyl

Koordinatsystem: EU REF89 NTM Sone 11

09.05.2013

#### Ytre pålitelighet, maks. punktdeformasjon

Punkt	Def. Nord	Def. Øst	Def. H	Obs. fra punkt	Til
	Def.	Norm	Faktor	Grovfeil	Observasjon Merknad
FM01	0,000	0,000	-0,010	FM01	h31t0252
	0,006	-	-	-0,00100	99,61200 Sat:Zenit dist.
FM0	0,000	0,000	0,010	h31t0252	FM0
	0,009	-	-	-0,00100	100,49300 Sat:Zenit dist.
FM02	0,000	0,000	0,010	h31t0252	FM02
	0,007	-	-	-0,00100	100,04800 Sat:Zenit dist.

#### Ytre pålitelighet, maks. høydedeformasjon

Fra	Til	Def. i ppm	Norm	Faktor	Grovfeil	Observasjon Fra	Til
						Observasjon	
H31T0247	FM0	1	5	0.20	0,00000	h31t0252	FM0
						100,49000	Sat:Zenit dist.
h31t0252	FM0	6	7	0.86	0,00000	h31t0252	FM0
						100,49000	Sat:Zenit dist.
FM01	FM0	56	44	1.28	0,00000	h31t0252	FM0
						100,49000	Sat:Zenit dist.
FM0	FM01	56	44	1.28	0,00000	h31t0252	FM0
						100,49000	Sat:Zenit dist.
FM02	FM0	21	17	1.23	0,00000	h31t0252	FM0
						100,49000	Sat:Zenit dist.

#### Ytre pålitelighet, sammendrag

##### Norm for kontroll:

##### Klasse 1: Bysentrum

##### Deformasjoner:

##### % av alle

Antall overbestemmelser: 26

Ant. godkjente:

2

40

Student T-verdi:

2,069

Ant. ikke godkjente:

3

60

Middelfeil på vektsenhet:

0,0005070