

Bachelor i Geomatikk, vår 2016:



F7.1

Kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker, og hvilke metoder for innmåling og analyse vil gi det mest pålitelige resultatet?

Dato: 08.05.2016

Forfattere:



Per Oscar Kjeldsberg

13HBGEOA



Janne Cathrin Hetle Aspheim

13HBGEOA

Sammendrag

Tittel:	Kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker, og hvilke metoder for innmåling og analyse vil gi det mest pålitelige resultatet.	Dato : 08.05.16
Deltaker(e)/	Per Oscar Kjeldsberg Janne Cathrin Hetle Aspheim	
Veileder(e):	Stein Ivar Øvergaard	
Evt. oppdragsgiver:	NTNU i Gjøvik	
Stikkord/nøkkel ord (3-5 stk)	CPOS-målinger, analyse av korrelerte målinger, vekting	
Antall sider/ord: 77 / 21367	Antall vedlegg: 69	Publiseringsavtale inngått: ja
<p>Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:</p> <p>RTK-målinger er i dag den målemetoden som kanskje er det mest tidseffektiv og enkel i bruk, og av den grunn vil denne oppgaven være av interesse for mesteparten av de som til det daglige jobber med landmåling.</p> <p>Av grunner som meget tydelig åpenbarte seg underveis ligger vårt fokus for det meste på analyseprosessen. At denne utføres riktig er av den største betydning for den daglige brukeren. Det viser seg at i formelverket for analyse av ukorrelerte målinger mest sannsynlig har blitt gjort noen forenklinger som har blitt direkte videreført til korrelerte målinger. Det viser seg at dette resulterer i en betydelig overoptimisme vedrørende de nybestemte punktenes kvalitet.</p> <p>Det har tilsynelatende lyktes oss å finne en noe bedre tilnærming til dette, som gir ett mer realistisk inntrykk av målingene, en riktigere observasjonstest og ikke minst en mer troverdig beskrivelse av deres pålitelighet.</p>		

Abstract

Title:	Can CPOS-measurements provide benchmarks, and what method of measurement and analysis will give us the most reliable results?	Date :	08.05.16
Participants/	Per Oscar Kjeldsberg Janne Cathrin Hetle Aspheim		
Supervisor(s)	Stein Ivar Øvergaard		
Employer:	NTNU i Gjøvik		
Keywords	CPOS-measurements, analysis of correlated measurements, weights		
Number of pages/words:	Number of appendix:	Availability open	
77 / 21367	69		
<p>Short description of the bachelor thesis:</p> <p>RTK-measurements are today perhaps the most time-efficient and easy-to-use method of gathering spatial data. This rapport will be of interest for any land surveyor using this technique.</p> <p>By reasons appearing during the work-process, our focus lies heavily upon the analysis of the measurements. It seems likely that the analysis-formulas in the past was simplified to better suit the uncorrelated measurements, and these simplifications without further ado has been directly applied to correlated measurements resulting in overoptimistic description of the new points reliability.</p> <p>It appears we have succeeded in applying the necessary adjustments to the formulas used to compute our new points, give a more secure test of observations and most important, a realistic description of the coordinates reliability.</p>			

Forord

Denne bacheloroppgaven begynte som mange oppgaver ofte gjør. Med at man irriterer seg over noe. Dersom man irriterer seg nok, kan man gjerne finne inspirasjon til hvor mange problemstillinger som helst.

I vårt tilfelle kom det gruppe-medlemmet som har vært ute i den virkelige verden i skade for å fortelle teoretikeren at CPOS-målinger blir brukt til å anlegge fastmerker. Det gikk naturlig nok ikke upåaktet hen. Vi fant det urovekkende at CPOS-målinger blir tilsynelatende brukt til alt mellom himmel og jord, og ønsket å finne ut hva de kunne brukes til og ikke. Men skal man finne ut hva en målemetode kan brukes til eller ikke, må man gjøre seg fortrolig med metoden, og klare å analysere sine målinger på en slik måte at man får ett godt bilde av hva metoden kan yte.

Til å bli bedre kjent med CPOS-målingenes karakter, og de beregninger som beskriver deres pålitelighet har vi hatt uvurderlig hjelp. Først og fremst av vår veileder gjennom oppgaven, Stein Ivar Øvergaard, men også av andre ansatte ved NTNU i Gjøvik hvis kontorer vi har kommet brasende inn på i tide og utide med mer eller mindre relevante spørsmål.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	1
ABSTRACT	2
FORORD	3
FIGUROVERSIKT	5
TABELLOVERSIKT	6
FORKORTELSER / ORDFORKLARINGER	7
1 INNLEDNING	9
2 METODE	10
2.1 SANN ELLER TILFELDIG FEIL	10
2.2 METODE OG BEGRENSNINGER.....	11
2.2.1 Spørreundersøkelse	11
2.2.2 Innmålinger.....	11
2.2.3 Analyse.....	13
3 RESULTATER	16
3.1 HOVEDTREKK FRA BESVARELSE AV SPØRREUNDERSØKELSE.	16
3.2 FELLER VED EKSPORT FRA MÅLEBOK OG IMPORT TIL PROGRAMVARE	16
3.3 ETT BESØK, MANGE RESULTATER	17
3.4 FORSKJELIGE METODER I PROGRAMVARE	17
3.5 BEHANDLING AV OBSERVASJONER, GROVFEIL OG SKALERING	19
3.6 MANUELLE BEREGNINGER	20
3.7 BEHANDLING AV KORRELERTE MÅLINGERS VEKT	22
3.8 TIDSKORRELASJONENS EFFEKT PÅ KOORDINATER OG PÅLITELIGHET	24
3.9 BESØK OG KOMBINASJONER GJENNOM HELE MÅLEPERIODEN	25
3.10 DE NYBESTEMTE KOORDINATENE OPP MOT STANDARD FOR GRUNNLAGSNETT	27
4 KONKLUSJON	30
4.1 INNMÅLING	30
4.2 EKSPORT OG IMPORT AV MÅLEDATA	30
4.3 ANALYSE	30
VEDLEGG	32
VEDLEGG 1.1 DEMONSTRASJONSMÅLING 1	35
VEDLEGG 1.2 DEMONSTRASJONSMÅLING 2	44
VEDLEGG 1.3 DEMONSTRASJONSMÅLING 3	48
VEDLEGG 1.4 DEMONSTRASJONSMÅLING 4	56
VEDLEGG 1.5 MÅLINGER OG KOMBINASJONER, FREMSTILT GRAFISK I RAPPORTEN.	64
VEDLEGG 2 OPPSUMMERING AV SPØRREUNDERSØKELSE	67
VEDLEGG 3 LOGG	69
VEDLEGG 4 NETTSIDE.....	73
VEDLEGG 5 VEILEDERMØTER	74
REFERANSER	76

Oppgavetekstens lengde er totalt på 31 sider.

Figuroversikt

- F1.1 Demo 1 - Ordnete målinger visualisert i histogram
- F1.2 QQ-plott
- F1.3 NØ-plott med middel og veid middel av hver måling
- F1.4 Høyde langs tidsakse, sammenstilt med satellittenes synlighet
- F1.5 Utsnitt fra dokumentasjonsfil fra utjevningsprogramvare
- F1.6 Autokorrelasjonsfunksjon
- F2.1 Demo 2 – Illustrasjonsbilde tatt ved innmåling
- F2.2 Illustrasjonsbilder av situasjon tatt ved innmåling
- F2.3 Graf som illustrerer endring i 3DKK ved forskjellig antall posisjoner
- F3.1 Demo 3 – Graf med IMT-målinger høyere enn middelet som har blitt korrigert med avstanden til middel.
- F3.2 Målinger I QQ plott
- F3.3 Graf med TØL-målinger høyere enn middelet som har blitt korrigert med avstanden til middel.
- F3.4 TØL-Målinger I QQ plott
- F3.5 Histogram
- F3.6 Graf med alle målinger høyere enn middelet som har blitt korrigert med avstanden til middel.
- F3.7 Alle målinger I QQ plott
- F3.8 Figur av 2 måter å behandle malinger ved utjevning
- F4.1 Demo 4 – QQ-plott av målinger
- F4.2 Målinger i histogram
- F4.3 Høyde langs tidsakse
- F4.4 Koordinater i måleserie langs en tidsakse
- F4.5 NØ-plott av målinger
- F4.6 Tidssammenhengen mellom hver koordinat
- F7.1 Hovedrapport – Forside, produsert i Paint
- F7.2 Sammenstilling av besøk NØ, se vedlegg 1.5
- F7.3 Sammenstilling av besøk høyde, se vedlegg 1.5
- F7.4 Sammenstilling kombinasjon av besøk NØ, se vedlegg 1.5
- F7.5 Sammenstilling kombinasjon av besøk høyde, se vedlegg 1.5
- F7.6 Test av målinger etter standard for grunnlagsnett i Gisline Landmåling
- F7.7 Utsnitt fra en beregningsfil som viser hva som skiller vår og programvarens beregning.

Tabelloversikt

- T1.1 Demo 1 – Middel, standardavvik for enkeltmålingen og middelets standardavvik
- T1.2 Differanser mellom midlene, standardavvikene for enkeltmålingen og midlenes standardavvik
- T2.1 Demo 2 – Oversikt over siste del av koordinat (N,Ø,h) i mm og tilhørende standardavvik
- T2.2 Koordinat og standardavvik i forhold til antall posisjoner.
- T3.1 Demo 3 – Nøkkeldata IMT studenter
- T3.2 Nøkkeldata TØL studenter
- T3.3 Nøkkeldata Ansatte
- T3.4 Nøkkeldata for alle deltakere
- T3.5 Nøkkeldata for alle deltakere etter grove feil er fjernet
- T4.1 Demo 4 – Beskrivelse av dataserien
- T5.1 Besøk i Februar
- T5.2 Kombinasjon av besøk i Februar
- T5.3 Besøk i Mars
- T5.4 Kombinasjon av besøk i Mars
- T5.5 Besøk i April
- T5.6 Kombinasjon av besøk i April
- T7.1 Hovedrapport – Forskjell i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet i metode 1 & 2
- T7.2 Siste mm i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet ved forskjellige skaleringer
- T7.3 Forskjell mellom egen utregning og programvare, siste mm i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet
- T7.4 Beregning av standardavvik og maksfeil
- T7.5 Forskjell mellom egen utregning, programvare og vektmatrise med absoluttverdier, siste mm i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet
- T7.6 Forskjell mellom ingen skalering og 2 i faktor
- T7.7 Oversikt over resultat av programvare, tidskorrelasjon og tidskorrelasjon med absoluttverdier i vektmatrisen
- T7.8 Sammendrag av test mot grunnlagsnett metode 1 & 2

Forkortelser / Ordforklaringer

CPOS	Kartverket sin posisjonstjeneste som gir korreksjonsdata fra ett nettverk av basestasjoner.
DOP	Dilution Of Precision, beskriver satellittenes geometri
Fastmerke	Referansepunkt
Flerveisinterferens (multipath)	Antennen mottar signal som har reflektert i ett objekt
GNSS	Global Navigation Satellite System, satellittbasert posisjoneringssystem
GPS	Satellittbasert posisjoneringssystem
Grovfeilsøk	Påvise at en måling er en grov feil.
Grunnriss	Nord- og Østkoordinat
Heltallsukjente	Ukjent antall bølgelengder i faseobservasjoner
Indre pålitelighet	En beskrivelse av hvor stort avvik en måling kan ha før den kan kalles en grovfeil
Inverse vektmatrise	Den inverse av matrisen der all informasjon om målingenes forventede kvalitet og avhengighet blir samlet. Det er denne vi bruker til å veie målingene
Ionosfæren	Signalene kan bli forvrengt av flere atmosfæriske forhold derav ionosfæren, som gjør de største forstyrrelsene.
KOF	Format som brukes til import og eksport av målinger
Koordinatsystemer	Jordsentriske, geografiske og kartkoordinater, beskriver ett punkts stedfestning.
Korrelerte målinger	Målinger som er avhengige av hverandre
Kovarians	Beskriver samvariasjon mellom 2 dataserier
Loddavvik	Rotasjon i Nord/Øst retning
M0	Beregnet standardavvik på vektsenheten
Middel	Den mest sannsynlige verdien, oftest den verdien som gir minst feilkvadratsum
Pålitelighetsanalyse	En beskrivelse av den mest sannsynlige verdiens kvalitet. Den beste metoden i dag kjenner vi som maksimal punktdeformasjon, der vi ser hvor stort avvik en måling kan ha før den kan kalles en grovfeil, og hvor mye disse avvikene vil påvirke koordinaten.
Rotasjon	Roterer punkter fra ett koordinatsystem til ett annet.
RTK	Real Time Kinematic, GNSS målemetode der man får korreksjoner i sanntid.
Skaleringer	Skalerer målinger med en målestokkfaktor.
Smartstation	Totalstasjon med gnss-antenne montert over ett prisme.
Solen sin elleve årige syklus	Solflekkenes aktivitet toppe seg hvert 11. År
Standardavvik	Statistisk størrelse som angir spredningen for en gruppe målinger i forhold til deres middel.
Tidssammenheng-funksjon	En funksjon som beskriver sammenhengen mellom målinger over tid.
Tidskorrelasjon	GNSS posisjoner varierer over tid siden satellittene flytter seg mellom måletidspunktene. Om 2 målinger er tatt rett etter hverandre, vil disse tilføre lite ny informasjon og gi ett optimistisk resultat.
Tilleggsukjente	Om målinger ikke passer med fastmerker, brukes tilleggsukjente som målestokk, rotasjon og loddavvik

T-maks	Tabellverdi som angir hvor stor t-verdi målingene kan ha før de kan sies å være en grov feil
T-verdi	En verdi som forteller oss hvor mye statistisk sett to dataserier er forskjellige fra hverandre.
Ukorrelert måling	Uavhengige målinger, ingen sammenheng mellom Målingene.
Utjevningen	Å finne punktenes mest sannsynlige koordinater.
Vektorer	Koordinatforskjeller mellom base og mottaker
Ytre pålitelighet	Gir virkningen av målingenes største mulige avvik innenfor grovfeilsgrensen på de ukjente koordinatene

1 Innledning

Problemstilling:

Kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker, og hvilke metoder for innmåling og analyse vil gi det mest pålitelige resultatet?

CPOS-målinger er i landmålingsøye den enkleste og mest tidseffektive målemetoden vi har, og som vi alle vet; tid er penger. Dette gjør den til ett yndet instrument for alskens datainnsamling, og som vi senere skal se, blir denne datainnsamlingen ofte gjort helt ukritisk og det blir sjelden tatt høyde for metodens styrker og svakheter. Ønsket om å se nærmere på både metodens gjengse bruk og dens karakter har sitt utspring i den sjokkerende oppdagelsen av at oppmålingsoppgaver i den virkelige verden gjerne blir gjort ganske annenledes enn på skolebenken. Vi var aldeles i harnisk over at noen kunne benytte ett grovkornet instrument som CPOS-målinger til å utføre landmålerutdannelsens hellige gral; fastmerket. Dette følte vi der og da meget sterkt for å ta for oss, og ved hjelp av mengdevis med oppmålinger og fiffige beregninger ønsket vi å vise den virkelige verden en gang for alle at CPOS-målinger var for upålitelige til å brukes for å anlegge fastmerker, enn hvor lettvinnt metoden var i bruk. Vi lærte fort at man skal vokte seg vel for å være forutinntatt.

Det viser seg gjennom oppgaven at usikkerhet rundt målemetodens oppnåelige kvalitet kan ofte tilskrives både innmålingen og de analyseprosesser man benytter. Meget ofte resulterer disse i ett overoptimistisk resultat som ikke holder sine løfter i det fastmerkene skal tas i bruk. Alle som har tatt i ett landmålingsinstrument vet at koordinater, det får man alltid ut. Men å beskrive de nybestemte koordinatens usikkerhet på en god måte, det er den vanskelige delen av jobben.

Det viste seg at dette problemet har en kompleks natur. Listen over mer eller mindre sannsynlige feilkilder kan gjøres så lang som helst, og det er umulig å skille alle disse fra hverandre for å finne akkurat deres bidrag. Mye av dette kan avhjelpest med ett måleopplegg som gir oss de mest mulig forskjellige målesituasjonene, men vi må akseptere at svingninger vil inntreffe.

Men det er i analyseprosessen vi har møtt de største utfordringene. Desto flere stener vi har snudd, desto flere har vi avdekket. Det viser seg at man kan analysere de samme målingene på ett utall forskjellige måter, og få store forskjeller i resultatene. Det er også vanskelig å finne hvilken metode som er den mest riktige. Dette er i seg selv bekymringsverdig, men det som er desto mer urovekkende er at å analysere målingene i programvare på den enklest mulige måten er nettopp den metoden som gir de mest optimistiske beskrivelsene av punktets kvalitet.

Vi håper at denne oppgaven vil gjøre de som til daglig jobber med denne type målinger oppmerksomme på problemene som oppstår når man behandler korrelerte målinger som delvis ukorrelerte, og at man derfor tar alle resultater, uavhengig av metode, med en god klype salt.

2 Metode

2.1 Sann eller tilfeldig feil

Dersom man ønsker å finne ut om noe er bra nok eller ikke, har man to veier å gå. Sann eller tilfeldig feil. For vårt vedkommende falt valget på den tilfeldige feilen. Det er to grunner til dette. Dersom man skal sammenligne resultater mot en fasit, må man som tommelfingerregel ha en fasit som er målt inn med minst ti ganger bedre pålitelighet enn den metoden man ønsker å teste. Vi skulle ikke gjøre mange målinger eller lese mye i instrumentenes datablad før vi skjønnte at vi måtte bestemme punktet med et standardavvik på noe under en millimeter i grunnriss, og omtrent det doble høyde. Her er det fort gjort å tenke at dette løser man fort med en totalstasjon, men riktig så enkelt er det ikke. Ett punkt målt inn med totalstasjon er aldri bedre enn det kjentpunktet man står oppstilt i, og vi kjenner alle til fastmerkene rundt fotballbanen sin lunefulle natur.

Det er en grunn til at man ikke skal sette fastmerker i løsmasser. Man kan selvfølgelig spørre seg hvorfor man ikke kunne opprettet ett punkt ved hjelp av ett statisk nett, men de er heller aldri bedre enn sine ankerpunkter på landjorden. Siden vi ikke kjenner så godt til opprinnelsen til CPOS-basenes koordinater, skal man ikke hevde teorier i hytt og pine, men det er meget stor sannsynlighet for at de ikke ble opprettet i samme beregning som lands- stamnettpunkter. Vi kan derfor gjerne forestille oss at vi da ville fått en forskyvning mellom fasitpunkt og egne målinger som vi ikke med sikkerhet kan vite fra hvilke kilder denne har sitt utspring. Vi hadde dermed mistet en av fasitens store fordeler, nemlig muligheten til å se på systematiske posisjonsforskyvelser.

Ett annet alternativ vil være å benytte seg av CPOS-basene. Dersom vi setter opp vår egen mottaker til å logge rådata, kan man senere kjøpe rådata fra de nærmeste CPOS-basene for samme tidsrom. Man kan da anlegge ett statisk nett, hvis resultat vil bli ett punkt med samme opprinnelse som CPOS-målingenes korreksjoner. Men nok en gang, er det ikke riktig så enkelt. For å komme ned i den påliteligheten vi trenger for å kunne kalle punktet en fasit, vil vi trenge vektorer av en slik varighet og ett slikt antall at vi meget gjerne kunne fått problemer med å beregne nettet. Dersom vi hadde klart å produsere en fasit med tilstrekkelig kvalitet, hadde vi stått ovenfor den aller største utfordringen med ett slikt punkt. Å ivareta dette punktet ville bli nesten umulig. Med stativer hadde det ikke vært mulig i det hele tatt, og det er ikke store forandringen i omgivelsene som skal til før fasiten har mistet sin integritet. Det skal nesten ikke mer til enn å gå forbi en søyle med ett slikt punkt, før vi ikke lenger har en fasit.

Men hovedårsaken til at vi vil forfølge den tilfeldige feilen er fordi det er denne de mange CPOS-brukerne i den virkelige verden forholder seg til hver dag. De er på jevnlig basis nødt til å bestemme seg for om punktene kan brukes eller ikke, og den bestemmelsen tas utelukkende på bakgrunn av analysen og en liten slump erfaringsbasert magefølelse. I motsetning til en utdanningssituasjon, der man kan reflektere i ukesvis og argumentere for og i mot en måleserie, er de fleste CPOS-brukere nødt til å ta en avgjørelse. Kan vi bruke punktene, ja eller nei. Siden vi har valgt en vikling rettet mot praktisk bruk, vil det være av interesse å finne ut hva de som bruker disse instrumentene til vanlig har erfart om CPOS-målingenes nøyaktighet og pålitelighet.

2.2 Metode og begrensninger

2.2.1 Spørreundersøkelse

Vi vil derfor sende ut en spørreundersøkelse med mål om å kartlegge holdninger til bruk av CPOS for å anlegge fastmerker, og hvor stor nøyaktighet brukerne mener instrumentet kan oppnå.

Vi vil også spørre om brukerne har oppdaget måleopplegg eller andre ting som kan gi bedre resultater. For å få ett bedre innblikk i CPOS-målingenes natur har vi som en del av forarbeidene til oppgaven ved siden av å se på tidligere arbeider også utført noen kortere måleserier som vi kaller demonstrasjonsmålinger. Vi har hentet mye kunnskap fra noen enkle måleserier, og det er noe ganske annet å erfare det man har lest om.

2.2.2 Innmålinger

Med bakgrunn i kunnskap ervervet fra demonstrasjonsmålingene, tidligere emner, spørreundersøkelsen og ett snev av logisk tenkning vil vi prøve å finne en metode som utnytter CPOS-målingens styrker, og samtidig gir ett realistisk resultat.

Det er naturlig å etterstrebe en metode som gir oss de mest mulig uavhengige målingene. Helt uavhengige blir de nok aldri, men kan man begynne med å se hvordan man kan få de mest forskjellige målesituasjonene. Vi kan ta utgangspunkt i det vi har lært om satellittenes vandring.(1, s150) Vi vet at satellittene bruker tolv timer på sin ferd rundt jorden, og ved å måle med seks timers mellomrom så skal man klare å oppnå så forskjellig målesituasjon som mulig.(2) Men da er man tilbake i en situasjon som landmåleren ønsker å unngå. Dersom det er stort sprik i disse målingene, hvem er så den mest riktige? Dersom man skal ha flere målinger, kunne det tenkes at man kan prøve å ta utgangspunkt i jordens døgnsyklus. Dersom man ønsker å la jorden rotere en gang, og derfor venter til neste dag med å måle en gang til, må man passe på at man ikke treffer på de samme satellittene man målte på dagen i forveien.

Vi vet jo også at de største forstyrrelsene av satellittenes signaler skjer på ferden gjennom ionosfæren, og dennes aktivitet har en sterk sammenheng med solens aktivitet.(3, s17) Derfor kan man lure på om man bør henlegge sin virksomhet til de mer natlige tidsrom, men vi kan vanskelig tenke oss at det er så mye å hente her at det lønner seg å betale en landmåler det ekstra det måtte koste å få denne til må måle på natten. Vi har derfor tenkt å holde målingene innenfor en lang arbeidsdag, omtrent mellom klokken 07.00 til 18.00. Det er også begrenset hvor mange dager man kan bruke på å lage «nød-fastmerker», som gjerne ofte er CPOS-målingens bruksområde i dette øyemed. Vi må også vokte oss for å lure oss selv ved å bruke for mange målinger, som vil gi meget urealistiske forhåpninger. Det er nemlig ikke alltid slik at desto flere målinger desto bedre, noe vi fikk ett godt eksempel på i demonstrasjonsmåling 3 – oppskrittingsforsøket. Som vi senere skal se, kan utfallet av å ukritisk behandle målinger som uavhengige medføre ett urealistisk resultat.

Vi har etter å ha tatt satellittenes og jordens tidssykluser i betraktning falt på ett måløpplegg tidligere utprøvd av kartverket med tre registreringer bak hver måling og andre måling seks timer etter den første målingen, deretter venter vi en dag og minst en times tidsforskyvning før vi måler for tredje og siste gang. Dette er ett meget effektivt måleopplegg som tar kort tid og frigjør instrumentene til annet bruk mellom målingene.(4, s15)

Det står riktig nok ikke det vi kunne se hvor mange posisjoner som skal logges i hver registrering, men i tidligere oppgaver som har involvert denne type måleopplegg har vi blitt bedt om å logge ti posisjoner i hver registrering. Vi velger å videreføre dette til vårt forsøk, siden dette kan være gjengs praksis. Om dette antallet er gunstig eller ikke, diskuteres i demonstrasjonsmåling 2.

Vi måler også samtlige målinger med samme antenne. Vi benyttet en antenne av typen Leica Viva GS14 med produktnr. 807529, serienr. 2870620, sammen med en målebok av typen CS15 med produktnr. 810856, serienr. 2907137. Vi får ikke kalibrert antennene selv, men vi kan nok anta at dersom noe er litt feil med mottakeren, vil det være like mye feil på alle målingene, og vi skal likevel kunne danne oss ett inntrykk av målingenes pålitelighet. Dersom man bruker forskjellige instrumenter, kan man vanskelig tilskrive svingninger i målingene til målingene i seg selv, eller om det er uoverenstemmelse mellom instrumentene. Vi har heller ikke som formål med oppgaven å finne ut om det er forskjell på de fem antennene vi har til rådighet.

Ett annet alternativ ville være å sette en mottaker til å logge posisjoner i mange timer sammenhengende. Det kan for mange fortone seg som akkurat det samme som en vektor, og man kan forstå hvorfor en del av de som svarte på spørreundersøkelsen ser på dette som en metode jevn god med statisk målinger.

Vi har for liten kontroll på hva som foregår inne i antennen, hvordan eventuell feiltelling av de heltallsukjente og flerveisinterferens vil bli håndtert her. Dersom man gjør tre registreringer der man skrur antennen fullstendig av og på skulle man i det minste ha en viss sikkerhet for å oppdage grove feil. Det er for eksempel meget liten sjanse for å måle inn den samme falske fixen på akkurat samme måte tre ganger på rad.

Skulle vi funnet ut av måleopplegg som gikk ut på å logge posisjoner i mange timer sammenhengende, hadde vi også vært nødt til å okkupere en antenne og ett fastmerke i en tidsutrekning som ikke hadde gått overens med andre elevs oppgaver. Men etter å ha sett resultatene av demonstrasjonsmåling 2, kan vi godt forstå at en del landmålere har meget stor tiltro til denne metoden.

Vi skulle også gjerne hatt muligheten til å utføre målingene i forskjellige områder, men vi ikke kan reise land og strand med skolens utstyr og okkupere dette i ukesvis. Derfor burde denne oppgavens beskrivelse kanskje vært «kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker på det nordvestre hjørnet av B-bygget?»

Når vi først hadde funnet oss ett måleopplegg vi ville teste, måtte vi finne en effektiv måte å gjøre dette på. Vi valgte og i følgende mønster. 1. dag klokken 07.00 og 13.00, 2. dag klokken 08.00 og 14.00 og videre slik at vi hadde målinger mandag til fredag. Vi skulle da ha tilstrekkelig data for å ta metoden nærmere i øyensyn. Dette valgte vi å gjenta dette flere ganger, slik vi har en måleperiode i begynnelsen av februar, mars og april. Siden vi kjenner til satellittsignalenes vanskeligheter med ionosfæren, ville vi meget mulig fått godskrevet metoden bedre resultater ved å måle i en årstid der solen er mindre aktiv. Derfor skulle nok kanskje oppgavens beskrivelse vært «kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker på det nordvestre hjørnet av B-bygget i tidsrommet februar-april?»

Måleperiodene ble forut for forsøkets start bestemt til å være den 2. uken i hver måned, slik vi måtte ut uansett vær og føre, i likhet med en virkelig arbeidssituasjon. Hadde dette ikke vært forutbestemt, er det meget mulig at vi ville sett an været, og endt opp med «kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker på det nordvestre hjørnet av B-bygget i tidsrommet februar-april, dersom det er pent vær?»

Vi vet også at solen har sin egen elleve årige syklus, så det er meget mulig at oppgavebeskrivelsen burde vært «kan CPOS-målinger brukes til å anlegge fastmerker på det nordvestre hjørnet av B-bygget i tidsrommet februar-april 2016?»

Så skulle vi ha nærmet oss å komme til bunns i dette, burde vi egentlig målt hver dag, hele året, i elleve år. Minst.

Så vi visste allerede under planleggingen av oppgaven at vi ikke kan gjøre noe annet enn å antyde tendenser. Man skal vokte seg vel for å generalisere noe med bakgrunn i litt data på ett lite område med relativt stor basetetthet i en meget kort tidsperiode.

Men dersom vi finner ut hvordan målingene oppfører seg innenfor våre rammer, kan kanskje den utførende landmåler, som kjenner sitt instrument, basetetthet og satellitt- og internettdekning i sitt område få noen pekepinner på hvordan målinger kan utføres og analyseres for ett mest mulig realistisk resultat. Merk at vi her ikke snakker om å få best mulig resultat, men det mest realistisk. Hadde man ønsket det resultatet som ser best ut på papiret, stiller man opp antennen og tar mange målingen så fort man klarer. På denne måten kan man ganske fort gratulere seg med kjemperesultater, bare se hvordan det gikk med demonstrasjonsmåling 3 - oppskrittingsforsøket.

2.2.3 Analyse

Videre skal alle målingene analyseres. Vi vil for det meste analysere målingene i utjevningsprogramvare, men også med manuelle beregninger. Nå er der dessverre slik at den metoden vi bruker for å finne den mest sannsynlige verdien, og en beskrivelse av dens sannsynlighet er bare ett lite hjørne av en mørk og skremmende verden kjent som datanalyse og statistikk. Vi forholder oss for det meste til ett lite spesialtilfelle kjent som vektet middeltall. Denne metoden forutsetter at man har uavhengige målinger, og at man har verdier kun langs vektmatrixens diagonal, som er tilfelle når man analyserer målinger fra totalstasjon og nivellement. Denne metoden for utjevning og pålitelighetsanalyse har uten videre blitt direkte overført til å gjelde RTK-målinger, og derav også CPOS-målinger. Vi er litt i tvil om dette er den mest riktige måten å behandle korrelerte målinger på, men for å komme til bunns i dette spørsmålet kreves betydelig mer tid, kunnskaper og ferdigheter enn man er i stand til å erverve seg i løpet av en bachelor i geomatikk. Men dette hindrer oss naturligvis ikke i å gjøre ett forsøk på å se om det kan la seg gjøre å finne tilnærminger som bøter på den overoptimismen man uunngåelig pådrar seg når man behandler avhengige målinger som avhengige. Derfor tar vi utgangspunkt i det velkjente formelverket for utjevning og pålitelighetsanalyse. Hentet fra Pålitelighetsanalyse_formelsamling.pdf.(5)

Utjevning. Gir oss det veide middeltallet. $\hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{B}$

Så finner vi restfeilene $\mathbf{v} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{B}$

$$m_0 = \sqrt{\frac{\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}}{n - e}}$$

Og beregnet M0

I grovfeilsøket setter man en og en måling fri, og spør de andre målingene hvor enige de er med den som er fristilt. Med matriser gjør man dette på følgende måte.

$$\mathbf{Q}_{vv} = \mathbf{P}^{-1} - \mathbf{A}(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T$$

$$\mathbf{Q}_{\nabla\nabla} = \mathbf{P} \mathbf{Q}_{vv} \mathbf{P}$$

Her blir verdiene langs diagonalen som vi samler opp i en nx1-matrise, kjent som \mathbf{Q}_{nabla} .

$\nabla = -\mathbf{P}\mathbf{v}/\mathbf{Q}_{nabla}$ Nabla er den nx1-matrisen man kan finne ved å legge til en ekstra ukjent på slutten av A-matrisen og gjøre utjevningen på nytt for hver gang vi flytter den nye ukjente ett hakk nedover.

$$\widetilde{\mathbf{m}}_0 = \sqrt{\frac{1}{n-e-1} \cdot (\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} - \nabla^2 / \mathbf{Q}_{nabla})}$$

\mathbf{M}_0 -tilde er også en nx1-matrise. Denne gir oss \mathbf{M}_0 uten den respektive målingen. Merk at det er en liten skrivefeil i formelen. Man skal gange med \mathbf{Q}_{nabla} , ikke dele.

$\mathbf{t} = \nabla / (\widetilde{\mathbf{m}}_0 \cdot \sqrt{\mathbf{Q}_{nabla}})$ Det er også en liten skrivefeil i denne formelen, \mathbf{M}_0 -tilde skal ganges med roten av $1/\mathbf{Q}_{nabla}$. Resultatet er nok en nx1-matrise, der vi får en t-verdi for hver måling. Denne sammenligner vi med t-maks. T-maks henter vi fra en tabell, men husk å ta hensyn til skjerping ved flere observasjoner. Dette kan vi gjøre slik i beregningsfil:

```
tmax:float(quantile_student_t(((1-alfa/2)^(1/n)),n-e-1));
```

Her henter vi verdien fra tabellen, og vi skjerper ved hjelp av n = antall målinger, e = antall ukjente.

Når vi først har tatt jobben med å utføre ett grovfeilsøk, har vi den informasjonen vi trenger til å beregne indre pålitelighet. Når vi har beregnet t-verdier og t-maks, kan vi snu på flisa og finne ut hvor mange millimeter målingen kan avvike *før* den bikker over grovfeilsgrensen.

Dette gjør vi slik:

$$\nabla_{min} = \nabla - \widetilde{\mathbf{m}}_0 \cdot t_{max} \cdot \sqrt{\mathbf{Q}_{nabla}}$$

$$\nabla_{max} = \nabla + \widetilde{\mathbf{m}}_0 \cdot t_{max} \cdot \sqrt{\mathbf{Q}_{nabla}}$$

Her ser vi at vi bruker de matrisene vi fant i grovfeilsøket, og t-maks. Mer en liten feil i formelen, det skal ganges med roten av $1/\mathbf{Q}_{nabla}$ her også, på samme måte som i beregning av t-verdi.

Så finner vi den største absoluttverdien.

$$\nabla_{lim} = \max(|\nabla_{min}|, |\nabla_{max}|)$$

Og til sist bruker vi denne verdien til å finne ytre pålitelighet, også kjent som maksimal punktdeformasjon.

$$\nabla_x = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \begin{bmatrix} \nabla_{lim} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Dette er også det alle meste måten programvare utfører disse beregningene på, med noen unntak som vi skal omtale sammen med resultatene.

I tillegg har vi sett på forskjell på beregninger med og uten skjerpning ved flere observasjoner, med absoluttverdier i vektmatrisen, og med hensyn for tidssammenheng.

Når man arbeider med CPOS-målinger, eller andre former for satellittbasert posisjonsbestemmelse, kan man selvfølgelig ikke komme utenom den mystiske tidsavhengigheten. Slik som dagens beregningsprogramvare behandler CPOS-målinger, blir målingene behandlet som uavhengige. Dette er dessverre ikke tilfellet med satellittmålinger, og konsekvensene av å behandle avhengige målinger som uavhengige er en uvisst stor grad av overoptimisme rundt målingenes pålitelighet. Hvor stor grad av overoptimisme vi må belage oss på, er uvisst. Siden man beregner tidsavhengigheten, i dette tilfellet CPOS-målinger med ett jevnt intervall, vil disse bli eksponert for akkurat de samme feilkildene som alle andre CPOS-målinger.(1, s159) Flere av disse feilkildene vil variere fra dag til dag, og fra område til område. Noe som er grunnen til ingen programvareleverandør til nå har våget seg på å beregne en gjennomsnittlig tidssammenheng-funksjon til bruk under utjevningen. De betydelig mer realistiske vurderingene av målingenes og dermed punktenes kvalitet kan kanskje også ha en finger med i spillet. Men det kan nok tenkes at ett forsiktig anslag vil være bedre enn ingenting. Det er kanskje riktigere å få formidlet til utjevningen at målingene er litt avhengige, usikkert hvor mye, enn at målingene er totalt uavhengige slik det blir gjort i dag.

Men problematikken med tidssammenheng er ikke ett ukjent fenomen. Det har vært utarbeidet en rekke artikler som viser fine grafer over tidssammenhengen i en dataserie, uten at dette har gjort mer inntrykk på leverandør av programvare enn at de gjør noe mer enn å simpelthen opplyse oss om at punktobservasjonene er ukorrelerte med hverandre.(6, s151-153, 7, s4-5) Programvaren har da gjort oss kjent med problemet, men overlater til oss hvordan vi skal forholde oss til dette.

Vi håper måleseriene våre og demonstrasjonsmålingene våre vil hjelpe oss til å forstå hvordan vi kan gjøre innmålinger og analyse for å få ett mest mulig realistisk resultat. For å vurdere resultatene vil vi sette målingene våre opp mot kravene i Standard for grunnlags nett, områdetype 1.(8, s14-15) Det hadde selvfølgelig vært interessant å se litt på hvilke resultater man kan oppnå ved å kombinere CPOS-målingene våre med totalstasjon, siden vi vet fra spørreundersøkelsen at dette er noe som blir praktisert blant noen av de utførende landmålerne som har besvart undersøkelsen vår.

Dette kunne gitt en liten indikasjon om påliteligheten til arbeidsmetoder som for eksempel smartstation. Dog er dette er ikke på langt nær oppgavens hovedfokus. Men vi erkjenner at denne type arbeidsmetoder blir stadig mer vanlig ettersom landmålingsutstyr blir stadig smartere og mer avansert. Hvor smarte man ønsker at instrumentene skal være, er i aller høyeste grad ett spørsmål som blir stadig mer relevant ettersom tidspresset i fleste av de bransjene som benytter slikt utstyr blir tøffere. Det er nettopp dette tidspresset som tvinger frem nødvendigheten av en bedre beskrivelse av hva RTK-målinger kan brukes til, hvordan de skal analyseres og hvilke varselamper som bør begynne å blinke under innmåling og analyse av slike data.

Selv om denne rapporten tar i stor grad for seg målingenes svake sider, må vi ikke glemme at det er snakk om den ene metoden som har den egenskap at den kan gi deg koordinater av rimelig grei kvalitet, nær sagt hvor som helst i verden, kun ved ett enkelt trykk på en knapp. Dette er metodens store styrke, men også grunnen til at den lett kan misbrukes.

3 Resultater

3.1 Hovedtrekk fra besvarelse av spørreundersøkelse.

Før vi ser på resultatene av målingene våre, skal vi først se på resultatene av spørreundersøkelsen vår. Vi sendte spørreundersøkelsen til forskjellige firma og kommuner, og det mest interessante var det store spriket i deres oppfattelse av oppnåelig kvalitet. Det varierte mellom totalt ubrukelig til fantastisk bra. De som brukte CPOS-målinger til å anlegge fastmerker hadde litt forskjellige fremgangsmåter, men de vanligste variantene var å måle i så mange posisjoner at man fikk målinger som varte i flere timer sammenhengende. De lengste opp i 12-14 timer. Den andre varianten var forskjellige kombinasjoner av CPOS og totalstasjon. Jevnt over fikk vi en følelse av at dersom man måtte bruke CPOS-målinger til å anlegge fastmerker, ble dette gjerne tatt litt på sparket. Vi har dessverre ikke lyktes å få noe særlig tilbakemelding på hvordan disse målingene blir analysert, noe som kan antyde at de kanskje ikke blir det i den grad vi ofte ser for oss at ett grunnlagsnett bør analyseres.

3.2 Feller ved eksport fra målebok og import til programvare

Før vi kan begynne å se på analysen av målingene, må vi belyse ett par spørsmål som i skrivende stund er fortsatt ubesvarte. Når vi eksporterer ut målingene på KOF-formatet, er blokk-kombinasjonen 45,47,46 den ene kombinasjonen på våre instrumenter som lar oss få ut den informasjonen vi trenger for å analysere målingene. Dette kan angripes på flere måter.

- *45_47_46 er ikke å anbefale. Alle verdier var relativt ugjenkjennelige, og dette er sjelden ett godt tegn. Standardavvikene hadde byttet plasser, koordinatene så overhodet ikke fornuftige ut og alle DOP-verdier (Dilution Of Precision) lå godt under null. Vi forfulgte ikke tema.*
- *05_47_46 er den måten som er kanskje mest tidsbesparende. Her kan man simpelthen omdanne alle 45-blokkene til 05-blokker i en enkelt operasjon. Bakdelen med dette er at programvaren samtidig som å rotere korrelasjonene fra XYZ til NØh, roterer standardavvikene, som vi sterkt mistenker for å være NØh allerede. De vil derfor endre seg litt på veien inn i programvaren, siden de mest sannsynlig blir rotert en ekstra gang. Vi finner det litt merkelig at standardavvikene som i følge KOF-spesifikasjonen skal være XYZ, egentlig er NØh allerede i KOF-filen. Vi har kontaktet instrumentleverandøren, og de kunne ikke gi oss en avklaring på dette. Riktignok ser vi relativt liten effekt av dette i programvarens beregninger på de få data vi har behandlet, men dette er ikke noe vi vil anbefale.*
- *45_44_46 eller 05_44_46 er anbefalt av programvareleverandøren, og er den kombinasjonen som ser ut til å få verdier på riktig plass. Standardavvikene vil heller ikke forandre seg, mens korrelasjonen bli rotert. Da skal vi mest sannsynlig ha alle verdier vi trenger i samme koordinatsystem. Bakdelen er at vi fortsatt ikke har funnet en snedig måte å omdanne 47 til 44. Man må derfor omdanne hver enkelt linje. Men så sant mottakeren har fått riktig verdi på riktig sted i KOF-filen, vil programvaren klare å få disse på riktig sted under importen*

Vi synes det er litt merkelig at beskrivelse og innhold i KOF-filene ikke ser ut til å stemme helt overens. For å se litt nærmere på dette, konverterte vi XYZ-koordinatene til lengde- og breddegrad, som gav oss utgangspunktet til en rotasjonsmatrise.

Etter å ha påført denne på kovariansmatrisen kunne vi se at denne stemte sånn noenlunde med korrelasjonene fra programvaren. Vi hadde riktignok avvik på 1-9% men om dette skyldes avrunding eller noe annet kan vi vanskelig avdekke. Vi finner dette dog mildt sagt irriterende, siden man i teorien skal kunne konvertere fritt mellom koordinatsystemer uten å miste informasjon.

Det er også viktig å velge riktig lagringsstrategi ved importen. Dersom man har lik punktidentifikasjon på registreringene og bruker overlaging som lagringsstrategi sitter man bare med den siste målingen av registreringene med samme navn. Dette er jo mildest talt ugunstig. Velg en lagringsstrategi der det blir tildelt nytt målnummer.

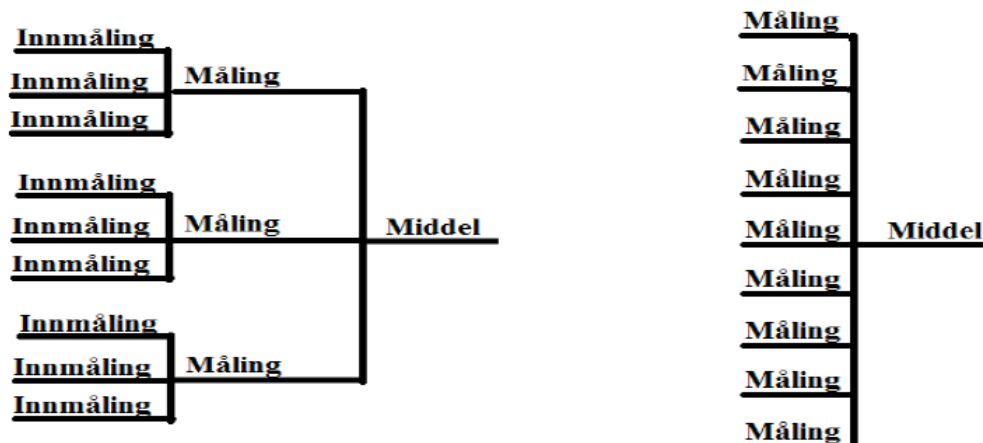
3.3 Ett besøk, mange resultater

Så kan man undre seg, hvor mange måter kan man egentlig analysere målinger på? Tydeligvis ganske mange. Det er uante muligheter for hva man kan foreta seg i programvare, og problemet med programvare er at den gjør bare som den får beskjed om. Stort sett. Så sant man ikke har flere ukjente enn likninger, foreløpige koordinater ikke er for langt unna den mest sannsynlige verdien, eller det ikke finnes store logiske brister i datasettet vil man få ut den mest sannsynlige verdien, samt en beskrivelse av hvor sannsynlig denne er. Det er det eneste som er sikkert.

Utover det kan man fikle med skaleringer, tilleggsukjente og enkeltmålingenes standardavvik i nord, øst og høyde i en slik utstrekning at man kan få gode målinger og nett til å se nesten ubrukelige ut, og ennå verre, man kan få dårlige målinger og nett til å se fantastisk bra ut. Og det kommer ingen varselmeldinger som forteller deg at du har krysset grensen mellom utjevning og direkte juks. Derfor har den som analyserer målingen ett stort ansvar, og desto mer erfaring man får med analyse av målinger, desto mer forsiktig vil man bli under utjevning av målingene. Man kommer før eller senere til ett punkt der oppnåelsen av det realistiske resultatet blir viktigere enn å tøyne og strekke i målingene for å få dem innenfor normkravene uten anmerkninger på enkeltmålinger og M0.

3.4 Forskjellige metoder i programvare

La oss se hvordan vi best mulig kan behandle målingene i programvare, og med oppskrittingsforsøket friskt i minne skal vi først se på forskjellen mellom disse to fremgangsmåtene. La oss for enkelhets skyld kalle dem 1 og 2, fra venstre mot høyre.



F3.8 Figur av 2 måter å behandle målinger ved utjevning

Nå har vi ikke lyktes i å finne en enkel måte å få programvaren til å skille mellom de to fremgangsmåtene. Dersom man importerer alle målingene med samme punktidentifikasjon, vil man få versjon 2. Da tar beregningen utgangspunkt i ni uavhengige målinger. Dersom man setter samme punktidentifikasjon på de tre innmålingene, eller registreringene om man vil, vil man først få ut midlene av disse. Det finnes ingen enkel måte å få ut de nye punktene som observasjoner.

Dersom man klarer å eksportere dem ut med all nødvendig informasjon om standardavvik og korrelasjon på riktig plass, vil man nok få ut korrelasjonen i NØh, og når man importerer dem tilbake igjen, vil disse bli feilaktig mistolket som korrelasjon i XYZ. De vil da bli rotert en gang til, med de feil dette måtte medføre. Man kan også endre informasjonen i en KOF-fil, men da må man passe på å rotere korrelasjonen tilbake igjen til XYZ. Det enkleste er nok å ta ett skjermdump av de nye koordinatene, deres standardavvik og koordinatenes sammenblanding. Så endrer man rett og slett noen av de allerede importerte observasjonene slik de samsvarer med de nybestemte punktene. Her må det naturlig nok holdes nøye kontroll på punktidentifikasjon, instrumenthøyder og målenummer. Så utjevner man disse igjen for å få de endelige koordinatene.

T7.1 Hovedrapport – Forskjell i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet i metode 1 & 2

	N	Ø	H	sN	sØ	sh	y.pål.N	y.pål.Ø	y.pål.h
1	6740518.237	591466.496	183.867	0.002	0.001	0.004	0.006	0.004	0.014
2	6740518.237	591466.496	183.868	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.005

Det er ingen tvil om at man må ta seg bryet med å redigere observasjonene slik at man ikke lar programvaren leve i troen på at man har ni uavhengige målinger til hvert punkt. Selv om det ikke er riktig å si at vi har først tre uavhengige målinger som vi midler til en måling, før vi igjen midler disse som tre uavhengige målinger, er det i alle fall betydelig mer riktig enn å si at vi har ni uavhengige målinger. Men man er sjelden i mål etter utjevningen. La oss nå følge utjevningen av tre registreringer, og se hvilke forskjellige resultater man kan få ut.

3.5 Behandling av observasjoner, grovfeil og skalering

Det er sjelden man har slik flaks at antatt og beregnet standardavvik på vektsenheten, også kjent som M_0 , stemmer helt overens. Vi har i alle beregninger satt ett antatt standardavvik på vektsenheten til 1, og når vi videre omtaler M_0 menes det beregnede standardavviket på vektsenheten. Når man har valgt seg tallet 1 som vektsenhet, er dette ett tilfeldig valgt tall. Når man så maler resultatene gjennom minste kvadraters metode-kvernen, skal jo et tall tatt ut av luften komme rimelig likt seg ut i den andre enden. Det er dessverre ikke alltid dette er tilfelle. (1, s331)

Dersom M_0 avviker kan det i vårt tilfelle, siden vi ikke beskjeftiger oss med grunnlagspunkt, kun skyldes grove feil i målingene eller at man ikke har truffet med vektingen. Dersom en måling peker seg ut som en grov feil, er det forskjellige lærer på hvordan denne skal håndteres. Se gjerne til demonstrasjonsmåling 1 for litt tanker rundt dette. Men vi har stort sett to valg; kaste målingen eller veie den ned. Dersom målingen er en durabelig brøler, av typen feiltrykk eller en skikkelig tellefeil på de heltallsukjente, vil man ved å vekte den ned, ganske fort ha veid den så lett at man i praksis har tatt den ut av utjevningen. Men dersom målingen, som oftest er tilfellet, bare er så vidt over grovfeilsgrensen, kan jo denne fortsatt tilføre utjevningen mye nyttig informasjon. Denne informasjonen kan man ivareta ved å gi målingen ett litt større standardavvik, og litt mindre vekt. Etter vårt syn skal man ha meget tungtveiende grunner for å ta en måling helt ut av beregningen.

Ved all type målearbeid, det være seg i jobb eller forskningssituasjon, er det viktig for jobbens eller forskningens integritet at man ikke sensurerer dataseriene. Til syvende og sist må man huske at målt *er* målt. Nå må vi også huske at i datafangstsammenheng opererer landmåleren med veldig få målinger. Balansegangen mellom tilstrekkelig målinger og så mange målinger at resultatene blir for overoptimistiske er en tynn, tynn linje. Man kunne jo kanskje tenke seg at man kunne ta mange flere målinger enn man trengte, og sortere ut dem man ikke ville ha, men da har man gjort noe som man virkelig ikke skal gjøre. Da har man regelrett jukset.

Når man da sitter med en dataserie uten grove feil i målingene, men med en avvikende M_0 , har man flere måter å angripe dette på. Riktig nok ikke så mange som man hadde trodd, skulle det vise seg. Før har vi trodd at man kunne skalere standardavvikene i beregningen med en fast faktor, slik at maktforholdet mellom målingene, og dermed koordinatene ikke endrer seg. Denne skaleringen vil riktignok påvirke vektingen, og derav også de nybestemte koordinatenes ytre pålitelighet. Skulle man tro.

Men når man for demonstrasjonsformål gjør noen ganske drastiske skaleringer i begge retninger, og M_0 er det *eneste* som forandrer seg, vil man begynne å ane ugler i mosen. Vi prøvde forskjellige skaleringer med følgende resultat, alle koordinater kun siste mm, standardavvik og ytre pålitelighet i mm.

T7.2 Siste mm i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet ved forskjellige skaleringer

faktor	N	Ø	h	sN	sØ	sh	y.N	y.Ø	y.h	b. M0
u.skål	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.9062
2	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.4531
5	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.1812
10	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.0906
100	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.0091
1000	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.0009

Dersom man har en viss anelse om vektingens funksjon, må det være lov å stille spørsmål med beregningsprogramvarens forståelse for vektingens innvirkning på standardavvik og ytre pålitelighet. For å være sikker på at programvaren mener skalering er det samme som vi mener det bør være, har vi lest fra programvarens hjelpefunksjon. Den sier følgende:

«Skaler fra GPS beregning; standardavvik og kovarianser tas fra KOF fila. Standardavvikene skaleres med en faktor som gis.» (9, hjelpefil)

Vi sendte en forespørsel til programvareleverandør, og de var meget behjelpelige til å svare på de spørsmål vi måtte ha. De bekrefter at denne type skalering kun har betydning dersom man skal utjevne sammen med andre typer observasjoner, gjøre grunnlagstest eller M0-test.

På bakgrunn av programvarens måte å behandle vektingen på, anbefales det å se til demonstrasjonsmåling 2 når man skal bestemme seg for antall posisjoner man skal logge når man foretar registreringene. Dersom man får målinger med mer realistisk standardavvik inn i utjevningsprogramvaren, vil man få en mer realistisk beskrivelse av punktenes pålitelighet.

3.6 Manuelle beregninger

Men hva skjer når man begynner å behandle målingene manuelt? Når man beregner i programvare har man relativt liten kontroll på hva som skjer bak skjermen, mens man med manuelle beregninger har en mye større grad av detaljkontroll.

Man har selvfølgelig også en viss risiko for både tastefeil og ikke minst, men dersom beregningene og innføring av data blir kontrollert av flere personer minsker denne sjansen betydelig.

Etter å ha gjort manuelle beregninger av pålitelighet har vi kommet frem til noen ganske spennende resultater. Vi skal nå se forskjeller på programvarens beregning og vår egen beregning med programvarens verdier på de roterte korrelasjonene.

Alle koordinater er kun i siste mm, standardavvik og ytre pålitelighet i mm.

T7.3 Forskjell mellom egen utregning og programvare, siste mm i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet

	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	yh	M0
Prg	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.9062
Egen	8	2	2	2	2	7	8	8	27	0.9702

Vi finner det oppsiktsvekkende at det er så betydelige forskjeller på standardavvik og ytre pålitelighet, men samtidig stemmer våre beregninger tilsynelatende bedre overens med de faktiske målingene. La oss gjøre en beregning på enkleste vis, dog ikke helt riktig da det ikke er veid standardavvik, men allikevel riktig nok til at vi kan bruke den til å illustrere målingenes omtrentlige kvalitet.

En enkel beregning av standardavvik og maksfeil:

Alle verdier i mm:

T7.4 Enkel beregning av standardavvik og maksfeil

sN	sØ	Sh	Maksf.N	Maksf.Ø	Maksf.h
7	2	14	20	6	43

Her ser vi lettere hvordan standardavvik og pålitelighet egentlig bør ligge i forhold til hverandre, og hvorfor det er så stort skille mellom vår og programvarens pålitelighetsanalyse kan forklares med ett nytt, lite mysterium. Våre beregninger følger i dette tilfellet programvarens hakk i hæl, men de skiller lag under beregning av indre og ytre pålitelighet. Her er ett lite utsnitt fra en beregningsfil som viser hva som skiller vår og programvarens beregning.

```

1 tmax:float(quantile_student_t(((1-alfa/2)^(1/n)),n-e-1));
2 tmax:float(quantile_student_t(((1-alfa/2)^(1)),n-e-1));
  4.6428398333803
  2.570581835616246

Indre pålitelighet
nabla_min:nabla-Mo_tilde*tmax*sqrt(1/Qnabla)$
nabla_max:nabla+Mo_tilde*tmax*sqrt(1/Qnabla)$
    
```

F7.7 Utsnitt fra en beregningsfil som viser hva som skiller vår og programvarens beregning.

Her ser vi to måter å beregne tabellverdien som målingene måles mot i grovfeilsøket, og som vi ser, blir denne verdien benyttet videre til å beregne indre pålitelighet. I programvaren blir verdi 1 brukt til å angi t-maks i grovfeilsøket, mens verdi 2 brukes til å angi indre pålitelighet. Forskjellen i beregning av 1 og 2 ligger litt enkelt forklart i at man i 1 tar høyde for at man tester flere ting, n antall målinger, mens man i 2 ut fra formelen tester bare 1 ting, en måling.

Det er dette som ligger i skjerpning ved flere målinger. Her ser vi at vi har skjerpning i 1, men ikke i 2. For oss er det mest logisk at man tar høyde for at man tester, vel, så mange målinger som man tester. Men med bakgrunn i at indre pålitelighet er hvor stort avvik den enkelte måling kan ha før den betegnes som grovfeil, mens ytre pålitelighet beskriver indre pålitelighets påvirkning på koordinaten, finner vi det betenkelig at den samme tabellverdien ikke benyttes på både grovfeilsøk og indre pålitelighet.

Dette medfører i akkurat dette tilfellet at programvarens ytre pålitelighet er 45 prosent lavere enn det ville vært dersom man hadde benyttet samme t-maks i både grovfeilsøk og indre pålitelighet. Man kan også tenke seg at dette er ett av de mange eksemplene på at totalstasjon-tankegang har blitt direkte overført til å gjelde GNSS-målinger. Her er det nok en gang brukt formler som har utgangspunkt i uavhengige målinger, og det kan meget vel tenkes at deres sammenblanding av koordinater og gjerne også deres tidssammenheng burde vært med i beregningen av grovfeilsgrensen. Men det viktigste er nok at samme verdi burde brukes i hele beregningen, og vi har i alle videre manuelle beregninger brukt grovfeilsøkets t-maks også for beregning av indre og ytre pålitelighet.

3.7 Behandling av korrelerte målingers vekt

Vi og vår eminente veileder har spekulert i om det formelverket som ligger til grunn for pålitelighetsanalyser i sin tid ble forenklet for bruk av vektmatiser kun bestående av standardavvik langs diagonalen. Hvordan beregningsprogramvaren håndterer dette er heller uvisst, men vi har tilsynelatende lyktes i å foreta de endringer som måtte være nødvendig for å kunne gi denne typen analyser en bedre tilnærming på korrelerte målinger.

Vi har dessverre hverken hatt anledning til den grundige testing og bakgrunnskunnskap til den utledning som skal til for å avklare dette. Og det kunne nok gjerne tenkes at dette arbeidet bør utføres av noen andre en to studenter med til sammen tyve studiepoeng i matematikk. Men enn så lenge tilsier målingene og resultatene våre at vi har funnet en rimelig god tilnærming.

Men vi kunne ikke fortsatt ikke gi helt slipp på spekulasjonene, og vendte vår oppmerksomhet mot beskrivelsen av målingenes koordinatsammenheng, også kjent som korrelasjon.

Disse kan være både positive og negative, avhengig om de lener seg mot hverandre eller fra hverandre. Denne informasjonen blir i varetatt i vekstmatisen. Denne blir gitt ett antatt standardavvik på vektsenheten lik 1 ved at vi bruker den inverse av denne matisen. Det kan sammenlignes med at man i en enkel, diagonal vekstmatis deler tallet 1 på målingenes antatte varians. Men den enkle, diagonale vekstmatisen er ett spesialtilfelle av minste kvadraters metode, og beregningene kan derfor ikke overføres direkte på korrelerte målinger.

Det er vanlig oppførsel ved korrelasjon at vi har både positive og negative tall. Men vi syntes det ga liten mening i negative vekter. Det har hittil ikke lyktes oss å finne dette beskrevet ordentlig, men dette måtte naturligvis prøves.

T7.5 Forskjell mellom egen utregning, programvare og vektmatis med absoluttverdier, siste mm i koordinat, standardavvik og ytre pålitelighet

Alle verdier i mm:

	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	yh	M0
Progr	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.9062
Egen	8	2	2	2	2	7	8	8	27	0.9702
Egen.abs	9	1	1	5	4	15	18	16	63	2.189

Til vår forbløffelse kan vi se at beregningen for aller første gang begynner å stemme overens med målingene og standardavvikene fra GPS-beregningen. Vi ser også en dramatisk endring i M0, som følge av at den første innmålingen av nord-koordinaten endelig er blitt såvidt fanget opp av grovfeilsøket. Denne har med det blotte øye merket seg ut som en potensiell grovfeil, men vi har til vår store overraskelse til nå kun hatt veldig lave t-verdier gjennom hele beregningsgangen. Nå stemmer t-verdiene med det faktiske inntrykket målingene i seg selv gir. Man kan undre seg på hvorfor den første høydemålingen ikke har bikket grovfeilgrensen. Dette har sin forklaring i målingenes standardavvik. Desto lavere standardavvik, desto mindre skal det til før man får utslag på grovfeilsøket. Ett praktisk eksempel kan være at dersom noen skritter opp en avstand på 20 meter med en meter avvik, er dette ganske bra. Men dersom en avstandsmåler på en totalstasjon måler 20 cm feil over en avstand på 100 meter, så er det rett på service.

La oss nå se hvordan en faktisk skalering av standardavvikene kan fortone seg. Vi kan se på skalering av standardavvik som en måte å beskrive forventningen til målingene. Dersom vi har lavere forventning til målingene må dette så klart komme til uttrykk gjennom en økning av ytre pålitelighet, som demonstrert under.

T7.6 Forskjell mellom ingen skalering og 2 i faktor

faktor	N	Ø	h	sN	sØ	sh	y.N	y.Ø	y.h	b. M0
u.skål	8	2	2	2	2	7	8	8	27	0.9702
2	8	2	2	3	2	8	11	9	42	0.5503

Under forsøk med skalering i egne beregninger, kan det se ut som vi ikke er helt i mål med tilnærmingen av formlene, i alle fall frem til man begynner å implementere målingenes tidssammenheng. Det kan se ut som om absoluttverdier er mer egnet for utjevning, de nybestemte punktenes standardavvik og kanskje til og med er essensielt for grovfeilsøket. Men noe skurrer fortsatt når man bruker absoluttverdier til pålitelighetsanalyse slik som beregningene blir utført i dag. Når man skalerer en beregning med absoluttverdier på den inverse av vektmatrisen minsker ytre pålitelighet, noe som ikke finnes logisk i det hele. Men dersom man skalerer i en beregning med en komplett vektmatrise der det også er tatt hensyn til tidssammenheng, fungerer beregningen tilsynelatende utmerket med absoluttverdier også under pålitelighetsanalysen.

Akkurat hvorfor det er slik har det fortsatt ikke lyktes oss å finne ut av, men det ser ut som de ledige plassene i en vektmatrise uten tidskorrelasjon er litt vanskelig for formelverket å håndtere slik det er i dag. Men dersom man har verdier i alle celler, så sant disse er innenfor rimelighetens grenser, ser det ut som de forandringene vi har gjort fungerer rimelig bra. Akkurat hvorfor denne oppførselen oppstår, ville absolutt ha vært interessant å finne ut av, og er nå kun å anse som rene spekulasjoner som absolutt ville være meget vel verdt å følge opp. Hvorvidt disse spekulasjonene hører hjemme i en slik type oppgave kan absolutt diskuteres, men vi føler det er mer riktig å ha dem med enn å ikke nevne det i det hele.

3.8 Tidsskorrelasjonens effekt på koordinater og pålitelighet

Og vi har fortsatt til gode å se nøyere på den mystiske tidssammenhengen mellom målingene. På de foregående sidene har vi sett meget grundig på tre registreringer gjort med omtrent 2 minutter og 45 sekunder mellomrom, så vi kan like gjerne følge de tre samme registreringene ett stykke til. Som vi husker fra demonstrasjonsmåling 4, har vi beregnet tidssammenhengen mellom 260 målinger tatt med 15 sekunders mellomrom. Siden det er lekkasjer i beregningen av tidssammenhengen, og dette ikke er tidssammenheng målt samtidig som våre målinger pågikk, må vi ta resultatene med en stor klype salt. Her er programvarens beregninger, egne beregninger med tidsskorrelasjon og egne beregninger med tidsskorrelasjon og absoluttverdier i den inverse vektmatrisen.

T7.7 Oversikt over resultat av programvare, tidsskorrelasjon og tidsskorrelasjon med absoluttverdier i vektmatrisen

	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	yh	M0
Prg	8	2	2	2	2	6	5	4	12	0.9062
tk	7	2	2	3	2	7	9	6	19	0.9407
Tk.abs	9	1	2	5	3	13	17	14	46	2.0972

Men selv om vi ikke har en tidsskorrelasjon som er målt samtidig som målingene, og denne absolutt også har sine ankepunkter, er forskjellen så stor at man er fristet til å heve øyenbrynene. Bit merke i at forskjellene vil bli ekstra fremtredende desto kortere tidsintervall man har mellom målingene. Så kan man alltså undre seg om to sjeler med lite matematikk- eller statistikkutdannelse er i stand til å gjøre disse beregningene på en riktig måte.

Da er det betryggende når man kan se med det blotte øye at dette ser sannsynlig ut. Men vi biter oss dog merke i at det resultatet med tanke på M0, grovfeil og pålitelighet som absolutt ser mest realistisk ut er uten tvil beregningen med absoluttverdier av den inverse vektmatrisen, der man også har tatt høyde for målingenes tidssammenheng.

Når man i hvert besøk gjør tre kjappe registreringer vil tidssammenhengen ha en viss påvirkning. Men dette er gammelt nytt. Det er ingen som har våget seg til å beregne en gjennomsnittsfunksjon som beskriver den omtrentlige tidssammenheng mellom målingene til bruk i programvare av frykt for at denne skal virke villende med tanke på målingenes oppnåelige kvalitet.

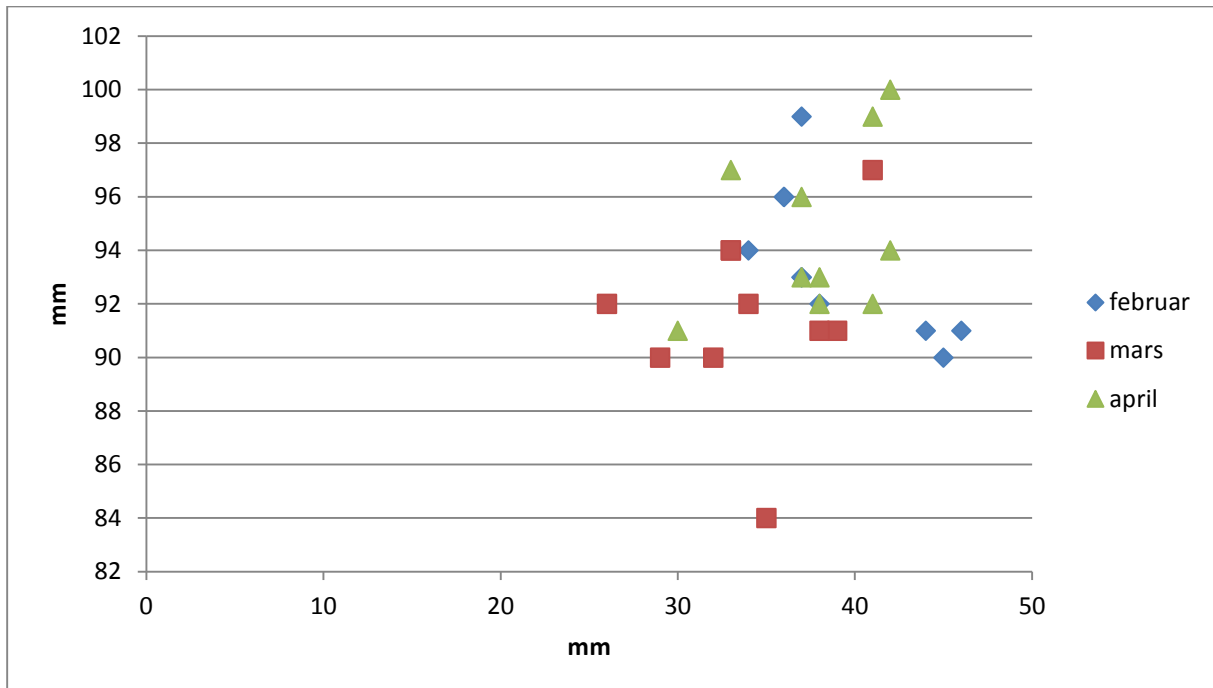
Nå er det vår personlige mening at å ha tall i de tomme cellene i vektmatrisen som er ment for å beskrive tidssammenhengen vil, dersom de er innenfor rimelighetens grenser, være meget bedre enn å si at målingene er uavhengige. Dette burde i lys av de foregående resultater bli vurdert som en mulig løsning for programvareleverandører.

Men nå er det en gang slik at en tidssammenheng-funksjon har sitt utspring i målingene, og nå vet vi at CPOS-basene står og logger målinger døgnet rundt. Når to tredjeårs geomatikkstudenter er i stand til å beregne en slik funksjon ved manuell inntasting og beregning i regneark, hente ut de verdiene man trenger og sette disse på riktig plass i vektmatrisen, kan dette ikke være spesielt vanskelig. Da skulle det være mulig med utgangspunkt i data fra basestasjonene å beregne en løpende funksjon, og kunne velge de lagene man trenger opplysninger om. Det skulle være fint mulig å hente ut de få tallene man trenger, og det er spesielt til beregning av de tre registreringene i hvert besøk at dette er essensielt. Når beregningsprogramvaren tilsynelatende klarer å sortere koordinatene

sammenblanding på rett sted, er det heller ikke noe verre å få tidssammenhengen på rett plass. Det skulle nesten være enklere da man kan ta den inverse av vekstmatrisen i en enkelt operasjon, og vi har allerede sett antydninger til at beregningene fungerer absolutt best dersom man i vekstmatrisen har verdier enten kun langs diagonalen eller er fullsatt.

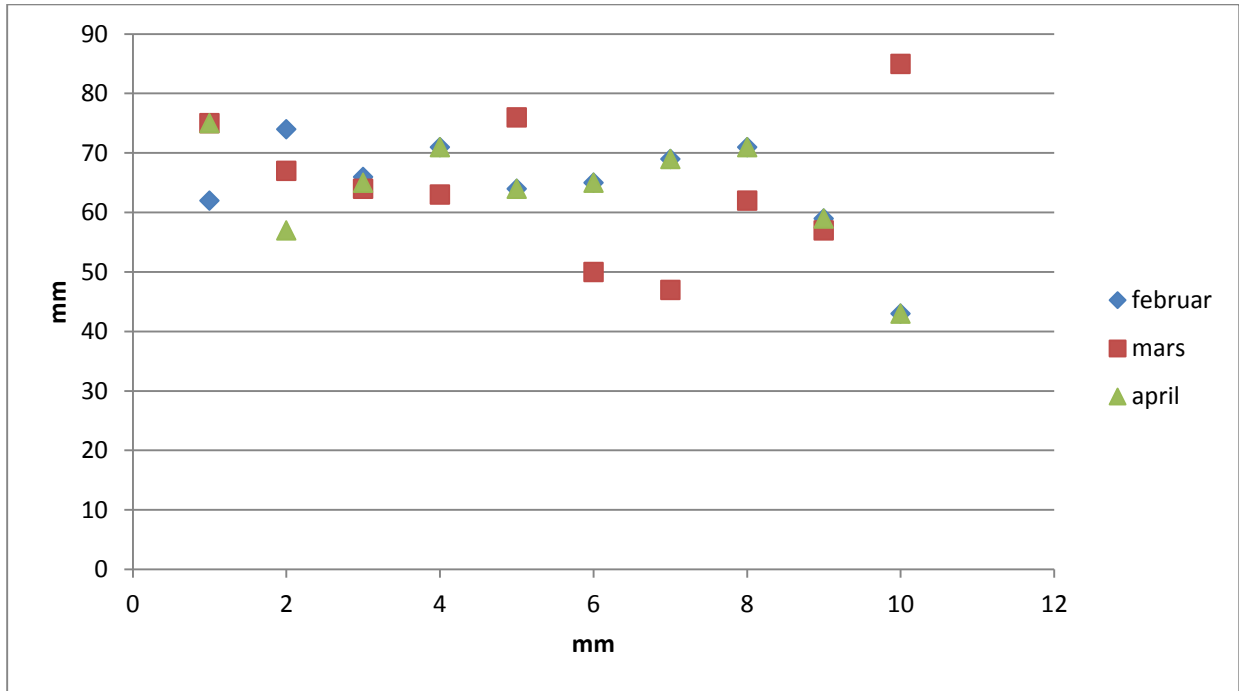
3.9 Besøk og kombinasjoner gjennom hele måleperioden

Vi har nå tilbragt mye tid sammen med de tre første registreringene våre, og må huske at vi har ganske mange målinger som også fortjener litt oppmerksomhet. Vi har nå utjevnet disse i programvare etter den tidligere omtalte metode 1. La oss se på hver av dem, og de kombinasjoner som kan oppnås dersom man skal bruke to dager til innmålingen. Fullstendige beskrivelser av koordinater med standardavvik og ytre pålitelighet finnes i vedlegg 1.5. Her er de ti besøkene vi har hatt i hver innmålingsperiode, vist ved NØ i koordinatsystem. Alle verdier i mm.



F7.2 Sammenstilling av besøk NØ, se vedlegg 1.5

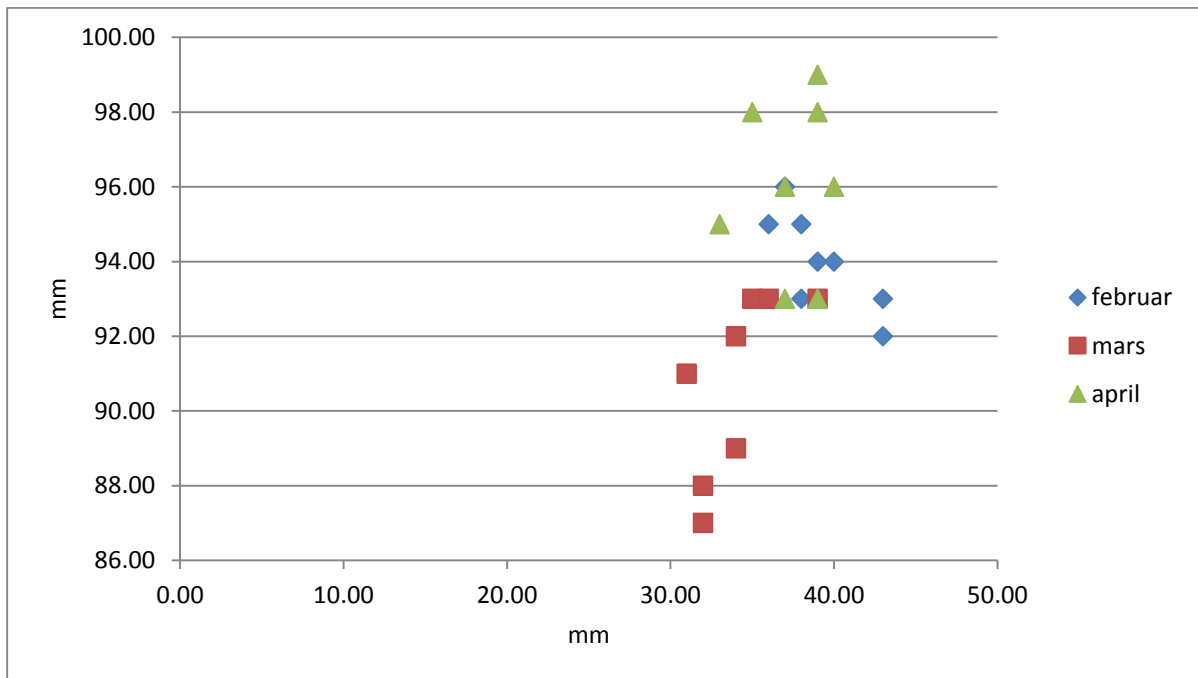
Her er høydene for de samme periodene. Alle verdier i mm.



F7.3 Sammenstilling av besøk høyde, se vedlegg 1.5

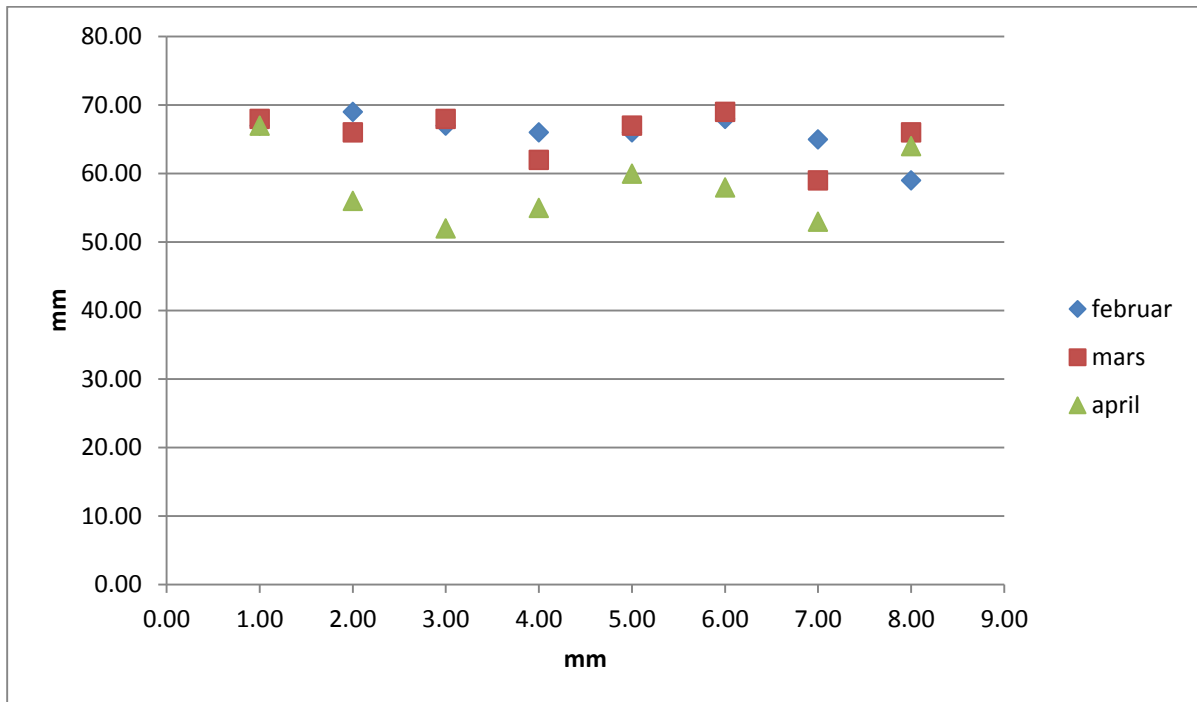
Videre har vi kombinasjoner av tre besøk over to dager. Først NØ-plott.

Alle verdier i mm.



F7.4 Sammenstilling kombinasjon av besøk NØ, se vedlegg 1.5

Og høyde. Alle verdier i mm.



F7.5 Sammenstilling kombinasjon av besøk høyde, se vedlegg 1.5

Her kan vi se små antydninger av at dataseriene har ganske lik utstrekning, men at det er små uenigheter mellom seriene når det kommer til hvilket «område» koordinatene ligger.

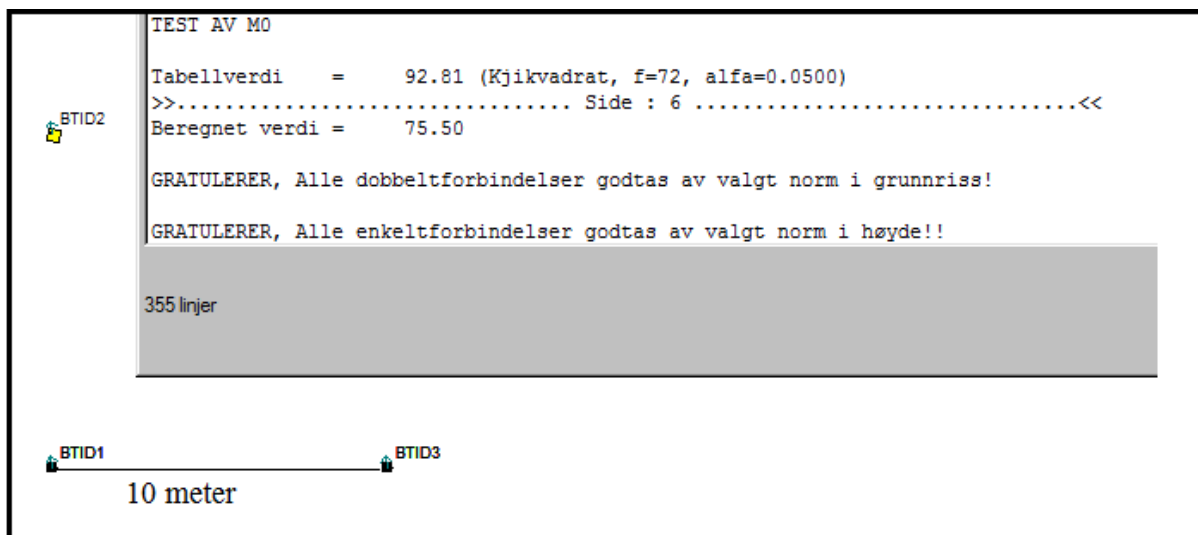
Om dette er ett uttrykk for hvorvidt det er forskjell på å måle i de forskjellige periodene, eller en registrering av fastmerkets oppførsel under teledøsningen er heller uvisst. Men uansett hva denne oppførselen skyldes, er det viktig å notere seg at den har opptrådt, og den vil potensielt skape problemer dersom fastmerkene ble målt inn i Februar og skal brukes i April.

Når man ser forskjellene i koordinater, både i besøk og kombinasjoner, kan man se at programvarens anslag av ytre pålitelighet blir veldig optimistisk. Dersom man ser på spredningen av koordinatene, kan det se ut som fullsatte vekstmatriser med absoluttverdier absolutt er ett spor som er vel verdt å følge opp.

3.10 De nybestemte koordinatene opp mot standard for grunnlagsnett

Men nå er det ytterst sjelden at noen trenger ett enkelt fastmerke, uten at dette skal tilknyttes noen andre fastmerker. Like interessant som det enkelte fastmerke, er hvordan dette vil fungere sammen med andre. Ofte trenger man fastmerker for å ta en frioppstilling, som igjen brukes til utsetting og innmåling. Derfor er standard for grunnlagsnett mer interessert i hvordan punktenes ytre pålitelighet vil påvirke retninger, målestokk og høydedifferanser mellom punktene. For demonstrasjonsformål skal vi nå se hvordan nett av slike punkter vil oppføre seg. Disse nettene er simulert med utgangspunkt med punktet vi midlet i de tidligere nevnte metodene 1 og 2.

Her har vi brukt samme punkt og kun utjevnet de samme observasjonene under forskjellige punktnavn med ti meter forskyvning i en av aksene på to av dem. Siden standarden for å beregne grunnriss tar utgangspunkt i trekkanter, skulle vi nå ha en fin trekant å teste. La oss først se hva som skjer når man lar beregningsprogramvaren tolke observasjonene dit hen at vi har ni uavhengige målinger.



F7.6 Test av målinger etter standard for grunnlagsnett i Gisline Landmåling

Her var vi milevidt innenfor kravene i grunnriss, og godt innenfor kravet i høyde. Men det er absolutt for tidlig å sprette champagnen. Vi har nå sett med all tydelighet at uavhengige er målingene virkelig ikke, men at vi ved å behandle dem riktigere ved utjevning i programvare ville gi oss ett noe mer realistisk resultat.

Vi var godt innenfor normkravene på vinkel- og målestokkdeformasjon. Våre punkter var omtrent 1/3 av normkravene. I høyde var det som ventet litt verre, med 0.011 mot normkravets 0.007. Når vi vet fra standarden at normkravet er 7mm over 100m og 9mm over 1km, så må vi opp i betydelig større avstander enn hva som er normale totalstasjonsikt for å komme innenfor kravet.

Men det er fortsatt veldig god margin til kravet for områdetype 2, som er 28 mm på 100m. Dette finner vi noe urovekkende når man nå vet at programvarens utjevning er meget optimistisk. Her er de to metodene vist ved normkrav og oppnådd kvalitet.

T7.8 Sammendrag av test mot grunnlagsnett metode 1 & 2

Klasse 1	normV	normM	normH	oppnV	oppnM	oppnH
1	1414-2000	1414-2000	0.007	369-570	369-570	0.011
2	1414-2000	1414-2000	0.007	206-238	206-267	0.005

De resultatene vi fikk ved å behandle målingene på to forskjellige måter ble fulgt av en bitter ettersmak. Selv om det var forskjeller mellom metoden 1 og 2, er lite forskjell i forhold til forskjellen mellom programvaren og våre egne beregninger.

Dersom det er vanlig å behandle CPOS-målinger etter metode 2, er det ikke rart en del av brukerne har meget blandet erfaring. Når målingene blir behandlet på en slik måte at deres og programvarens notoriske overoptimisme får fritt spillerom, og deretter naturlig nok ikke holder det de lover under analysen, kan man absolutt forstå de som har en stor skepsis til denne type målinger.

Nå vet vi at en del utførende landmålere har gode resultater med å kombinere CPOS-målingene med totalstasjon. Viktigheten av å behandle målinger riktig kan ikke understrekes for ofte.

Det er dessverre lite spillerom i programvare for å lettvinnt kunne samhandle CPOS-målinger og totalstasjon på en god måte i samme beregning. Vi anbefaler derfor å se på grunnriss og høyde hver for seg for å lettere kunne bruke instrumentparameterne til totalstasjonen med fokus på å finne det riktige maktforholdet mellom de to instrumentene.

Man skal vokte seg vel for å tukle for mye med CPOS-målingenes standardavvik, slik at disse målingenes innbyrdes forhold i hvert punkt beholdes i den grad dette er mulig. Så kan heller totalstasjonen bistå med en forbedret naborøyaktighet. Tilleggsukjente må også brukes med meget stor forsiktighet, men man kan oppleve at det kan gi noen vanskeligheter når ett instrument forholder seg til ellipsoiden mens det andre og brukerne gjerne forholder seg til geoiden. Man må også være seg ytterst bevisst om forskjellen på ett godt resultat og ett realistisk resultat.

Dersom man flittig og ukritisk bruker tilleggsukjente og instrumentparametere, er det stor sjanse for at man krysser grensen mellom utjevning og direkte fjusk. Det er fullt mulig å få gode målinger til å se dårlige ut, og ennå verre, få mindre gode målinger til å se fantastiske ut. Målet må aldri være å få nettet «innenfor» koste hva det koste vil.

4 Konklusjon

Vår søken etter å finne ut om CPOS-målinger kan brukes til å anlegge fastmerker, og hvordan innmåling og analyse skal utføres for et mest mulig pålitelig resultat, har utløst flere spørsmål enn vi har fått svar. Etersom vår kunnskap om denne målemetoden har økt, ser vi at riktig bruk av og kunnskap om metoden er av mye større viktighet enn å kunne svare bastant ja eller nei på om CPOS-målinger kan brukes til å anlegge fastmerker. Vi har derfor på bakgrunn av våre innmålinger og analyser sammenfattet noen enkle anbefalinger for å kunne gjøre innmålinger og analyse på en tryggest mulig måte.

4.1 Innmåling

- *Ved å foreta innmålingene når man vet man har de mest forskjellige målesituasjonene er man ett stykke på vei.*
- *Antall posisjoner man logger i hver registrering har betydning for målingenes standardavvik fra GPS-beregningen. Det er ikke nødvendigvis slik at flere posisjoner gir ett bedre resultat selv om resultatet ser bedre ut. Dog viktigere enn antall posisjoner, er at det samme antallet observasjoner må brukes i alle registreringer for å ikke skiple målingenes innbyrdes maktsforhold.*
- *Hold god kontroll på punktidentifikasjon, og se til at instrumentet gir deg alle registreringene i hvert besøk.*
- *Hold kontroll på høydemodell og antennehøyde. Dette kan ikke nevnes for ofte.*

4.2 Eksport og import av måledata

- *Vi anbefaler å følge programvareleverandørens anbefalinger for kombinasjoner av blokker. Det er vel verdt å ta den tiden man måtte trenge til å tilrettelegge KOF-filene best mulig.*
- *Pass på at man har riktige prosjektparameter med riktig koordinatsystem og høydemodell.*
- *Velg riktig lagringsstrategi ved import.*
- *Prøv, så sant det er mulig, og bruke standardavvik fra GPS-beregning for å kunne beholde informasjonen om koordinatenes sammenblanding.*

4.3 Analyse

- *Utjevn først registreringene til besøk, deretter besøkene til punkter. Det er per i dag ikke noen enkel måte å gjøre dette på, men det er en av de få tingene man faktisk kan gjøre under utjevning i programvare for å få ett mer realistisk resultat.*
- *Behandle grovfeil med omhu, og at alle målinger er uskyldige til det motsatte er bevist. Vekt enkeltmålinger med stor forsiktighet. Ivrig vektning vil være ett problem, da CPOS-målingene med sine store standardavvik er meget myke og føyelige av natur. Det er da meget lett å forstyrre målingenes innbyrdes vektsforhold mer enn man burde.*

- *Akkurat denne type målinger er forholdsvis enkle å beregne manuelt, men med det stadig økende tidspresset i bransjen har det nok lite for seg å anbefale dette. Men man har dog en betydelig større kontroll på utjevningen, og har mulighet til å benytte samme t-maks under både grovfeilsøk og pålitelighetsanalyse.*
- *Vi vil oppfordre til forsiktighet under analysen av målingene, og det kan ikke gjentas ofte nok at målet for en analyse er nettopp å analysere en måleserie, ikke å presse den innenfor en norm.*

Vi er meget overrasket over de forskjellige utfallene man kan få ved forskjellig behandling av målingene under analyseprosessen. Det skulle ikke forundre oss om metoden har fått ett noe ufortjent rykte for å være meget upålitelig nettopp på grunn av feilaktig behandling i programvare. Dersom man behandler målingene feil under analysen, vil man meget mulig få altfor gode resultater som ikke innfrir ved bruk. Konsekvensene av å importere alle målinger på samme punkt rett inn, kombinert med at programvaren bruker forskjellig utregning av t-maks til grovfeil og indre pålitelighet, har vi allerede sett gir altfor gode resultater.

Vi må også oppfordre til en sunn skepsis ovenfor det man får ut av både instrument og programvare. Datamaskiner og instrumenter gjør bare som de får beskjed om, så det er opp til oss å gi dem riktig beskjed, og se til at vi ikke har gjort oss misforstått. Som vi har sett, har alle dataprogrammer og instrumenter sine svakheter. Ofte sitter disse svakhetene omtrent femti centimeter fra skjermen. Det er allikevel opp til oss å vurdere om de resultatene vi får ser troverdige ut. Man skal heller aldri undervurdere nytten av å selv kunne beregne målingene i regneprogram for en ennå større detaljkontroll og inntil videre også ett mer realistisk resultat. Selv å beregne middel, standardavvik og maksfeil «på gamlemåten» vil være til meget god hjelp for å kontrollere resultatene.

Det er også ett spennende tema om man skal bruke den inverse vektmatrisen med eller uten absoluttverdier, og dette burde absolutt vært utforsket i en større og mer grundig utstrekning enn vi er i stand til. Vi må jo selvsagt nevne den mystiske tidssammenhengen. I våre beregninger kan det se ut som man får de mest realistiske resultatene ved en fullstendig vektmatrise med absoluttverdier. Men dette har den utførende landmåler fortsatt liten nytte av, selv om vi håper at det i fremtiden skal komme løsninger for å kunne bruke informasjonen fra målingene i en ennå videre utstrekning enn vi gjør i dag.

Inntil videre må man nøye seg med å utvise forsiktighet under analyseprosessen, og heller sørge for at målingene gjerne bør ha litt å gå på i forhold til kravene. Hvor mye skal vi vokte oss for å anslå, og la dette, sammen med valget om målingene skal brukes eller ikke, være opp til den utførende landmåler som kjenner sitt utstyr, sine respektive normkrav og områdets utfordringer.

Kanskje man heller skulle spurt seg om landmåleren er egnet til å måle inn og analysere fastmerker?

Vedlegg

Antall vedlegg: 69

Innhold Vedlegg_Hetle_Kjeldsberg:

- V1.1 Rapport Demonstrasjonmåling 1
- V1.2 Rapport Demonstrasjonmåling 2
- V1.3 Rapport Demonstrasjonmåling 3
- V1.4 Rapport Demonstrasjonmåling 4
- V1.5 Tabeller besøk og kombinasjoner
- V2 Oppsummering spørreskjema
- V3 Logg
- V4 Nettside
- V5 Veiledermøter⁹
- VDV Digitale vedlegg.zip innhold:
- V6 originaldata
 - V6.1 Demo1 (mappe)
 - V6.1.1demo1_45_47_46.kof
 - V6.1.2demo1_kor_oh.kof
 - V6.1.3demo1_maalerapport.kof
 - V6.2 Demo2 (mappe)
 - V6.2.1demo2_45_47_46.kof
 - V6.2.2demo2_Kor_oh.kof
 - V6.2.3demo2_maalerapport.kof
 - V6.3 Demo3 (mappe)
 - V6.3.1Demo3_alle registreringer.xlsx
- V6.4 Demo4 (mappe)
 - V6.4.1demo4_45_47_46.kof
 - V6.4.2demo4_kor_oh.kof
 - V6.4.3demo4_malerapport.kof
- V6.5 Bach_maalinger (mappe)
 - V6.5.1bach1_45_47_46.kof
 - V6.5.2bach1_kor_oh.kof
 - V6.5.3bach1_maalerapport.kof
 - V6.5.4bach2_45_47_46.kof
 - V6.5.5bach2_kor_oh.kof
 - V6.5.6bach2_maalerapport.kof
 - V6.5.7bach3_45_47_46.kof
 - V6.5.8bach3_kor_oh.kof
 - V6.5.9bach3maalerapport.kof
- V7 Utrengninger
 - V7.1demo1 (mappe)
 - V7.1.1autokorrelasjon.xlsx
 - V7.1.2dokfil_programvare.DOK
 - V7.1.3qq_plott.xlsx
 - V7.1.4sandardavvik.xlsx
 - V7.1.5shapiro_wilks.xlsx
 - V7.2demo2 (mappe)
 - V7.2.1demo2_grafisk_fremstilling.xlsx

V7.3demo3 (mappe)

V7.3.1demo3_beregninger.xlsx

V7.4demo4 (mappe)

V7.4.1demo4_korr_skalert.xlsx

V7.4.2demo4_korr.xlsx

V7.4.3demo4_korry.xlsx

V7.4.4demo4_korrz.xlsx

V7.4.5demo4_krysskorr.xlsx

V7.4.6demo4_qqplott_histogram_xyz.xlsx

V7.4.7demo4_TidsakseXYZ_XYplott.xlsx

V7.5bach (mappe)

V7.5.1dok_filer (mappe)

V7.5.1.1bach1 (mappe)

V7.5.1.1.1_1_2_3.Dok

V7.5.1.1.2_1_2_4.Dok

V7.5.1.1.3_3_4_5.Dok

V7.5.1.1.4_3_4_6.Dok

V7.5.1.1.5_5_6_7.Dok

V7.5.1.1.6_5_6_8.Dok

V7.5.1.1.7_7_8_9.Dok

V7.5.1.1.8_7_8_10.Dok

V7.5.1.1.9_REGISTRERINGTILBESØK.DOK

V7.5.1.2bach2 (mappe)

V7.5.1.2.1_123.Dok

V7.5.1.2.2_124.Dok

V7.5.1.2.3_.Dok

V7.5.1.2.4_346.Dok

V7.5.1.2.5_567.Dok

V7.5.1.2.6_568.Dok

V7.5.1.2.7_789.Dok

V7.5.1.2.8_7810.Dok

V7.5.1.2.9_registreringtilbesøk.DOK

V7.5.1.3bach3 (mappe)

V7.5.1.3.1_123.Dok

V7.5.1.3.2_124.Dok

V7.5.1.3.3_345.Dok

V7.5.1.3.4_346.Dok

V7.5.1.3.5_567.Dok

V7.5.1.3.6_568.Dok

V7.5.1.3.7_789.Dok

V7.5.1.3.8_7810.Dok

V7.5.1.3.9_registreringtilbesøk.DOK

V7.5.1.4_3TIL1_SKALERT5.DOK
V7.5.1.5_3TIL1_SKALERTnullkomma9.DOK
V7.5.1.6_3TIL1_SKALERTnullkommatre.DOK
V7.5.1.7_forbratilaavaeresant.DOK
V7.5.1.8_ForBraTilÅVæreSant2.DOK
V7.5.1.9_rettParameterStrategi1.Dok
V7.5.1.10rettParameterStrategi2.Dok
V7.5.1.11rettParameterStrategi3.Dok
V7.5.1.12ytre_simulert_trekant.Dok
V7.5.2rotasjon_forskjell.wmx
V7.5.3sammenstilling_alleBach.xlsx
V7.5.4SkalertStandardavvik_abs.wmx
V7.5.5skalertStndardavvik.wmx
V7.5.6standardavvik_gamlemåten.xlsx
V7.5.7Utjevning_pålitelighetMetode1_kombinasjon123Januar.wmx
V7.5.8UtjevningPålitelighet.wmx
V7.5.9utjevningPålitelighet_absverdier.wmx
V7.5.10utjevningPålitelighet_egenrotasjonsmatrise.wmx
V7.5.11utjevningPålitelighet_medTidskorrelasjon.wmx
V7.5.12utjevningPålitelighet_tidskorrelasjon_absverdier.wmx
V7.5.13forskjellITmax
V7.5.14ForskjellITmax_dokfilTilSammenligning
V8_DV_Digitale vedlegg oversikt.pdf

Vedlegg 1.1 Demonstrasjonsmåling 1

Innledning.

For å bli bedre kjent med CPOS som målemetode, vil vi utføre noen små måleserier som vi har valgt å kalle demonstrasjonsmålinger. Disse håper vi skal belyse metodens karakter. I demonstrasjonsmåling 1 ønsker vi å se nærmere på hvordan satelittenes tolvtimerssyklus og jordens døgnsyklus under normale forhold vil påvirke mellom annet målingenes pålitelighet.

Metode.

I demonstrasjonsmåling 1 har vi målt med en times mellomrom i ett døgn. Vi har valgt å måle i ett døgn da vi ønsker lærdom om satellittenes tolvtimerssyklus og jordens døgnsyklus. Vi har valgt å måle med en times mellomrom for å forhåpentligvis få nok data til å kunne se målingenes karakteristiske vandring, og samtidig få så små datamengder at de lett lar seg håndtere.

Målingene ble utført fra tidlig lørdag morgen til søndag morgen, mest av praktiske hensyn og etter utført «mission planning» på nettsiden gnssplanningonline.com. Der så vi at POD-verdier og ionindeks var innenfor anbefalinger. Antennens innstillinger ble satt til en maksimal PDOP på 5, helling på femten grader og automatisk lagring av punktet etter 10 posisjoner.(3)

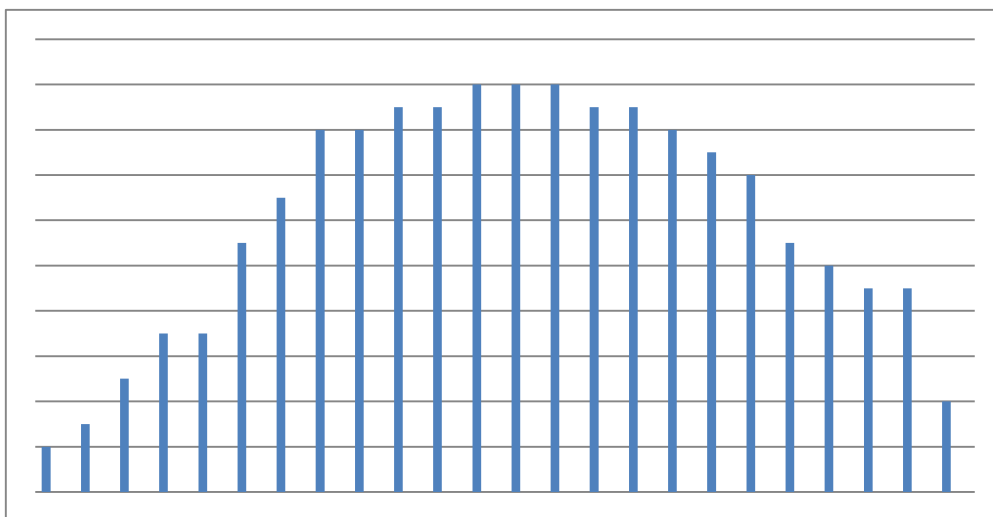
Som en forsikring mot grove feil målte vi tre fullstendige av og på-sykluser i hver måling, da risikoen for feilberegning av heltallsukjente og flerveisinterferens inntreer på samme måte tre ganger på rad. Vi benyttet en betongfylt jernpilar som var rimelig godt skjermet for folk og brøytearbeid, vatret opp en trefot først med dåselibelle, deretter med rørlibelle. Siden målingene ble utført den helgen det var arrangert skitur i Hemsedal var campus øde og forlatt, og det var derfor stor sjanse for at trefoten fikk stå i fred. Dette kunne vi også følge med på gjennom vinduet fra ett klasserom.

Videre skulle målingene analyseres. Først så vi på målingenes fordeling, da forutsetningen for å bruke minste kvadraters metode er at målingene er normalfordelte. Deretter satte vi opp en liste med middelverdiene av de tre innmålingene fra hver måling. Vi valgte og først visualisere målingene i regneprogrammet GeoGebra, og til dette ble disse middelverdiene benyttet. Vi benyttet i første omgang midlene direkte, selv om det på øyemål kunne se ut som om ett par av innmålingene bak middelet avviker noe mer enn man skulle anta var rimelig. Men før man kan ta stilling til hvorvidt disse målingene er grove feil, må flere analyser til, da man skal ha meget tungtveiende årsaker dersom man skal se bort fra en måling. Til videre analyser benyttet vi beregningsprogramvaren Gisline, og tildelte de tre innmålingene i hver måling samme punkt tid.

Vi hadde også eksportert målingene ut fra instrumentet på en slik måte at vi med litt enkel redigering kunne bruke innmålingenes kovariansmatrise i utjevning og analyse av målingene. Videre ble autokorrelasjonen beregnet med utgangspunkt i det veide middelet og fremstilt som graf i koordinatsystem.

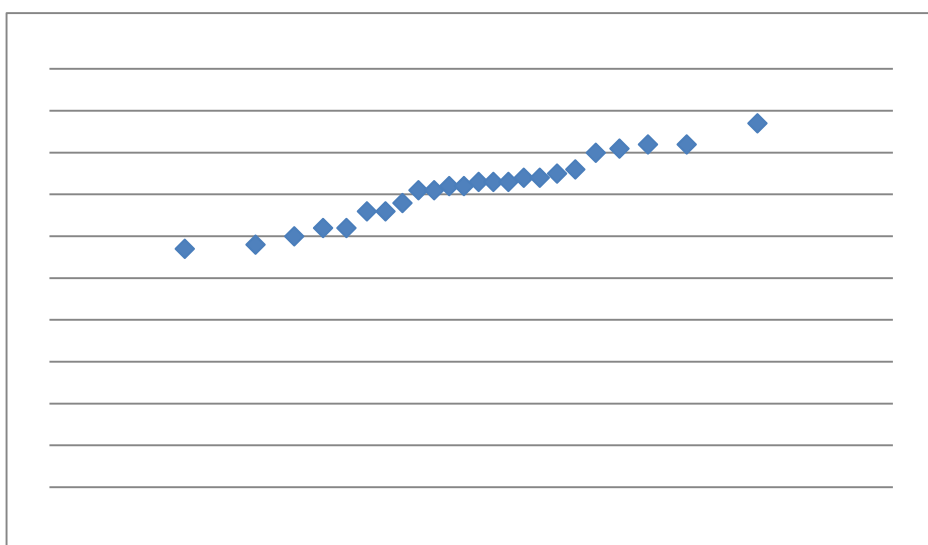
Resultater.

Vi har først sett på hvordan målingene fordeler seg. De statistiske testene vi nyttegjør oss av til analyse av målingene forutsetter at målingene er normalfordelte. Her kan man ikke benytte seg av normalfordelingstester helt ukritisk, for en gangs skyld er det visuelle bildet av målingene en viktig faktor. La oss først se på målingene i ett histogram:



F1.1
Ordnete målinger visualisert i histogram

Her er målingene representert med avstand til middel. Det kan se ut som om målingene kanskje heller litt til høyre for middelet, men ellers ser kurven på øyemål lik de eksemplene vi har sett tidligere av normalfordelte målinger, men kanskje litt i grenseland. For ytterligere å få bedre kjennskap til målingenes fordeling, utførte vi en shapiro-wilk-test. Denne resulterte i ett testnivå mellom 0.06 og 0.07, noe som styrker den opprinnelige følelsen av at dataserien ser ut til å ligge i en gråson. Her har vi god hjelp ett QQ-plott:

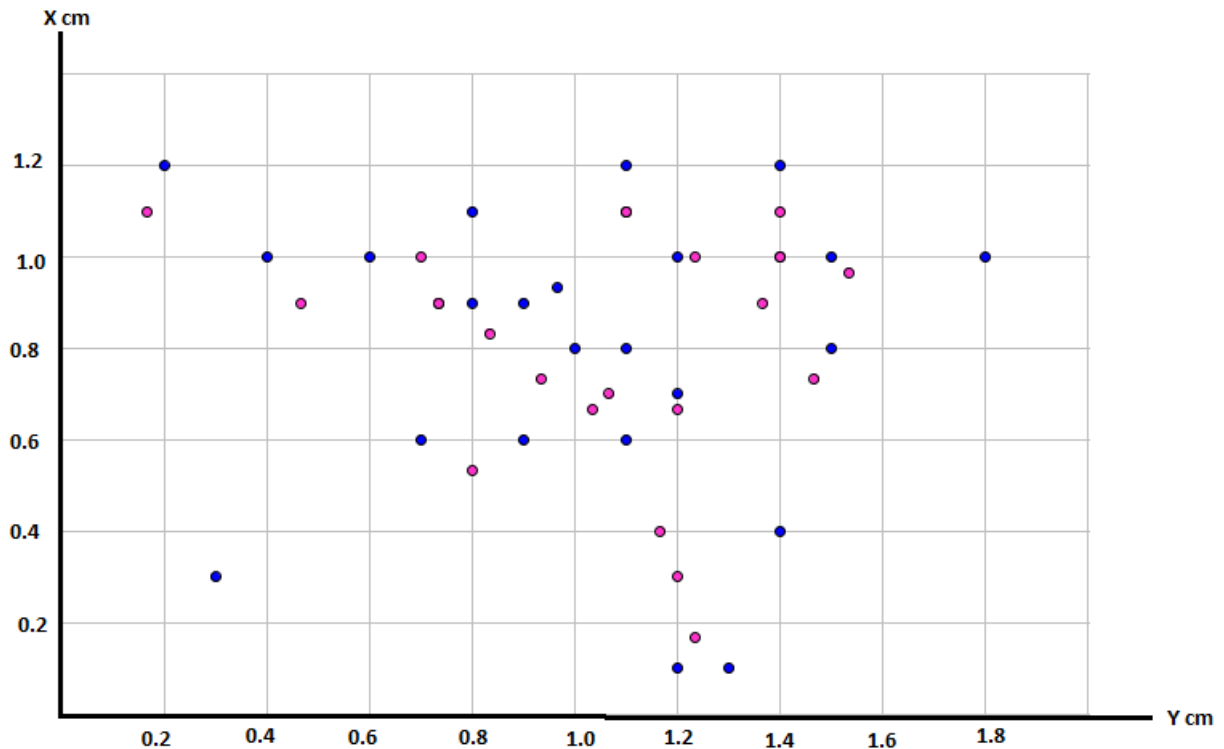


F1.2 *QQ-plott*

Her er det i grunn enklere å se at dataserien er rimelig normalfordelt sett med det blotte øye.

Vi kan også tydelig se at gauss-klokken ville vært noe flat med tykke haler, som indikerer større spredning enn det de videre beregningene våre antyder. Det er i slike tilfeller vanskelig å avgjøre om datasettets fordeling er «close enough» eller «close, but no sigar».

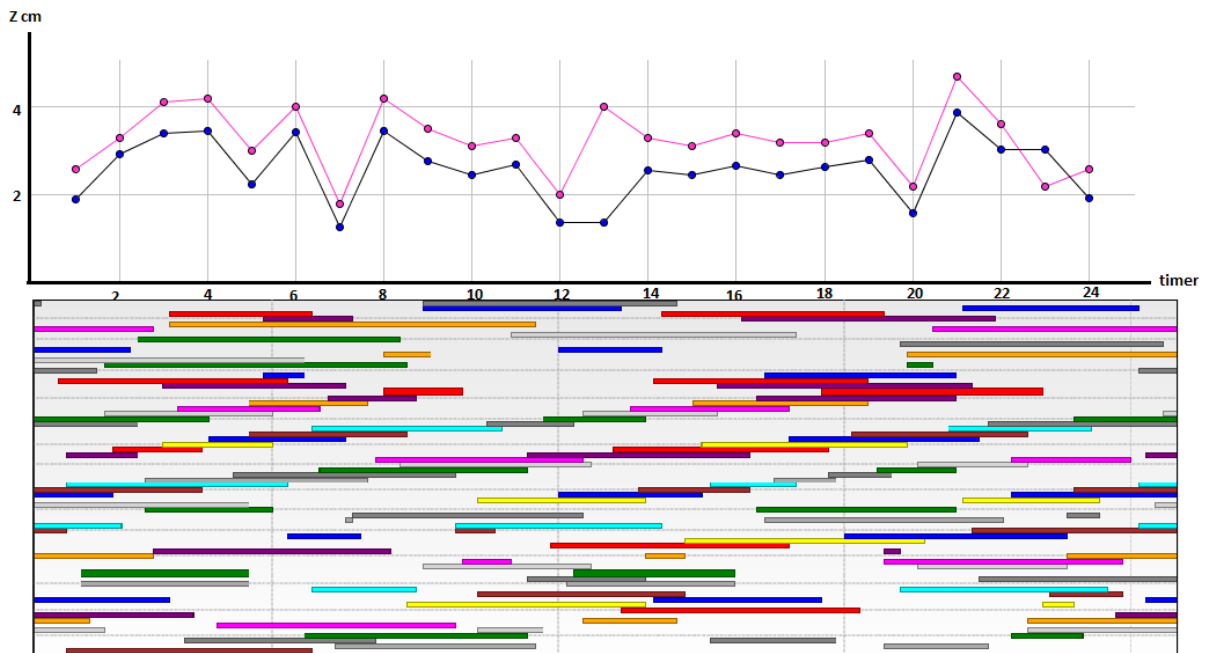
Heldigvis er det gjort så mye testing av dette, at vi kan støtte oss til sentralgrenseteoremet og derfor si at landmålingsdata er normalfordelte og at vi derfor kan benytte de statistiske testene vi til daglig har stor nytte av. En må dog merke seg viktigheten av å ta alle resultater med en klype salt, og huske at statistikk kan ikke stoles blindt på. Visualisering av målingene i Geogebra. Først plott med Nord- og Østkoordinat, blå punkter viser middel mens rosa punkter viser veid middel.



F1.3 NØ-plott med middel og veid middel av hver måling

Her kan vi se ett ganske representativt bilde på hvordan satelittmålinger oppfører seg. Vi ser også ett godt eksempel på at måleutstyrets angivelse av 2d-kvalitet er standardavvik, og ikke må forveksles med middelfeil eller toleranse. 2D-kvalitet har under målingene stort sett vært angitt til 0.6-0.9mm og vi ser her at brorparten av målingene ligger innenfor den angivelige spredningen.

Deretter figur med tidsakse med z-koordinat:



(10) *F1.4 Høyde lags tidsakse, sammenstilt med satellittenes synlighet*

Her har vi også med synligheten til satellittene omtrentlig i det tidsrommet vi målte. Her kan vi se tendenser til hvordan koordinatene danner ett svakt mønster, og vi kan nok anta at dette mønsteret under normale forhold ville fortsatt på samme måten, hadde vi fortsatt å måle. Vi har valgt bruke bildet av høyden siden disse kaster mest på seg. Vi ser også at de veide midlene ligger jevnt over noe høyere enn de vanlige midlene. Dette skulle tydelig vise viktigheten av informasjonen om koordinatenes standardavvik og sammenblanding fra den enkelte satellitt.

T1.1 Middel, standardavvik for enkeltmålingen og middelets standardavvik

Videre over til nærmere analyser av målingene våre. Vi har analysert målingene i programvare med samme id på de tre innmålingene bak hver måling, med lite å påpeke. Men vi ønsker å se på målingenes spredning med vanlig og veid middel. Her er verdiene hentet fra regneark, avrundet til tre desimaler og alle verdier i cm. Tabell 1.

	Middel	S Enkeltn	S middel
N	3.875	0.358	0.073
N veid	3.8	0.362	0.074
Ø	9.367	0.279	0.057
Ø veid	9.4	0.323	0.066
H	6.6	0.732	0.149
h veid	7.3	0.811	0.165

T1.2 Differanser mellom midlene, standardavvikene for enkeltmålingen og midlenes standardavvik

Differanser mellom middel og veid middel fra regneark, avrundet til tre desimaler. Alle verdier i cm. Tabell 2.

	Middel	S Enkeltn	S middel
N	0.075	0.005	0.001
Ø	0.033	0.044	0.009
h	0.7	0.078	0.016

dok-fil, veid endelig middel.

NYBESTEMTE KOORDINATER MED MIDLERE FEIL [meter]						
PUNKT	N	E	H	SN	SE	SH
B1	6740518.238	591466.494	183.873	0.001	0.000	0.001

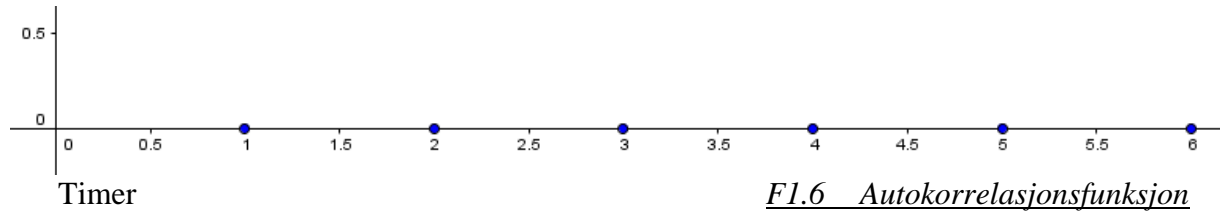
F1.5 Utsnitt fra dokumentasjonsfil fra utjevningsprogramvare

For dem som har tatt dok-filen fra denne utjevningen nærmere i ettersyn, kan vi opplyse om at den ene, lille grovfeilen som er med, ikke er en forglemmelse. Siden t-test ikke er beregnet for overbestemmelse nesten på grensen til signifikansdød, og desimalgjerrigheten i programvaren hva vektning angår gjør denne ytterst ufølsom, har vi valgt å la den lille grovfeilen være i fred. Det skyldes også at målingene i utgangspunktet hadde en, for gnss-målinger å være, fin M0, og svarte veldig fint på skaleringen. Da beholder vi den viktige informasjonen fra gps-beregningen heller enn fra instrumentparameter. En kunne også spørre seg hvorfor man bare ikke fjernet målingen, men man skal ikke ha jobbet mye med helsatser før det sier seg selv. Når valget står mellom å fjerne målingen, overdreven nedvektning eller å beholde den med en anelse høy t-verdi, er etter vårt syn det riktigste å beholde målingen.

Selv om det ikke kan stikkes under en stol at det er litt på kanten å forsvare en måling som er påvist som grovfeil, enn hvor liten den måtte være. Det kan heller ikke understrekes for ofte at målt er målt, og alle målinger er uskyldige inntil det motsatte er grundig bevist. Tidligere erfaringer med høy grad av overbestemmelse kombinert med ufølsom vektning, sår rimelig nok tvil om målingens skyld til at vi lar den være med i videre beregninger.

Her er autokorrelasjonsfunksjonen som vi etter mye prøving og feiling klarte å regne ut i regneark, her er funksjonen fremstilt grafisk:

Korrelasjon



F1.6 Autokorrelasjonsfunksjon

Som vi ser er det minimalt med korrelasjon med måleintervall på 1 time gjennom ett døgn, og derfor lite relevant å vekte målingene i henhold til denne autokorrelasjonen. Denne er også lite brukbar, da vi ikke har halvparten av det antallet målinger man burde ha for å beregne autokorrelasjon. Vi har til videre undersøkelser lært at man må ha betydelig mer data, og mye kortere tidsrom mellom målingene våre. Vi må også huske at dette er en liten dataserie fra ett enkelt døgn, og ikke brukbar til annet en læring.

Oppsummering.

Her kan vi se, til tross for den ubrukelige autokorrelasjonsfunksjonen, hvordan nettopp tidsavhengigheten under normale forhold er CPOS-målingenes mest markante karaktertrekk. Dette kommer tydeligst frem i høyden da geometrien i vår frioppstilling mot fastmerker i verdensrommet gir denne den mest utydelige skjæringen. Ut fra sammenstillingen mellom middel og vanlig middel kan man også se tydelig at man ikke kan undervurdere informasjonen i 47- eller 44-blokken som inneholder standardavvikene i nord, øst og høyde, og deres grad av sammenblanding.

Spesielt kommer dette godt til syne i høyde. Som vi kan se av den omtrentlige sammenstillingen mellom høydene og satellittenes synlighet, vises godt satellittenes 12-timerssyklus. En kan også ane hopp i koordinatgrafen dersom det kommer eller forsvinner satellitter mellom måletidspunktene. Det er også forskjell på hvor mange satellitter man har tilgjengelig, og hvor lenge de er synlige. Er de synlige i kort tid, er de bare så vidt oppom elevasjonsmasken. Det kan se ut som man får hopp i koordinatene dersom det i måletidspunktet er flere satellitter med kort synlighet. Dersom de bidrar på en måling, men ikke på de forutliggende eller påfølgende vil dette bli synlig ved et grafisk oppsett av koordinatene lags en tidsakse som vist ovenfor.

Det skulle under alle omstendigheter være sikkert at man kan ikke sette sin lit til en enkelt måling. En må også stille spørsmålsteget ved programvarens store optimisme. De gode resultatene fra målingene skyldes i dette tilfellet en meget høy grad av overbestemmelse, langt over det man vil oppleve i en vanlig jobbsituasjon. En må derfor være meget oppmerksom på at utjevningen av det nybestemte punktet må gjøres med grunnlag av middelet mellom de tre innmålingene. Disse tre målingene kan sammenliknes med måling av fullsatser.

Man måler fullsatser for å kompensere for instrumentenes akseskjevheter, og vi måler tre ganger med fullstendige av-/på-sykluser for å kunne oppdage grove feil. Med fullsatser er det middelet av en fullsats som brukes til å regne ut det endelige middelet, og dette må også etterfølges i utjevningen av CPOS-fastmerker. Dersom man måler etter kartverkets metode, skal det derfor ligge tre målinger bak det endelige middelet, og ikke ni. Dette vil gi en betydelig forskjell i standardavvikene.

Som vi ser av de beregnede standardavvikene gir 24 målinger en enorm overoptimisme, da det er veldig stor sammenheng mellom standardavvikene og antall målinger. Siden programvaren kun gir oss standardavvik i mm, er det ikke godt å få gjort en riktig god sammenligning, men en kan begynne å undres hvorfor programvaren, dersom vi skal stole på våre egne beregninger, ikke benytter vanlige avrundingsregler.

Når en sammenligner standardavvikene med qq-plottet, histogrammet og de grafiske fremstillingene av målingene i koordinatssystemet, ser man med det blotte øye at målingenes standardavvik vil gi ett alt for optimistisk inntrykk av målingene.

Det skulle under alle omstendigheter være sikkert at man kan ikke sette sin lit til en enkelt måling eller analyse, men må kunne planlegge måleserier og avlese analysen med bakgrunn i kunnskap og erfaring med målemetoden og analysens personlighet. Vi blir stadig mer klar over at det er landmåleren, og ikke instrumentet som bør være i fokus.

Refleksjon

Vi føler at planleggingen, utførelsen og analysen av demonstrasjonsmåling 1 har bidratt til å øke vår forståelse av CPOS-målingenes natur, som også var hensikten med oppgaven. Det er helt noe annet å erfare selv det man har blitt lært. Vi har også fått god mengdetrening med instrumentene, noe som vil forminske sjansen for menneskelige feil når vi skal gjøre de målingene som skal inngå i selve bacheloroppgaven.

Vi har også lært at man må sette seg inn i de forskjellige analysemetodenes forutsetninger *før* man planlegger måleseriene, ellers blir man sittende med mye ubrukelige data. Hadde denne øvelsen hatt ett annet formål enn å bli bedre kjent med CPOS-metodens personlighet hadde datafangsten ikke vært i nærheten av tilstrekkelig.

Vedlegg 1.2 Demonstrasjonsmåling 2



F2.1 Illustrasjonsbilde tatt ved innmåling

Innledning.

Utførende landmålere vi har pratet med i forkant og under arbeidet med bacheloroppgaven har bemerket at det er viktig å holde toppen av antennen noenlunde tørr under måling. Det menes at vannfilm på toppen av antennen kan forringe resultatene. Det er også litt forskjellige meninger om hvor mange posisjoner man bør logge under registreringene, og det hevdes at desto flere posisjoner man logger i hver måling, desto bedre.

Metode.

For å teste dette, gjennomførte vi målinger med forskjellig grad av forstyrrelse på overflaten av antennen. Her satte vi antallet til 1000 posisjoner, da dette var det meste denne antennen hadde å by på. Vi ville se om antennen fikk vanskeligheter med å beregne utføre arbeidet sitt, og hvordan dette ville påvirke 3DKK.

Vi gjorde også målinger med forskjellig antall posisjoner for å se om dette hadde stor innvirkning på koordinater og målingenes standardavvik.

Resultater.

Da vannfilm øyensynlig ikke hadde noe videre betydning for antennens prestasjonsevne, besluttet vi å bruke noe av krimskramset fra høstens gravearbeid som hadde smeltet frem.



F2.2 Illustrasjonsbilder av situasjon tatt ved innmåling

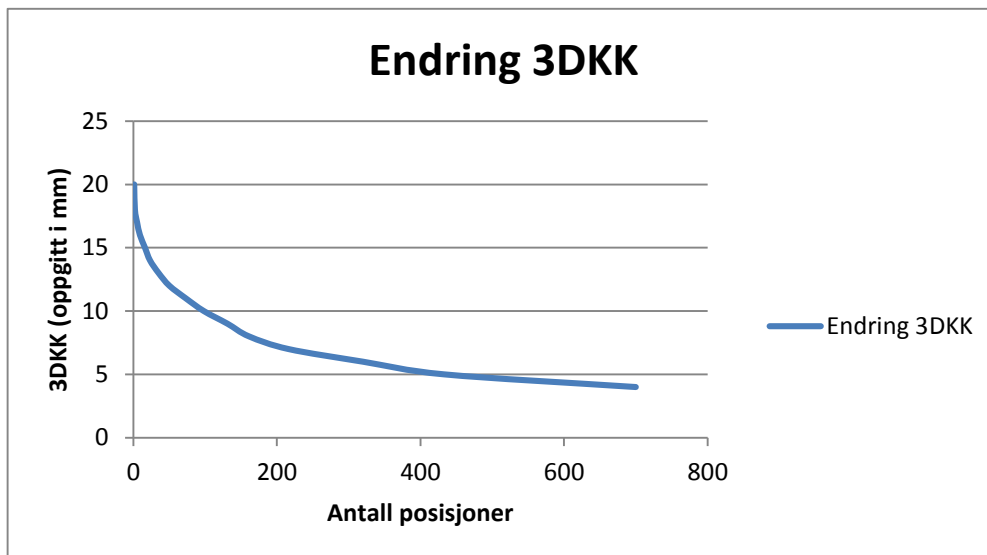
Antennen hadde ingen hørbare innvendinger.

T2.1 Oversikt over siste del av koordinat (N,Ø,h) i mm og tilhørende standardavvik

Alle verdier i mm	N	Ø	h	sN	sØ	sh
Uten forst. vann	37	94	32	0,5	0,2	0,9
Sløyfe	38	96	40	0,5	0,3	0,9
Isolasjon	46	92	44	0,5	0,3	0,8
Planke	42	104	42	0,5	0,3	0,7
	43	104	71	0,8	0,4	0,8

Alle verdier i mm.

Etter det vi kan se, hadde antennen ingen store vanskeligheter med å utføre sitt arbeid, på tross av forstyrrelsene. Og videre ser vi intet mindre enn et imponerende standardavvik. Men vi bet oss merke i at 3DKK sank betydelig. Vi utførte noen målinger der vi noterte oss endringer i 3DKK, og på hvilke posisjon dette skjedde.

*F2.3 Graf som illustrerer endring i 3DKK ved forskjellig antall posisjoner*

Her ser vi ett tydelig mønster, og det er ikke ofte man må stifte bekjentskap med middelets standardavvik før man kjenner igjen denne oppførselen. Videre ser vi antallet posisjoner under kortere måleserier. Her ser vi en klar sammenheng mellom antall posisjoner og koordinatenes standardavvik.

T2.2 Koordinat og standardavvik i forhold til antall posisjoner.

Posisjoner	N	Ø	h	sN	sØ	sh
30	41	87	48	2,4	1,5	5,1
20	42	90	51	3	1,8	6,6
15	38	91	47	4,1	2,3	12,4
10	44	93	62	4,5	2,8	11,9
7	48	92	57	5,5	3,3	14,2
5	53	91	71	7	4,1	21,5
3	49	90	69	8,8	5	24,6
2	51	84	77	9,8	6,3	25,9
1	47	87	61	12,9	8,4	32,2

Alle verdier i mm.

Oppsummering:

I lys av dette er det ikke rart at det menes at mange posisjoner gir bedre resultater. Men er resultatene egentlig bedre, eller ser de bare bedre ut?

Med disse resultatene i bakhodet og ikke minst programvarens manglende evne til å skalere standardavvikene, ser det ikke verre ut enn anslaget fra tidligere oppgaver, 10 posisjoner, er for meget dersom man ønsker realistiske resultater.

Vedlegg 1.3 Demonstrasjonsmåling 3

Oppskrittingsforsøket

Innledning.

For å bli bedre kjent med CPOS som målemetode, og de statistiske testene vi benytter oss av for å analysere data, vil vi utføre noen små måleserier som vi har valgt å kalle demonstrasjonsmålinger. Ved hjelp av oppskrittingsforsøket vil vi få mer øvelse i dataanalyse, og se hvordan overbestemmelse kan gi noen ganske overraskende resultater.

Metode

For å se nærmere på skyggesiden til spredningmålets standardavvik vi ofte bruker for å angi en måleseries kvalitet, og ennå viktigere, middelets standardavvik, har vi laget et eget forsøk med kun dette formålet for øye. Gjennom hele studieløpet har verdien av best mulig overbestemmelse blitt grundig innprentet, men etter egne erfaringer fra tidligere øvelser er det fullt mulig å også få for mange overskytende målinger. For å demonstrere dette på en enkel måte, skal vi se på en målemetode for avstand vi vet ikke er spesielt nøyaktig; nemlig den klassiske oppskrittingen.

Selve forsøket gikk over to dager, der to tapebiter markerte en avstand. Vi kunne lokke med muffins og kaffe for å få mest mulig målinger. For å få studentene til å etterstrebe en mest mulig nøyaktig oppskritting hadde vi annonsert forsøket som en undersøkelse av hvilken avdeling som var best til å skritte opp en avstand, i tillegg til at den som kom nærmest fasiten vant ett Brett med hjemmebakete kanelsnurrer. Et skår i gleden var at informasjonskanalen innsida kanskje ikke fungerte så godt som ønsket, og vi dermed ikke fikk noe særlig deltagelse av studenter fra HOS. Dette fordi de vanligvis ikke har undervisning i A-bygget. Vi hadde også en liten gruppe deltakere som ikke hadde krysset av på tilhørighet, og ble kun tatt med når alle målingene skulle analyseres.

Av praktiske hensyn ble forsøket utført innendørs, og med håp om størst mulig deltagelse uten å forstyrre forelesninger eller at oppskrittingen skulle bli forstyrret av forbipasserende, valgte vi å ha forsøket i inngangspartiet på Atriet. Det vi ikke hadde forutsett, var at tanken på ett Brett med hjemmelagde kanelsnurrer fremsto så forlokkende på studentene at de begynte å ta i bruk helt andre oppmålingsmetoder enn det vi hadde tilsiktet.

Vi så ganske fort at å legge forsøket til ett sted med kort avstand og kvadratiske fliser var en dårlig idé. Til tross for dette lot studentene seg instruere i at det var oppskritting som målemetode vi var interesserte i, og ikke studentenes evne til grunnleggende hoderegning og andre kreative måter å komme nærmest mulig fasiten. Vi var smått urolige for at forsøket vårt ikke ville fungere etter hensikten, og vi så for oss en ny langhelg med muffinsbaking.

Hadde dette vært ett forsøk kun fokusert på oppskritting som målemetode, kunne vi bare reist på butikken og handlet ingredienser med en gang. Men til vårt formål, og som vi senere skal se av resultatene, skulle dette ikke medføre for stor forpurring av datafangsten vår. Samtidig som forsøket forløp ble alle resultater samvittighetsfullt registrert i regneark, og fordelt på tilhørighet. En eske med orginaldata kan få lånes på etterspørsel for dem som måtte ønske å gå forsøket nærmere i ettersyn.

Etter forsøket var avsluttet, skulle avstanden måles opp. Dette viktige oppdraget ble utført av tre ansatte ved skolens geomatikkseksjon, som alle utførte målingen to ganger med to forskjellige målebånd. Videre skal datafangsten analyseres. Vi må først bli nærmere kjent med dataserien ved hjelp av grafiske fremstillinger som viser målingenes fordeling før vi beregner standardavviket på en enkeltmåling, og til sist, middelets standardavvik.

Selv om dette for oss ikke er hovedfokus, må vi også se på hvilke avdeling som er best på oppskritting av avstand.

Resultater

Siden målemetoden er såpass grov, og innmålingen av avstanden ble gjort med forholdsmessig stor sikkerhet, har vi tatt oss den frihet å bruke innmålingen som fasit, for å kunne utføre analyser mot sann feil. Fasit: 3,8425 m

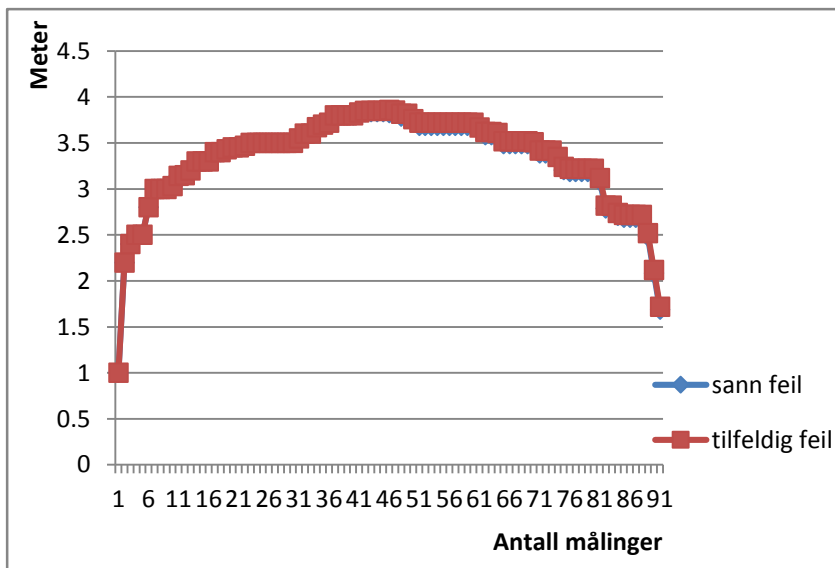
Nedenfor følger nøkkeldata om de forskjellige datasettene. For å bli ytterligere kjent med måleseriene har vi også fremstilt disse grafisk, der vi ser til vår store forbauselse at de fleste dataseriene oppfører seg ganske normalfordelt, dog med en meget flat klokkefasong.

IMT, 91 deltakende studenter

T3.1 Nøkkeldata IMT studenter

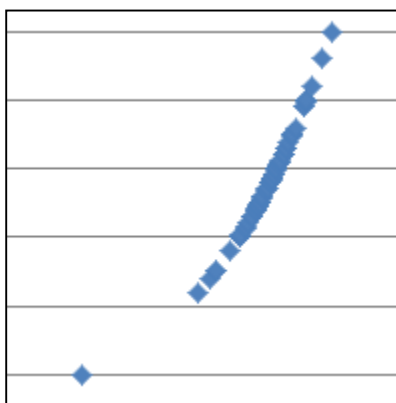
Her ser vi den gruppen som hadde den største spredningen, men som også hadde det middelet som var absolutt nærmest sann feil. På tross av den store spredningen, ser vi også at det beregnede middelet har et standardavvik på 7.7cm, noe som er betydelig bedre enn hva dataserien skulle forespeile.

Min	1m
Maks	6m
Middel	3.8591m
Median	3.86m
S tilfeldig feil	0.7349m
S sann feil	0.7311m
Sm tilfeldig feil	0.077m



F3.1 Graf med IMT-målinger høyere enn middelet som har blitt korrigert med avstanden til middel.

Som vi ser av den grafiske fremstillingen av måleserien der målinger høyere enn middelet har blitt korrigert med avstanden til middel, oppfører målingene seg rimelig normalfordelt. Det kan ved denne fremstillingen se ut som klokken blir fort brattere i endene. Vi skal videre se at dette ikke er tilfelle.



Her er målingene visualisert i ett qq-plott. Dersom målingene ligger på en rett linje, kan vi si at de er helt normalfordelte. I praksis er en helt rett linje nesten for godt til å være sant, og man må derfor gjøre en helhetlig vurdering av hvert enkelt datasett. Her ser vi en slak bøy, som ofte indikerer at klokken i dette tilfellet vil være tyngre på den ene siden. Dette er en sterk indikasjon på en flat klokke med brede «haler». Til vårt bruk, skulle målingene være normalfordelte nok til at man kan lene seg tilbake og vise til sentralgrenseteoremet.

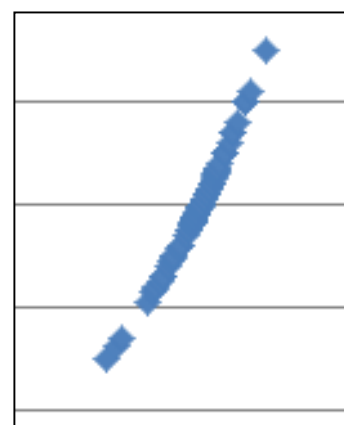
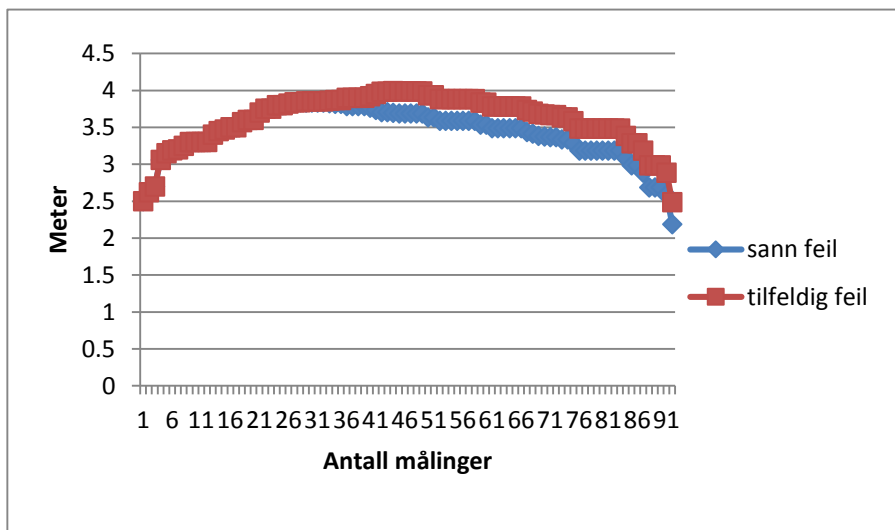
F3.2 Målinger I QQ plott

TØL, 92 deltakende studenter

T3.2 Nøkkeldata TØL studenter

Her er den gruppa som hadde det største avviket frå fasiten, men samtidig også hadde det beste standardavviket på tilfeldig feil. Vi legger også merke til i diagrammet nedenfor at studentene ved TØL har en tilsynelatende fin normalfordeling, men at de ligger jevnt over en del høyere enn fasiten. QQ-plottet er også her noe rettere, og avslører også her brede haler på normalfordelingsklokka.

Min	2.5m
Maks	5.5m
Middel	3.9918m
Median	4m
S tilfeldig feil	0.5295m
S sann feil	0.5474m
Sm tilfeldig feil	0.0552m



F3.4 TØL-Målinger I QQ plott

F3.3 Graf med TØL-målinger høyere enn middelet som har blitt korrigert

T3.3 Nøkkeldata Ansatte med avstanden til middel.

Min	3.37m
Maks	5.029m
Middel	3.9317m
Median	4m
S tilfeldig feil	0.5538m
S sann feil	0.5356m
Sm tilfeldig feil	0.1669m

ANSATTE, 11 deltakende

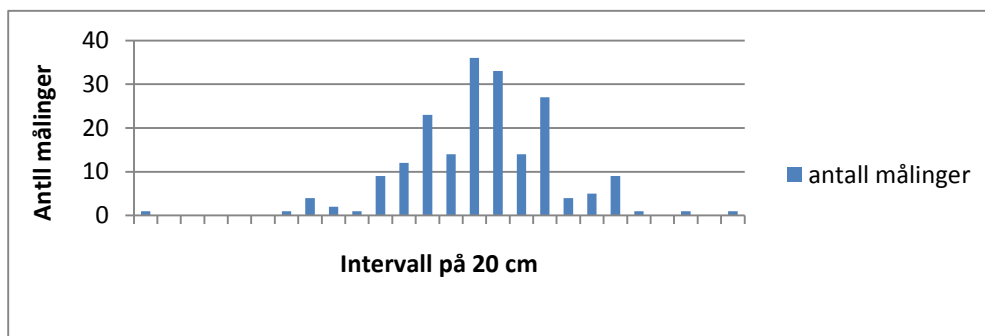
Dette var den gruppen med desidert minst deltagelse, og med størst forskjell mellom middel og median. Dette kan kanskje indikere at de ansatte kan ha noe kortere steglengde enn studentene, men før vi gnir oss i hendene på våre medstudenters vegne, må det også tas i betraktning at det også var den gruppen med absolutt minst spredning på målingene. De ansatte har også det laveste standardavviket målt opp mot sann feil.

T3.4 Nøkkeldata for alle deltakere

Min	1m
Maks	6m
Middel	3.9246m
Median	3.97m
S tilfeldig feil	0.6315m
S sann feil	0.6353m
Sm tilfeldig feil	0.0449m

ALLE, totalt 199 deltakende

Her er alle målingene tatt med i samme beregning, og som vi ser er det her ett stort sprik i målingene. Vi ser også at det her er ett middel som er betydelig høyere enn fasiten, og at medianen igjen øker i forhold til middelet. Dette kan ofte være et tegn på at den god del av målingene er høyere enn middelet. Men vi har ingen anelse om hvordan de mellomliggende målingene som ikke er beskrevet i tabellen ser ut.

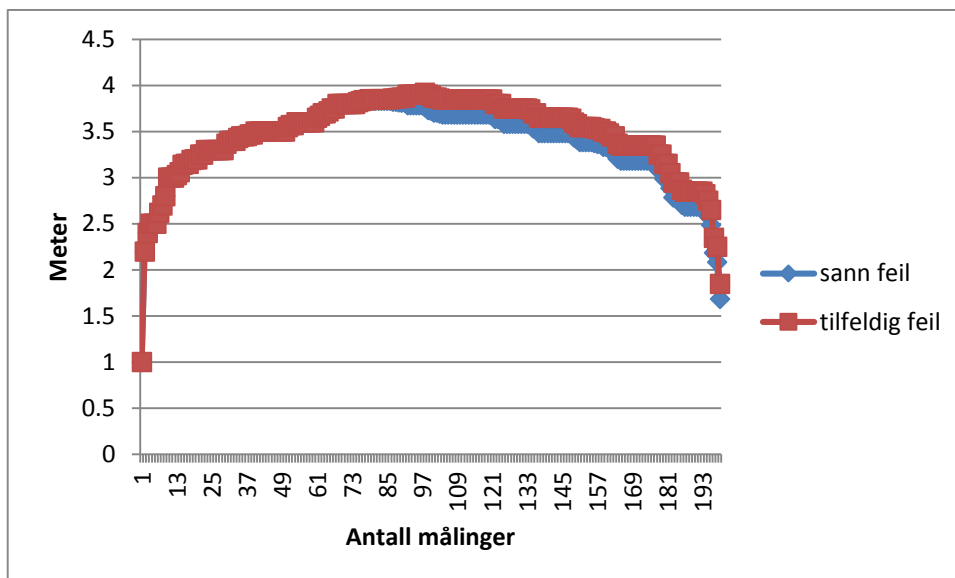


F3.5 Histogram

Det kan i teorien være ingen målinger mellom 4 og 4.5 meter, og mange målinger på 5 meter. La oss få på plass noen visuelle hjelpemiddel for å se nærmere på dataserien. Nå har vi såpass mange målinger at det skal la seg gjøre å vise dem i ett histogram på fornuftig vis.

Her med intervaller på 20 cm. Litt eksperimentering med intervaller gav ikke noe særlig bedre visuelt resultat. For at histogrammer skal se fornuftige ut, må man gjerne ha betydelig større datamengder enn vi klarer å skrape sammen uansett hvor mange muffins vi baker. Histogrammet er allikevel ikke bortkastet, da det på en god måte viser den store spredningen i dataserien. Om man virkelig legger godviljen til kan man ane ett lite snev av normalfordeling.

Som vi ser av histogrammet, ville en eventuell normalfordelingsklokke blitt veldig flat, og med brede haler. Dette sier oss at vi har en stor spredning i datasettet. Noe den grafiske fremstillingen og qq-plottet også vitner om.

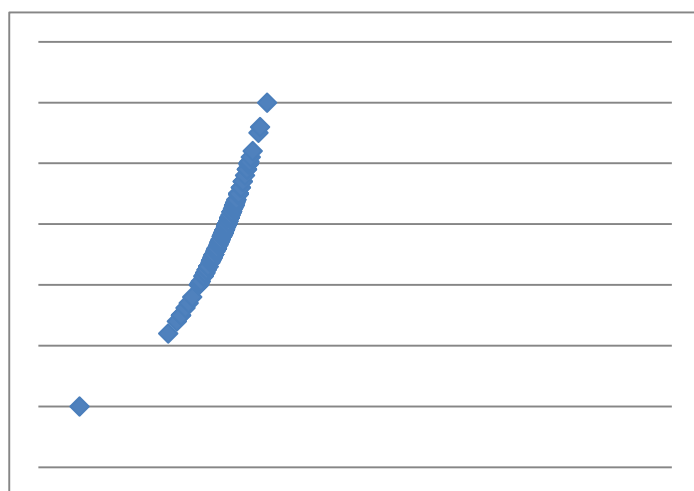


F3.6 Graf med alle målinger høyere enn middelet som har blitt korrigert med avstanden til middel.

Når vi samler all data i en serie, ser vi det samme som når vi har sett på de to største gruppene med målinger, IMT og TØL. At vi har en dataserie som ligger noe tyngre mot de høyere verdiene, og har stor spredning. Vi skal se nærmere på hva som kan skjule seg bak denne.

Min	2.2m
Maks	5.6m
Middel	3.9289m
Median	3.97m
S tilfeldig feil	0.5857m
S sann feil	0.5808m
Sm tilfeldig feil	0.0414m

T3.5 Nøkkeldata for alle deltakere etter grove feil er fjernet



F3.7 Alle målinger I QQ plott

Nøkkeltallene og de visuelle fremstillingene av datasettet kan også antyde at vi har grove feil blant målingene våre. Som en tommelfingerregel i landmåling kan man med omtrent 95% sannsynlighet si at en måling som ligger lenger unna middelet enn tre ganger standardavviket er en grov feil. Etter å ha beregnet maksfeilen, er det to målinger som ligger utenfor. Målingene på henholdsvis 1 og 6 meter kan med stor sikkerhet sies å være grove feil. La oss gjenta beregningene, og se på resultatene.

Her ser vi at min og maks er betydelig forbedret, og vi kan også se en svak økning av middelet. Det er også en forbedring på omtrent 5cm på enkeltmålingenes standardavvik, og en liten forbedring på middelets standardavvik. Det er ikke mange flere målinger som skal fjernes før resultatene forbedres betraktelig, men man skal være ytterst forsiktig med å lukke målinger. Vi holder oss til å fjerne de to målingene som etter første runde ble påvist som grove feil med stor sikkerhet, selv om vi nok kunne fjernet flere uten å miste nattesøvnen av den grunn. Men til syvende og sist er alle målinger uskyldige inntil det motsatte er bevist.

Selv om t-test må taes med en klype salt grunnet antallet målinger, vises ikke gruppene å være forskjellige fra hverandre. Men dersom en tester gruppene opp mot fasiten, kan vi med 90 prosent sannsynlighet si at studenter fra TØL ikke er det sterkeste kortet hva oppskritting angår.

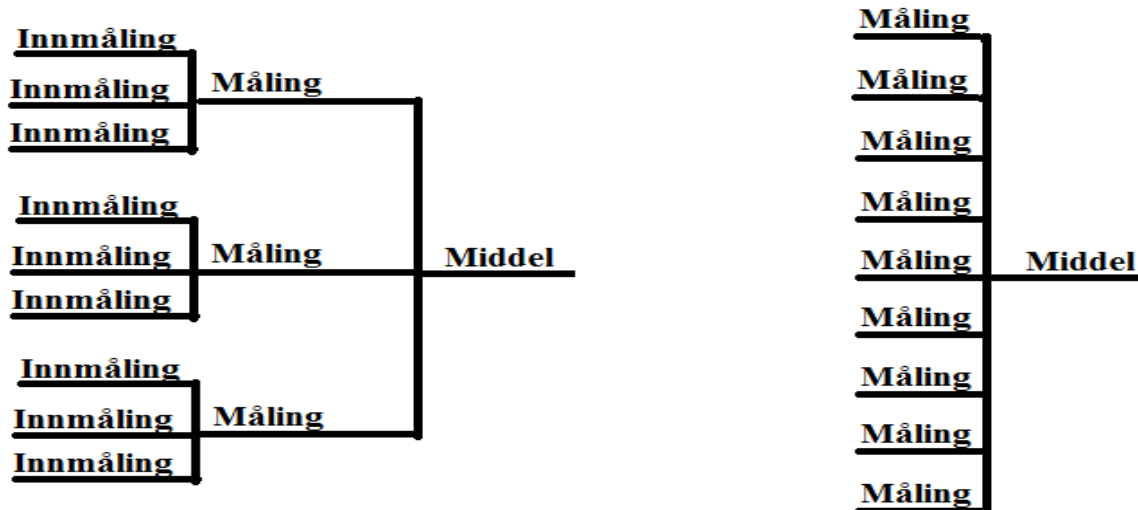
Oppsummering

Det har gjennom hele analysen av datasettet blitt skriftlig og visuelt poengert at vi har en dataserie med stor spredning. Vi kan allikevel vise til at middelets standardavvik ikke er større enn vel 4cm. Da kan man selvfølgelig undre seg på hvordan dette har gått til. Vi har ikke gjort noe annet enn å følge de velkjente formlene for enkeltmålingen og middelets standardavvik. Det vi imidlertid har gjort, er å vise at en meget unøyaktig målemetode kan gi ett middel med et standardavvik på betydelig mye mindre enn hva målemetoden skulle tilsi. Vi kan nesten si at oppskritting er en meget god målemetode, bare man har kort nok avstand, nok tilgang på studenter og er villig til å bake nok muffins. Og det er her forsøket begynner å bli relevant for temaet for vår bacheloroppgave. Når man skal bruke landmålingsprogramvare for å finne den mest sannsynlige koordinaten på ett punkt, er vi om mulig ennå mer interesserte i en beskrivelse av denne koordinatens pålitelighet. En sannsynlig koordinat finner man alltid tak i, men å sette tall og ord på denne koordinatens pålitelighet kan vise seg å være enklere sagt enn gjort. Når man benytter seg av målemetoder der den mest sannsynlige koordinaten er middelet av nok ett middel, møter vi utfordringer i programvare.

Det er flere meget vanlige situasjoner der dette forekommer, blant annet mellom totalstasjon-målinger av fullsatser for å minimere systematiske feil. Man måler også flere satser for å beskytte seg mot grove feil.

Når man utfører CPOS-målinger måler man tre eller flere ganger rett etter hverandre der man slår instrumentet fullstendig av og på mellom målingene. Deretter venter man ett gitt tidsrom før man igjen måler på samme måte.

Denne prosedyren gjentar man minst tre ganger etter ett fastsatt tidsmønster. Det sier seg her at man ender opp med flere innmålinger enn målinger.



F3.8 Figur av 2 måter å behandle malinger ved utjevning

Som vi ser av figuren på forrige, har vi to scenarioer som for utjevningsprogramvare med to sider av samme sak. Men som vi har lært av forsøket, har antall målinger en dramatisk effekt på middelets standardavvik. Formålet til utjevning vil dermed stå enda sterkere, siden vi ofte har færre målinger enn i ett slikt forsøk. Dette grunnet formlenes bruk av kvadrering og ikke minst kvadratrøtter.

Det er stor forskjell på kvadratroten av 3 og kvadratroten av 9, men ikke i nærheten like stor forskjell som mellom for eksempel kvadratroten av 150 og kvadratroten av 200.

Når det gjelder CPOS-målinger blir dette spesielt viktig siden vi vet at målesituasjonen forandrer seg med tid. Derfor vil tre målinger gjort med flere timers mellomrom medbringe mye mer ny informasjon til beregningen enn tre målinger tatt rett etter hverandre. Men for programvaren er heller ikke dette av betydning.

Løsningen på dette er å først jevne ut de innmålingene som ble tatt i samme tidsrom, og deretter behandle disse og deres nye standardavvik som enkeltmålinger videre i beregningen.

Men da mister man deler av den verdifulle informasjonen fra GPS-beregningen, da de nye punktene kun får informasjon om standardavvik og ikke koordinatenes sammenblanding. Sistnevnte problem har vi i skrivende stund ikke klart å løse i landmålingsprogramvare, men det lar seg lett løse ved matriseregning i dertil egnet regneprogram.

Det skulle i alle tilfeller være sikkert at overbestemmelse må behandles riktig, og er ikke nødvendigvis løsningen på alle problem. Når vi ser hvordan overbestemmelse kan få oppskritting til å fortone seg som en rimelig nøyaktig målemetode for avstand, kan en ikke undervurdere hvor stor grad av overoptimisme denne kan tilføre analyser av CPOS-målinger.

Vi kan avrunde med å si: Dersom noe som ikke skal være bra, kan se veldig bra ut, skulle det ikke være utenkelig at noe som ser bra ut, nødvendigvis trenger å være det.

Vedlegg 1.4 Demonstrasjonsmåling 4

Innledning.

For å bli bedre kjent med CPOS som målemetode, og de statistiske testene vi benytter oss av for å analysere data, vil vi utføre noen små måleserier som vi har valgt å kalle demonstrasjonsmålinger. I denne demonstrasjonsmålingen skal vi se på målinger med kort intervall over ett kortere tidsrom.

Metode.

Vi har i tidligere forsøk målt med en times intervall i ett døgn, vi skal nå forsøke å finne ut hvordan målingene arter seg dersom en oftere over ett kortere tidsrom. Siden vi i tidligere forsøk målte med en times intervall, ville det være interessant å se hva som kan ha foregått i timen mellom målingen. Vi vil derfor måle i en time. Intervallet mellom målingene satte vi til 15. sekund. Dette ble satt for å få håndterbare mengder med data, og samtidig få ett innsyn i koordinatenes vandring. For å gjøre målingene satte vi som før PDOP til maksimalt 5 og elevasjonsmasken til 15 grader. Vi logget i 3 sekunder, og lagret målingene automatisk. For å måle på en fast intervall satte vi i gang stoppeklokken på telefonen, og trykket på måleknappen hvert 15. sekund. Dette er på langt nær den mest nøyaktige måten å gjøre dette på, men igjen, dette forsøket skal kun brukes til å se hvordan målingene oppfører seg, og da skulle dette være tilstrekkelig. Dette er også en god øvelse i konsentrasjon, det er nemlig enklere sagt enn gjort å trykke på knappen hvert 15. sekund.

Etter at datafangsten er unnagjort, skal målingene analyseres. Vi har lært en del fiffige beregninger for å analysere målinger, men vi sitter igjen med en følelse av at det er de visuelle bildene som gir oss den beste følelsen med datasettet. Vi føler vi har mer igjen for å se på målingene enn vi har av å se på ett tall.

Målingene skulle også fra instrument til regneark, og vi har i ettertid forstått at det finnes veldig enkle måter å gjøre dette på. Vi har benyttet oss av den velkjente inntastingsmetoden, og tastet inn målingene, dog bare centimeter og millimeter. Det ble mye tasting i programvare, men vi fikk også på en grei måte kontrollert at tidsintervallene så noenlunde fornuftige ut.

Fordelen med å taste inn alle målingene selv, er jo at en får ett veldig godt innblikk i hvordan dataserien oppfører seg, og at man fort reagerer dersom man får uventede verdier. Man kan nesten trekke det så langt at en kan kalle manuell inntasting en form for analyse.

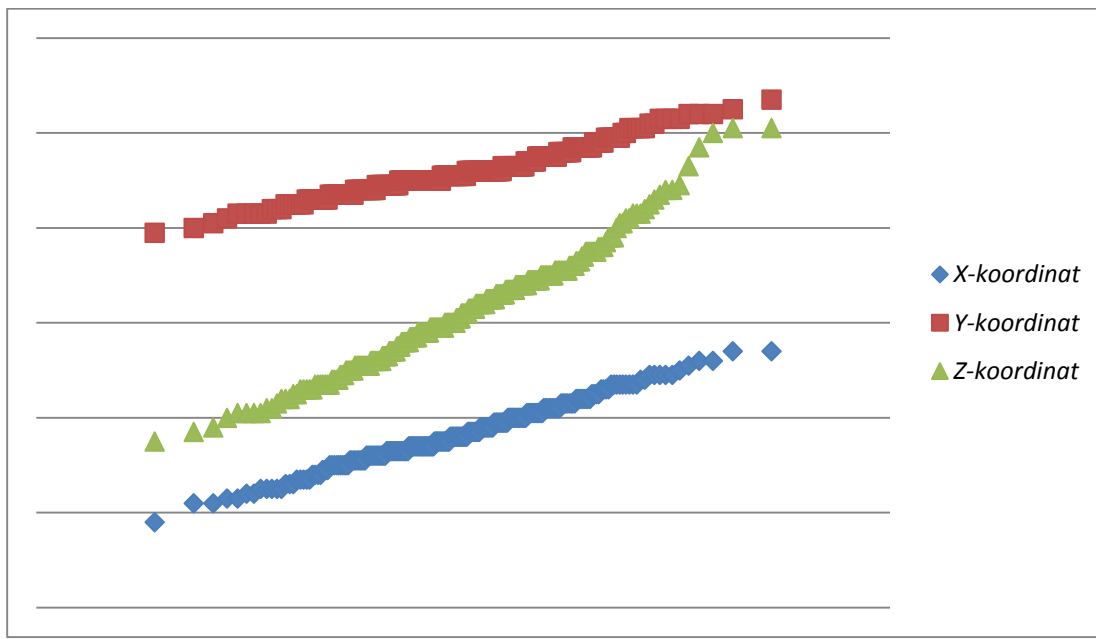
Resultater.

For å være sikre på at vi hadde en time med målinger, målte vi fem minutter ekstra. Disse målingene så også fine ut med tanke på intervallet, så vi tok dem med i de videre analysene. Vi har nå totalt 260 målinger, og her først noen nøkkeltall fra dataserien. Alle verdier i mm.

T4.1 Beskrivelse av dataserien

	N	Ø	h
Min	18	79	35
Maks	54	107	101
Middel	36.79	91.82	62.19
Median	36	91	62
Standardavvik	6.42	4.71	11.79

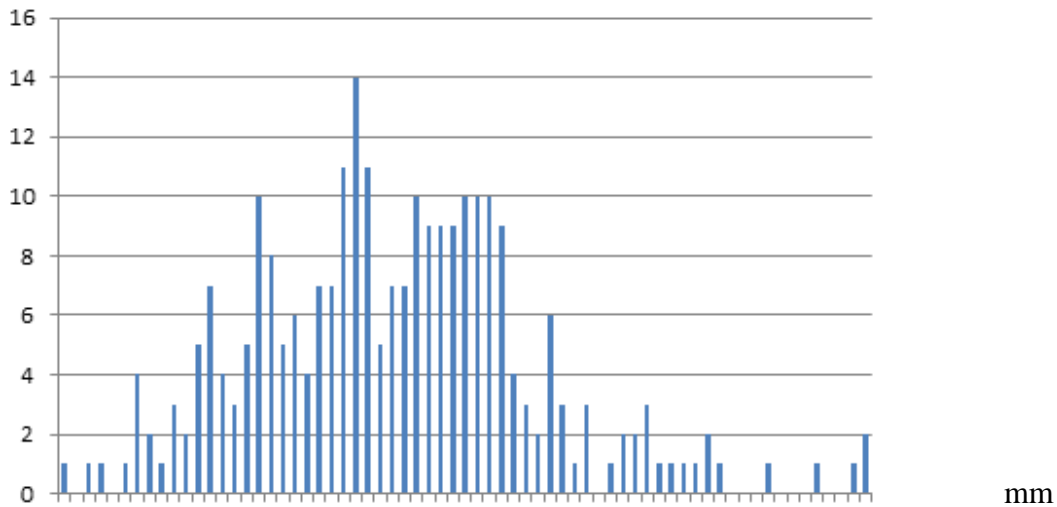
Først vil vi begynne med å se om hvordan dataene våre fordeler seg. For å kunne ha tillit til de analysene vi skal utføre, må vi vite at våre data er så godt som normalfordelte. Vi har funnet QQ-plott til å være en metode som er enkel og både utføre og forstå. For oss geomatikkstudenter kan en visuell fremstilling gjøre mye mer fornuft enn ett tall spyttet ut av en statistisk test.



F4.1 QQ-plott av målinger

Her ser vi at plottene for N- og Ø-koordinatene ser rimelig rette ut, og vi kan også se at punktmengden tynnes ut mot endene, noe som antyder en slak normalfordelingskurve med tykke haler. Men vi ser at plottet til høydene har en snodig krokform i den ene enden.

Antall målinger

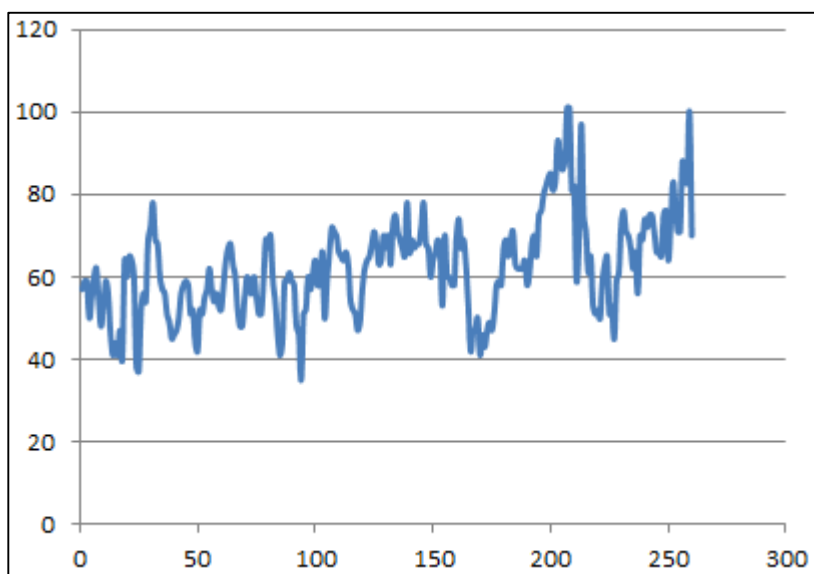


F4.2 Målinger i histogram

Her ser vi målingene for høyde vist i ett histogram. Her har vi sortert i antall målinger pr mm, stigende. Her kan en tydelig se høydemålingene strekke seg mer oppover enn nedover.

At noe litt spesielt kan ha inntruffet, kan man også se av høydemålingene når disse presenteres langs en tidsakse. Her er målingene i millimeter langs y-aksen, og målingenes nummer langs x-aksen. Når man ser mot enden av måleserien kan man selvfølgelig under seg på om målingenes hopp i høyde kan se ut til å ville gjenta seg dersom man hadde fortsatt å måle. Men dette er selvfølgelig intet annet enn spekulasjoner.

mm



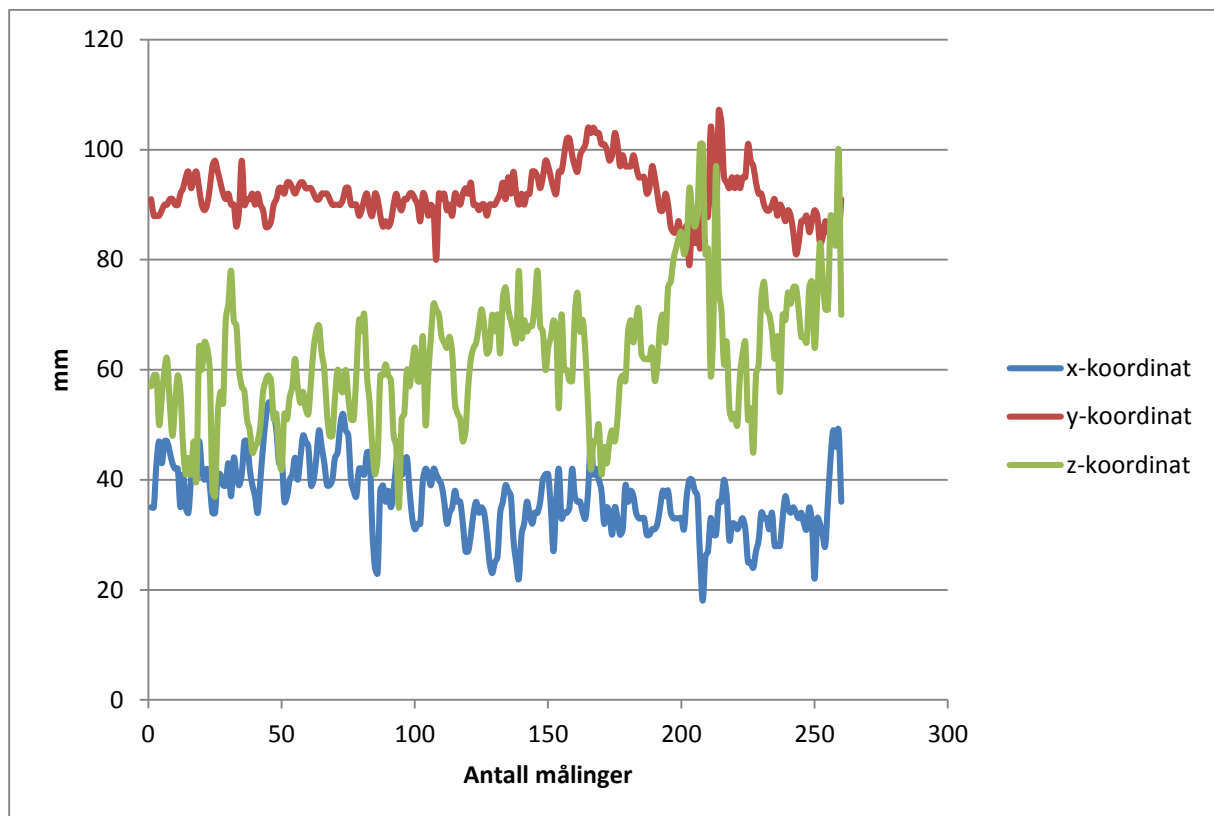
Antall målinger

F4.3 Høyde langs tidsakse

Listen over mer eller mindre tenkelig hendelser som kan ha inntruffet kan gjøres så lang som helst, og det ville selvfølgelig vært meget spennende å forfølge denne hendelsen med det mål for øye å finne ut hva som egentlig skjedde mot slutten av måletiden.

Men vårt mål med bacheloroppgaven er å finne ut om CPOS-målinger kan brukes til å anlegge fastmerker, og har først og fremst en praktisk vinkling av interesse for dem som faktisk skal anlegge disse fastmerkene.

Selv om det hadde vært veldig interessant og lærerikt å finne ut hva som har hendt, er det for vår oppgave viktigere å registrere at en slik hendelse har skjedd, og kan skje igjen, heller enn å finne ut akkurat hva som hendte. Her ser vi alle koordinatene i måleserien langs en tidsakse, der tidsenheten er en enhet per 15.sekund.

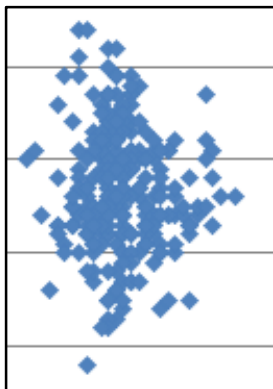


F4.4 Koordinater i måleserie langs en tidsakse

Her kan man se at selv om de tre koordinatene har sitt utsprang i de samme satellittene, kan man tydelig se at de har sine egne særegenheter. Nå er det ikke mulig å klaske en gyldig etikett på ett måleinstrument og mene noe om dets oppførsel ene og alene på bakgrunn av en drøy time med innmålinger, men man kan notere seg bak øret at de tre seriene med koordinater har forskjellige grafiske uttrykk.

Dette tilfellet vil først og fremst være en god påminnelse om at man må se på koordinatene for seg selv, og gjerne koste på seg ett par øyeblikk der man forsøker å se for seg satellittene i sine baner rundt ekvator, og tenke over hvordan den geometriske skjæringen vil påvirkes av mottakerens plassering på jordoverflaten.

Dersom man tidligere har undre seg over hvordan man kan ha forskjellig standardavvik på og sammenblanding mellom koordinatene skulle denne figuren tydeliggjøre dette.

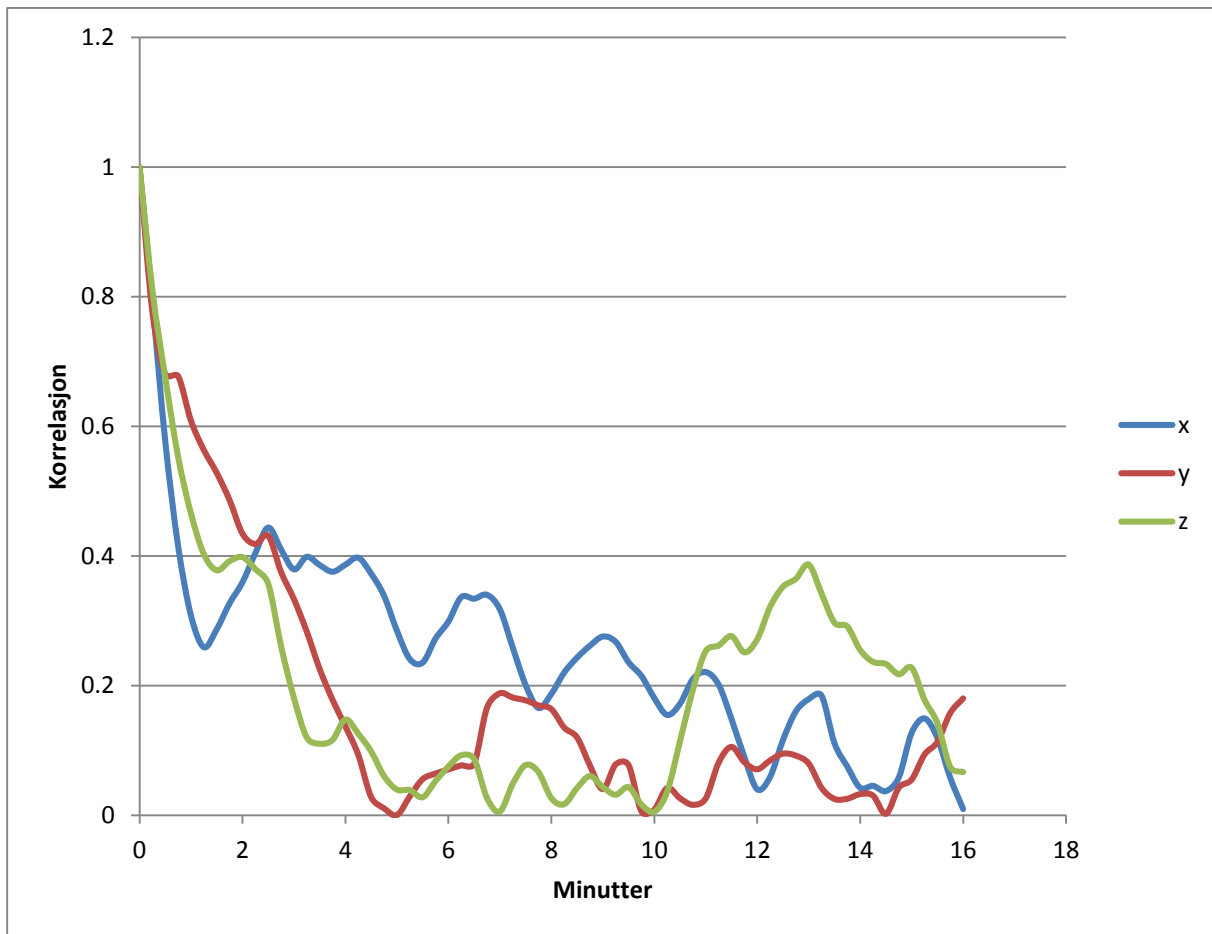


F4.5 NØ-plott av målinger

Her ser vi hvordan målingene ser ut i ett NØ-plott. Til forskjell fra demonstrasjonsmåling 1 se hvordan målingene later til å samle seg bedre mot midten av figuren. Denne figuren har også en ganske faktisk størrelse, omtrent 3x2cm.

Vi skulle nå også ha ett såpass antall målinger at vi kan regne ut en mer representativ tidssammenheng mellom målingene. Siden vi har 260 målinger skulle dette være akkurat tilstrekkelig for å regne ut tidssammenhengen mellom i hver koordinat i sett over 15 minutter.

Nå rekker en satellitt å flytte seg ganske mange kilometer på 15 sekunder, men sett fra mottakerens ståsted er det meget liten endring i retning og avstand fra denne og ut til våre kjentpunkter i verdensrommet. Men all den tid vi ut fra KOF-filen kan lese sekunder som minste enhet, skulle man gjerne også hatt muligheten til å beregne tidssammenhengen sekund for sekund. Men dette ville for oss ha medført uhåndterlige mengder med data, så vi får heller leve med noen lekkasjer i tidssammenheng-funksjonen vår. Her er funksjonen skalert, og viser antall minutter langs den liggende aksene. (Man skal vokte seg vel for å kalle en akse enten X eller Y, man vet jo aldri hvilken konvensjon man beveger seg i.)



F4.6 Tidssammenhengen mellom hver koordinat

Her kan vi se den meget forskjellige oppførselen til de tre koordinatene vår også komme tydelig frem, og vi begynner å få en gryende forståelse for hvorfor ingen vil ta på seg å beregne en gjennomsnittlig tidssammenheng-funksjon til bruk i utjevningsprogramvare. Man kan også undre seg litt over den pussige fasongen til de forskjellige koordinatene våre.

Men med så sjeldne målinger kan man vanskelig fokusere på noe annet en de mest tydelige tendensene, men man kan lure på kva som ligger bak den distinkte økningen i z-koordinatens tidssammenheng ved omtrent 13 minutter. Man kan også spekulere litt på om det kan ligge noe spesielt bak den tilsynelatende sykliske oppførselen til x-koordinaten. Men nok en gang er det ikke oppgavens formål å komme til bunns i målingenes snodigheter, enn hvor fristende dette måtte være, men man kan heller ikke glemme å notere seg at noe merkelig har inntruffet og kan inntreffe igjen.

Vi kunne også til se at våre beregninger av tidssammenhengen mellom våre målinger, selv om måleopplegg og hyppighet mellom målingene varierer, har likhetstrekk med andres beregninger.(7) Vi ser at vi har en stort sett synkende tidssammenheng, men til sammenligning med andres grafer er det forskjell i hvor fort sammenhengen synker, og dens jevnhet. Så vi kan nok alle være enige i at målingene tilfører mer ny informasjon desto lenger vi venter. Men kan man vente for lenge?

Oppsummering.

Vi har nå blitt nærmere kjent med hvordan CPOS-målinger oppfører seg med hyppigere innmålinger under ett kort tidsrom. Selv om metodens karaktertrekk blir tydeligere befestet når man får ta koordinatens vandring nærmere i ettersyn, ser vi også at å måle med kortere intervaller tilkjenner svingninger som man normalt ikke får mulighet til å observere. Man kan begynne å undre seg over hvordan koordinatens vandring og deres tidssammenheng vil fortone seg derom man måler ennå oftere, og over ennå lengre perioder. For vårt vedkommende som ønsker å bruke en kombinasjon av korte og lange intervaller ville det være kjærkomment å kunne målt minimum hvert sekund i minimum fire døgn, og kunnet håndtere disse dataene. Man ville da hatt nok data til å se om målesituasjonene faktisk var på sitt mest forskjellige om man ventet seks timer mellom første og andre måling.

Siden satellittene bruker nær 12 timer på sin ferd rundt jorden, skulle all logikk tilsi at man ved å vente i seks timer får den mest forskjellige situasjonen. Så har vi vår egen klode, som bruker nær 24 timer på en rotasjon rundt sin egen akse. Hvordan denne syklusen vil gi sitt utslag på koordinatene, kan man også spekulere i. Og hva med årstidene? Og solens elleveårige syklus?

Dette er meget spennende spørsmål, som i denne omgang dessverre må forbli ubesvarte. Det er nok ikke uten grunn at de artiklene vi har lest under forundersøkelsene til oppgaven vender sin oppmerksomhet mot tidsrom på maksimum tre timer, gjerne mindre.

Vedlegg 1.5 Målinger og kombinasjoner, fremstilt grafisk i rapporten.

Februar

T5.1 Besøk i Februar

måling	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	Yh
1	38	92	62	3	2	8	5	4	12
2	37	99	74	3	2	6	6	6	15
3	36	96	66	3	2	5	8	5	9
4	37	93	71	3	2	6	9	5	13
5	36	96	64	3	2	6	8	6	11
6	46	91	65	3	2	7	10	4	14
7	34	94	69	4	2	6	8	4	20
8	45	90	71	3	2	6	5	3	10
9	37	93	59	2	2	5	4	4	9
10	44	91	43	2	2	5	5	4	12
Min	34	90	43	2	2	5	4	4	9
Max	46	99	74	4	2	8	10	6	20

T5.2 Kombinasjon av besøk i Februar

Kom	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	Yh
123	37	96	67	2	1	4	6	4	13
124	38	95	69	2	2	5	7	4	12
345	36	95	67	1	1	2	3	2	5
346	39	94	66	2	2	5	7	5	13
567	40	94	66	3	2	5	7	4	12
568	43	92	68	2	2	5	6	4	11
789	38	93	65	2	2	5	9	4	13
7810	43	93	59	3	2	7	13	6	20
Min	36	92	59	1	1	2	3	2	5
Max	43	96	69	3	2	7	13	6	20

Mars

T5.3 Besøk i Mars

måling	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	Yh
1	33	94	75	3	2	7	5	5	13
2	39	91	67	3	2	6	10	5	16
3	33	94	64	4	2	6	6	4	14
4	32	90	63	2	2	5	4	5	9
5	29	90	76	2	1	4	4	4	8
6	35	84	50	2	1	5	4	5	10
7	41	97	47	2	2	6	5	3	13
8	34	92	62	2	1	4	5	3	8
9	26	92	57	4	2	8	7	3	15
10	38	91	85	2	2	6	6	4	21
Min	26	84	50	2	2	5	4	4	8
Max	41	97	85	4	2	8	10	5	21

T5.4 Kombinasjon av besøk i Mars

Kom	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	Yh
123	35	93	68	2	1	4	6	3	9
124	34	92	66	2	2	4	7	4	13
345	31	91	68	2	1	4	5	5	11
346	32	87	62	3	2	6	8	9	17
567	34	89	67	4	2	9	10	8	32
568	32	88	69	3	2	7	11	6	29
789	36	93	59	3	2	7	14	5	20
7810	39	93	66	3	2	8	8	5	23
Min	31	87	59	2	1	4	3	2	5
Max	39	93	69	4	2	9	14	9	32

April

T5.5 Besøk i April

måling	N	Ø	H	sN	sØ	sh	yN	yØ	Yh
1	37	96	75	3	2	8	5	4	12
2	41	92	57	3	2	6	6	6	15
3	38	93	65	3	2	5	8	5	9
4	42	100	71	3	2	6	9	5	13
5	38	92	64	3	2	6	8	6	11
6	42	94	65	3	2	7	10	4	14
7	30	91	69	4	2	6	8	4	20
8	33	97	71	3	2	6	5	3	10
9	37	93	59	2	2	5	4	4	9
10	41	99	43	2	2	5	5	4	12
Min	30	91	43	2	2	5	4	4	9
Max	42	100	74	4	2	8	10	6	20

T5.6 Kombinasjon av besøk i April

Kom	N	Ø	h	sN	sØ	sh	yN	yØ	Yh
123	39	93	67	2	1	4	6	6	12
124	40	96	56	4	2	9	11	7	31
345	39	98	52	3	2	5	6	10	15
346	39	99	55	3	2	6	6	10	20
567	37	93	60	2	2	6	6	6	18
568	37	96	58	2	1	5	5	8	16
789	33	95	53	2	1	6	6	8	16
7810	35	98	64	3	2	7	7	5	25
Min	33	93	52	2	1	4	5	5	12
Max	40	98	67	4	2	9	11	10	31

Vedlegg 2 Oppsummering av spørreundersøkelse

Gi oss en kort beskrivelse av bedriftens arbeidsområder og hva er dine arbeidsoppgaver innen oppmåling?

Vi hadde ett håp om å få en veldig stor variasjon i brukere som fylte ut questback. Med variasjon mener vi da ikke bare forskjellige arbeidsoppgaver, men også variasjon i utdanning og arbeidserfaring. Det er ikke til å stikke under en stol at det er mange ansatte som sitter med liten / ingen utdanning som jobber som landmåler, dette basert på egne arbeidserfaringer.

Dette viste seg vanskelig, da nærmest samtlige bedrifter vi har spurt kun har gitt oss 1-2 tilbakemeldinger. Det er derfor vanskelig å vite om de som svarte sitter høyere i bedriften med mye kompetanse, enn de ansatte med liten utdanning.

Det er ringt og mailet med rundt 20 bedrifter. Vi har da gått fram med dette som sentralt og viktig i vår undersøkelse, men ut i fra hva som har skjedd virker det som bedriftene ikke vil la ”ferskinger” svare. Grunnen til dette er vanskelig å si, men det kan være grunn av bedriftens rykte og behov for nye ansatte.

Brukes CPOS-målinger til å anlegge fastmerker? Hvorfor/ hvorfor ikke?

Av alle spørsmålene i questbacken, var det dette som det var mest varierte svar på. Her fikk vi alt fra plent nei, til JA!

Grunnen til dette er de forskjellige bruksområdene til brukerne. Noen bruker det fordi det faktisk ikke er andre fastmerker tilgjengelig, noen for å etablere hjelpepunkter og noen bruker det i kombinasjon med totalstasjon.

Videre så er det forskjell i hvor nøyaktig brukerne har behov for at punktet skal være, da alle har forskjellige nøyaktighetskrav. Det som går igjen av tilbakemeldingene er at CPOS er en veldig enkel og rask løsning å bruke.

Hvordan etterprosseseres målingene; hvilke analyser blir kjørt for å sikre kvalitet?

Her ser vi videre at det varierer hva brukere gjør, utifra hvilke systemer de har tilgjengelig og hvilke krav som stilles. Dette kommer fram ved at enkelte ikke har noen form for etterprossesering av måling med kommentar at de har lite kjennskap til dette, mens andre drar polygondrag, RTK, utjevning, pålitelighetsanalyse, overbestemmelse, standard for GPS målinger og kombinasjoner av disse.

Hva er din oppfatning av oppnåelig nøyaktighet på CPOS-målinger?

Her er nærmest samtlige brukere enige om at X/Y har nøyaktighet på 15-30mm, mens høyde har 20-30mm ved gode forhold. Ved etterprossesering av flere målinger vil man få ett veldig akseptabelt resultat.

Har du noe metoder/vaner ved bruk av CPOS du mener flere burde kunne?

Det dukket ikke opp så mye revolusjonerende her, brukere mener man bør måle samme punkt 2 ganger og kontrollmåle mot ett kjent punkt. Ellers menes flere at GPRS har en tendens til å dette ut / mister korreksjoner, spesielt ved spredtbygde strøk.

Oppsummering:

Questbacken var anonym og ble sendt til 25 personer som enten er i offentlig eller privat sektor. Det er dermed umulig å si hvilke svar som hører til hvilken sektor, utenom de som har skrevet hvilken sektor de er i. Utdanningsnivået er varierende, alt fra uten utdanning til minst bachelor. Dette skinner godt igjennom på mange av tilbakemeldingene, da det er mye forskjellige meninger om emnet. Noe av dette er fakta, noe er synsing, og noen vet rett og slett ikke.

Alt i alt hadde en felles folkeopplysning basert på forskning om emnet vært veldig bra. Man ville man fått en jevnere leveranse kvalitet mellom bedrifter, og diskusjoner om emnet kunne vært betydelig mer faktabasert.

Vedlegg 3 Logg

05.01.16

Dagen startet med å sette seg inn i retningslinjer for større studentoppgaver og emnebeskrivelse.

Vi fikk også laget en tidsplan og en grovskissering av metodene vi ønsket å bruke.

07.01.16

I dag ble hjemmesiden produsert og lagt på nett. Domenet www.hetlekjeldsberg.com ble kjøpt og lagt til. Siden ble lagd i iWeb. Selv om programmet ikke er oppdatert siden 2011, fant vi ut at det hadde de nødvendige funksjoner vi trengte. Dermed valgte vi iWeb siden det har såpass raske og gode publiseringsmetoder.

08.01.16

I dag hadde vi ett givende møte med den særdeles eminente Stein Ivar, som ga oss en rekke gode råd for det videre arbeidet med bacheloroppgaven vår. Mellom annet fikk vi gode tips om artikler vi kunne lese som en del av forarbeidet til målingene våre. Å lese tidligere forskning er meget nyttig i forberedelsesfasen, spesielt når temperaturen ute synker ned mot minus 15 grader.

I løpet av møtet fikk vi også drøftet forskjellige vinklinger av oppgaven, og fikk god hjelp til å spisse prosjektet. Vi kan nå begynne med å formulere en egnet forskningsskisse og tidsplan for prosjektet vårt.

11.01.16

Helgen har i stor grad gått med til å renskrive notatene fra møtet med Stein Ivar. Dette er en større jobb en man kanskje skulle tro, da deler av gruppen har en noe karakteristisk noteringsteknikk..

Etter omstendelig dekodning av notatarkene kunne vi begynne å formulere en forskningsskisse, og beskrive hensikten med oppgaven. Store deler av arbeidet med bacheloroppgaven omhandler hvordan denne skal gjøres, men man bør også ofre noen tanker på *hvorfor*. Hvorfor valgte vi dette temaet, hvorfor denne problemstillingen og hvorfor velger vi akkurat denne innfallsvinkelen?

17.01.16

Vi har i dag utført vår første måleserie. Dette var den første av seriene som er nærmere beskrevet som demonstrasjonsmålinger. Vi har målt en gang i timen i ett døgn. Målingen var godt planlagt, og gikk forbausende nok veldig bra.

For å bli bedre kjent med måleserien vår, har vi vi plottet målingene inn i programmet GeoGebra. Her kan vi legge dem inn i koordinatsystem for å lettere kunne se på dem. Vi har laget ett plott med x- og ykoordinatene, videre har vi laget tre tidsakser der vi har plottet inn henholdsvis x, y og z. Det ser visuelt sett ut som vi kan ane ett mønster, men videre analyser må til.

25.01.16

Uken har i stor grad gått med til en hel mende analyser og grafiske fremstillinger av måleserien vår, derav noen er totalt ubrukelige. Men på den lyse siden har vi fått verdifull trening i bruk av regneark og geogebra. Vi har også lært at det er lurt å sette seg inn i statistiske tester *før* man gjør måleserien. Vi har også fått finpusset spørsmålene til bedriftene.

27.01.16

I dag har den delen av gruppen som faktisk liker andre folk gjort en kjempejobb med å snakke med bedrifter på karrieredagen. Bedriftene synes det vi holdt på med var kjempenyttig, og var veldig positive til å svare på spørsmål om CPOS på questback. Vårt interesseområde er tydeligvis en veldig stor gråsoner ute i den virkelige verden.

01.02.16

Vi hadde (trodde vi) nesten ferdigstilt notatet om demonstrasjonsmåling 1, før vi fikk tips om ennå flere måter å analysere måleserien vår på. Når man tror man har kommet omtrent til bunns i noe, er det tydeligvis alltid flere stener å snu. Vi skal prøve å finne ut om dataserien vår er normalfordelt, da dette er forutsetningen for de statistiske testene vi nyttegjør oss av.

02.02.16.

Per Oscar ringer til bedrifter for å spørre om vi kan sende dem spørreundersøkelsen, mens Janne googler Shapiro Wilk for dummies.

03.02.16

Etter mye jobb har vi lyktes å teste dataserien demo1 for normalitet. Vi har benyttet histogram, shapiro-wilk og qq-plott.

04.02.16

Vi har nå utført demo4. 260 målinger gjort med 15 sekunders intervall. Alle verdiene måtte testes inn i excel mauelt. Vi har laget xy-plott, graf for z-koordinat lags tidsakse og beregnet tidsskorrelasjon for hver av koordinatene.

Det var mye jobb, men allikevel vel verdt innsatsen. Å se hvordan CPOS-målinger oppfører seg med korte måleintervaller er til stor hjelp når målingene til bacheloroppgaven skal beregnes.

13.02.16

Vi begynner smått om senn å få tilbake besvarelser fra spørreundersøkelsene, og vi undrer oss over ett stort sprik i meningene om CPOS-målingenes oppnåelige kvalitet. Det er tydelig at det er veldig mange forskjellige oppfatninger om hvor god kvalitet man kan oppnå med CPOS-målinger, og hvilke målemetoder man skal bruke for å få ett mest mulig pålitelig resultat.

22.02.16

Vi har i dag gjennomført det etter hvert beryktede oppskritttingsforsøket. Snakk om å lage seg arbeid kun for å vise at dersom noe som ikke skal være bra kan se bra ut, trenger noe som ser bra ut nødvendigvis ikke å være det.

28.02.2016

Forsøket gikk omtrent etter planen, og vi fikk brukt dataen til å vise det vi ønsket.

07.03.2016

Vi er nå i gang med andre runde av innmålingene våre. Vi måler, venter, måler og går hjem. Vi har som vanlig store planer om å utføre alskens viktige oppgaver i dødtiden mellom målingene, men takket være youtube blir disse planene kullkastet gang på gang.

16.03.2016

Påskan er like rundt hjørnet, og vi har planer om å gjennomgå deler av litteraturen på nytt for å se om vi kan få en ennå bedre forståelse for sammenblandinger og sammenhenger nå som vi er i gang med å gjøre beregninger på våre egne data.

27.03.2016

Vi er nå godt i gang med å utføre manuelle beregninger av utjevningen, men det dukker stadig opp nye spørsmål. Vi begynner å få en stygg mistanke om at filene vi får fra instrumentet inneholder en liten logisk brist. Den ene filen skal inneholde informasjon om varians og sammenblanding i xyz, men der ser ut som variansen og derfor også standardavvikene er i NØh. Dette vil jo naturligvis føre til usikkerheter i beregningene når man ikke kan være sikker på hvilke koordinatsystem som er brukt for å beskrive en verdi. Vi har bestemt oss for å følge opp dette sporet med utstyrsleverandøren.

04.04.2016

Vi begynner å komme godt i gang med de manuelle beregningene. Vi har beregnet RTK-utjevning med hensyn til tidssammenheng, og det er meget interessant å se dennes påvirkning på koordinater og standardavvik.

18.4.2016

Vi er nå ferdig med alle målingene vi trenger. Analysene fungerer omtrent som forventet, men programvaren er tydeligvis ikke tiltenkt til å utføre analysen slik som den faktisk skal gjøres. Dette medfører naturlig nok ergrelse og merarbeid. Det er nesten så vi vurderer å gjøre alle beregninger manuelt, men man kan nok ikke så gjerne anbefale den gjengse landmåler å sette opp feilligningene og utføre beregningene selv. Det hadde tatt for lang tid.

25.4.2016

De fleste analysene er utført, og vi er i god gang med å sammenfatte rapporten. Vi har som mål at selve hovedrapporten skal bli kort og konsis. Det viser seg å være vanskeligere enn først antatt.

2.5.2016

Vi har til gangs forfulgt sporet om manuelle beregninger, noe som viste seg å være en smart avgjørelse. Vår beregninger antyder at programvaren hverken skalerer standardavvik eller tar høyde for at inverse korrelasjoner skal brukes som absoluttverdier da det gir ingen mening å bruke negativ vekt.

4.5.2016

Alle analyser og beregninger er utført, og råteksten til rapporten er ferdig. Nå gjenstår hoveddelen av jobben, nemlig å strukturere rapporten.

8.5.2016

Alle vedlegg er sortert, og vi kan nå bruke dagene frem til innleveringsfrist til å finplukke i kilder og oppsett.

Vedlegg 4 Nettside

TØL3910 Bachelor geomatikk

Janne Hetle Aspheim og Per Oscar Kjeldsberg.

Her er linken til nettsiden som etter hvert skal presentere bacheloroppgaven vår.

www.hetlekjeldsberg.com



Vedlegg 5 Veiledermøter

Referat fra møte med veileder fredag 8. januar.

Til stede: Per Oscar, Janne og Stein Ivar.

- Vi fant det vanskelig å finne relevant fagstoff å lese oss opp på. Vi fikk noen relevante artikler og en doktorgradsavhandling som vi kunne begynne å lese på. I disse fantes det også henvisninger til andre kilder. Vi fikk også tips om «web of science», der man kan søke blant mange tidligere arbeider. Nå hadde vi et sted å begynne lesingen.
- Spørreundersøkelser må lages med omhu, og det er viktig å spørre flere representative grupper. Siden mange som jobber med stikking vet at det er litt fy-fy å anlegge fastmerker med CPOS, kunne vi få litt ljugesvar dersom vi ikke ordla oss klokt. Vi fant også ut at en anonym questback ville gi størst sannsynlighet for ett mest mulig riktig bilde av CPOS-bruken ute i den virkelige verden.
- For og både snevre inn problemstillingen og holde oppgaven mest mulig lik reelle situasjoner vil vi kun se på CPOS-målinger. Disse vil bli utført og analysert som tilfeldig feil, da sann feil vil vanskelig la seg gjøre uten å dra inn ennå et element av usikkerhet.
- Vi fikk ett godt forslag for målesystem basert på kartverkets metode, samtidig som vi fikk vite litt av bakgrunnen for utviklingen av denne metoden og dens tiltenkte bruk.

Vi fikk svar på en del spørsmål vi har gått å tenkt på, og vi kan nå gå i gang med å lage tidsplan og forskningsskisse, samt klarlegge hensikten med oppgaven.

Referat fra møte med veileder fredag 25. januar.

Til stede: Stein Ivar, Janne og Per Oscar.

Under møtet finn vi tatt en siste finpuss på spørsmålene som skulle sendes til bedriftene. Siden sist hadde vi også utført demomåling 1, og gjort en del analyser av disse. Vi fikk også hjelp til den siste finpussen på autokorrelasjon. Som bekreftet mistanken om at vi har for lite data over ett for langt tidsrom. Med andre ord, mykje arbeid rett i dass.

Men ellers er alt vel.

Referat fra en form for veiledermøte 1. februar

Til stede: Stein Ivar og Janne.

Kjapp gjennomgang av demomåling 1, og når en endelig tror en begynner å se enden på noe viser det seg at det fortsatt er mange steiner igjen og snu dersom man virkelig skal lære datasettet sitt å kjenne.

Vi så nærmere på normalfordeling, og hvordan man skal teste for denne. Dette vil naturlig nok medføre ytterligere googling og youtubing til lang utover de sene nattetimer.

Da mye av veiledningen består av at vi braser inn på veileders kontor i tide og utide, er det vanskelig å føre møtereferat på dette. En stor del av veiledningen går også over e-post, og mye frem og tilbake med beregningsfiler i forskjellige formater.

Referat fra veiledermøte 2. mai

Til stede: Stein Ivar, Per Oscar og Janne.

I dag klarte vi å prakke rapportutkastet vårt på veileder, og beregninger ble gjennomgått og vi var enige om at de så fornuftige ut. Vi fikk gode råd om rapportens oppsett.

Referanser

1. Skogseth T. Grunnleggende Landmåling: Gyldendal; 2012.
2. NASA. Global Navigation Satellite System (GNSS) Overview: NASA's Archive of Space Geodesy Data; 2013 [Available from: http://cddis.nasa.gov/Techniques/GNSS/GNSS_Overview.html].
3. Kartverk S. Satelittbasert posisjonsbestemmelse. Geodivisjonen, Hønefoss. 2009;V2.1(Desember).
4. Kartverk S. Standarder og geografisk informasjon: Posisjonstjenester i sanntid – Referansestasjoner og tjenester. Geodivisjonen, Hønefoss. 2013;V1.0(November).
5. Øvergaard SI. Pålitelighetsanalyse_formelsamling.pdf.
6. Odolinski R. Temporal correlation for network RTK positioning2011.
7. Kjørsvik N. Assessing the Multi-Base Station GPS Solutions. FIG XXII International Congress, Washington, DC USA,. 2002:11.
8. Kartverk S. Grunnlagsnett. Geodivisjonen, Hønefoss. 2009;V1.1(Desember).
9. AS N. GisLine Landmåling V5.4.1. Program.
10. Ltd. TN. GNSS Planning Online <http://www.gnssplanningonline.com/2014> [V2.3.5693:[]