

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Forfattere: Jonas Karl Lian Hansen
Dag Atle Skår

Dato: 25. mai 2010

Sammendrag

Tittel:	Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner
Dato:	25.05.10
Forfattere:	Jonas Karl Lian Hansen Dag Atle Skår
Veileder:	Høgskolelektor George Preiss
Oppdragsgiver:	Fugro Survey AS
Kontaktperson:	Anders Tandberg
Nøkkelord:	Monitorering, dynamisk posisjonering, offshore, GNSS, Fugro Survey AS
Antall sider:	140. Rapport side 1 – 63, vedlegg side 64 – 140.
Antall vedlegg:	15 (A – N)
Tilgjengelighet:	Åpen
Sammendrag:	<p>Når det utføres boreoperasjoner offshore, benyttes ofte flyttbare borerigger. Dersom riggene plasseres i nærheten av permanente installasjoner, kan disse forbindes ved hjelp av broer. For å ivareta sikkerheten ved bruk av en slik løsning, er en avhengig av at de relative bevegelsene mellom installasjonene ikke er for store. Dette krever at disse bevegelsene overvåkes i sanntid.</p> <p>Gjennom litteraturstudier og påfølgende vurdering av ulike tilgjengelige systemer, forsøkes det i denne bacheloroppgaven å komme frem til en egnet løsning når det gjelder overvåkning av bevegelser i sanntid. Av tradisjonelle landmålingsmetoder har GNSS og totalstasjon blitt vurdert. I tillegg har en sett på systemer for dynamisk posisjonering. De laserbaserte systemene Fanbeam og CyScan, og de radarbaserte systemene RADIUS og RadaScan har blitt vurdert. På bakgrunn av litteraturstudiene og samtaler med brukere og leverandører, konkluderes det med at GNSS er den metoden som kan levere mest stabilt resultat innenfor det fastsatte nøyaktighetskravet på ± 5 cm (1σ). Som en backup-løsning, anbefales Fanbeam, som kan levere en nøyaktighet på ± 20 cm (1σ).</p> <p>To programvareløsninger har blitt testet, Leica GNSS Spider/QC og Fugro Starfix ProTrack. Løsningene baserer seg på GNSS. Stabilitet og nøyaktighet over tid, og under bevegelse, ble testet. Testingen avdekket en feil i Starfix-pakken. Denne feilen førte til hull i datagrunnlaget, noe som påvirket resultatene. Spider brukte lengre tid på å gjenoppnå kvaliteten på resultatene etter et slikt hull. Dette er en tydelig svakhet. Spider er heller ikke egnet til å løse oppgavens problemstilling, da programmet ikke støtter bruk av bevegelige basestasjoner. Det ble også avslørt svakheter i ProTrack. I perioder med liten satellittdekning, oppsto det hull på opptil 60 sekunder hvor programmet ikke var i stand til å levere resultat.</p>

Forord

Bacheloroppgaven er utarbeidet av Jonas Karl Lian Hansen og Dag Atle Skår. Prosjektet er utført i løpet av vårsemesteret 2010 og markerer for oss avslutningen av geomatikkstudiet.

Høsten 2009 bestemte vi oss for å samarbeide om bacheloroppgaven. I løpet av sommeren 2009 jobbet Jonas som sommervikar i Fugro Survey AS. Vi tok derfor kontakt med Knut Landstad, manager for Geo Services, for å undersøke mulighetene for et samarbeid. Knut var positiv til dette og sendte oss flere forslag til problemstillinger. Den mest interessante av disse dreide seg om monitorering av relativ bevegelse i et offshoremiljø. Problemstillingen baserte seg på en forespørsel fra Statoil til Fugro Survey AS. Forespørselen gjaldt overvåkning av de relative bevegelsene mellom brønnhodeplattformen Sleipner B og jack-up-riggen West Epsilon. Statoil er ikke oppdragsgiver i denne bacheloroppgaven, men har bidratt med informasjon, noe vi takker for.

Den endelige problemstillingen ble utarbeidet. Bacheloroppgavens innholdsmessige mål skulle være å komme frem til et egnet system for bevegelsesmonitorering offshore. Løsningen skulle være generell og ikke spesielt tilpasset de nevnte installasjonene. Systemet skulle også testes.

Samtaler med ressurspersoner hos Fugro Survey AS har vært vesentlige for å finne svar på problemstillingen. Vi har også vært i kontakt med utstyrsleverandører for å få deres anbefalinger. I tillegg har vi utført litteraturstudier og diskutert alternative løsninger med vår veileder. Diskusjon innad i gruppen har selvsagt også vært svært nyttig.

Vi vil takke vår veileder ved Høgskolen i Gjøvik, George Preiss, for gode diskusjoner og veiledning. Vi vil også takke Knut Landstad for å ha gitt oss muligheten til å utføre oppgaven i samarbeid med Fugro Survey AS. Våre kontaktpersoner i Fugro har gjennom perioden vært uvurderlige, en stor takk rettes derfor til Ragnhild Lie, Anders Tandberg og John Vint. Vi er også takknemlige for at Roger Helge Hansen og Turid Brox Nilsen tok seg tid til å bidra med innspill og korrekturlesing.

Gjøvik, 25.05.10.

Jonas Karl Lian Hansen

Dag Atle Skår

HØGSKOLEN I GJØVIK

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Bacheloroppgave i geomatikk

Jonas Karl Lian Hansen og Dag Atle Skår

25.05.2010



1 Innholdsfortegnelse

1	Innholdsfortegnelse.....	1
2	Figurer	4
3	Tabeller.....	5
4	Innledning.....	6
4.1	Problemstilling.....	6
4.2	Bakgrunn for problemstillingen.....	6
4.3	Avgrensning og rammebetingelser	6
4.4	Mål.....	7
4.5	Fremgangsmåte.....	7
4.5.1	Arbeidsmetode.....	7
4.5.2	Faser	7
4.6	Ressurser og tidligere arbeid.....	8
4.6.1	Monitorering på Åkneset	8
4.6.2	Fugro GEOS.....	8
4.7	Rapportens oppbygning	8
4.7.1	Målgruppe	8
4.7.2	Organisering	8
4.8	Faglig bakgrunn	9
5	Prinsipper og teori.....	10
5.1	Monitorering generelt.....	10
5.2	Global Navigation Sattelite Systems.....	10
5.2.1	Tilgjengelige systemer	10
5.2.2	Nøyaktighet	11
5.2.3	Bruk	11
5.3	Totalstasjon	12
5.3.1	Generelt.....	12
5.3.2	Nøyaktighet	12
5.3.3	Monitorering med RTS	12
5.4	Radar	13
5.5	Laser	13
5.6	Kommunikasjon.....	14
5.6.1	Generelt.....	14

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

5.6.2	Overvåkning og kontroll over eksternt nettverk	14
6	Tilgjengelige løsninger	15
6.1	Radar	15
6.1.1	RADius	15
6.1.2	RadaScan	17
6.2	Laser	19
6.2.1	Fanbeam	19
6.2.2	CyScan	20
6.3	GNSS	21
6.3.1	Leica Geosystems	21
6.3.2	Trimble	22
6.3.3	Topcon	23
6.4	Totalstasjon	23
6.4.1	Trimble	24
6.4.2	Leica Geosystems	24
6.4.3	Topcon	25
6.5	Programvare	25
6.5.1	Starfix Navigation Suite	25
6.5.2	Enhanced High Performance (EHP)	28
6.5.3	GeODin	29
6.5.4	Leica GNSS Spider/QC	29
6.5.5	Leica GeoMoS	32
6.5.6	Trimble 4D Control	33
6.6	Overvåkning og kontroll	33
6.7	Radiolink	34
6.7.1	Generelt	34
6.7.2	Satelline	34
6.7.3	Pacific Crest	34
6.8	Wi-Fi	35
6.9	Prosesseringsdatamaskin	35
6.10	Uninterruptable Power Supply (UPS)	35
7	Vurdering og valg av løsning	36
7.1	Sammenligning	36
7.2	Vurdering av tilgjengelige løsninger	36

7.3	Valg av løsning.....	37
7.3.1	Generell løsning.....	38
7.3.2	Prosesseringsdatamaskin	39
7.3.3	Mottakere.....	39
7.3.4	Kommunikasjon.....	39
7.3.5	Ex-klassifisering	39
8	Testing	40
8.1	Beskrivelse av test	40
8.1.1	Grunnlag.....	40
8.1.2	Programvareløsninger	40
8.1.3	Utstyr	40
8.1.4	Testsystem og oppsett	41
8.1.5	Testkriterier	44
8.2	Gjennomføring	44
8.2.1	Koordinatnøyaktighet og pålitelighet over tid	44
8.2.2	Koordinatnøyaktighet og pålitelighet under bevegelse	44
8.2.3	Avvik fra planlagt gjennomføring	46
8.2.4	Starfix ProTrack	46
8.2.5	Leica GNSS Spider/QC.....	47
8.3	Resultater	48
8.3.1	Koordinatnøyaktighet og pålitelighet i sanntid over tid	48
8.3.2	Koordinatnøyaktighet og pålitelighet under bevegelse	50
8.3.3	Muligheter for visualisering og varsling	53
8.4	Diskusjon av resultater	55
8.4.1	Hull i datagrunnlag	55
8.4.2	Koordinatnøyaktighet og pålitelighet i sanntid over tid	55
8.4.3	Koordinatnøyaktighet og pålitelighet under bevegelse	59
9	Konklusjon	59
9.1	Videre arbeid.....	60
9.2	Egenevaluering	60
10	Litteraturliste	61
11	Vedlegg.....	62
11.1	Vedlegg i rapporten.....	62
11.2	Elektroniske vedlegg.....	62

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

11.3	Vedlegg A - Terminologi	63
11.4	Vedlegg B – Prosjektplan	64
11.5	Vedlegg C – Prosjektlogg	79
11.6	Vedlegg D – Statusrapporter	80
11.7	Vedlegg E – Liste over korrespondanse.....	83
11.8	Vedlegg F – Relevant korrespondanse	85
11.9	Vedlegg G – Monitoreringsbrosjyre	91
11.10	Vedlegg H – English Extended Summary	93
11.11	Vedlegg I – Beregninger bevegelse	97
11.12	Vedlegg J – Beregninger, stabilitet.	134
11.13	Vedlegg K – Rapport Nettutjevning.....	136
11.14	Vedlegg L – Logg, bevegelsestesting	138
11.15	Vedlegg M – Antenneoversikt, Fugro Oslo.....	139
11.16	Vedlegg N – Prislister	140

2 Figurer

Figur 1: Eksempel på bruk av RADius til dynamisk posisjonering.	15
Figur 2: RADius 1000 interrogator og RADius 600 transponder. Foto: Kongsberg Maritime AS.	16
Figur 3: Forenklet oversikt over antenne og transpondere.	18
Figur 4: Fanbeam MK IV (4.2). Foto: Measurement Devices Ltd.	19
Figur 5: Starfix ProTrack med dataflyt. Illustrasjon: Starfix ProTrack Help.	26
Figur 6: Seismisk kartlegging. Foto: Fugro Survey AS.....	27
Figur 7: RS232-tilkoblinger, testsystem.....	28
Figur 8: Leica GNSS QC Real Time Connection Plot, Rover 2 i bevegelse.....	30
Figur 9: Leica GNSS QC, Real Time Coordinate Analysis Summary. Webside med informasjon om posisjoneringsstatus.....	31
Figur 10: Leica GNSS QC, toleransegrenser.....	32
Figur 11: Komponenter på flyttbar installasjon.	38
Figur 12: Komponenter på fast installasjon.	38
Figur 13: Rover 2 og Base.	42
Figur 14: Rover 1 og Rover 2 i rack.....	42
Figur 15: Rackmontert datamaskin.	43
Figur 16: Testsystem.....	43
Figur 17: Skisse over testområdet sett ovenfra.	44
Figur 18: Stativ på hjul.....	45
Figur 19: Avstandsmerker.	45
Figur 20: Standardavvik (1σ), ProTrack.	48
Figur 21: Standardavvik (3σ), ProTrack.	49
Figur 22: Standardavvik (1σ), Spider.	49
Figur 23: Standardavvik (3σ), Spider.	50

Figur 24: Standardavvik (1σ), ProTrack.	51
Figur 25: Standardavvik (3σ), ProTrack.	51
Figur 26: Standardavvik (1σ), Spider.	52
Figur 27: Standardavvik (3σ), Spider.	53
Figur 28: Leica GNSS QC, webside generert for systemstatus.	54
Figur 29: Antall satellitter med synlige hull i logget data.	55
Figur 30: Sammenligning av standardavvik, ProTrack og Spider.	56
Figur 31: Antall tilgjengelige satellitter over ett døgn (21.04.10).	57
Figur 32: Type posisjonsløsning over et døgn for Rover 2 (21.04.2010).	58
Figur 33: Satellittdekning/elevasjon i problempriode.	58

3 Tabeller

Tabell 1: Systemspesifikasjoner, RADIUS.	17
Tabell 2: Systemspesifikasjoner, RadaScan.	19
Tabell 3: Systemspesifikasjoner, Fanbeam MK IV (4.2).	20
Tabell 4: Systemspesifikasjoner, CyScan.	21
Tabell 5: Spesifikasjoner Leica Viva GS15.	22
Tabell 6: Spesifikasjoner Leica GMX902 GG.	22
Tabell 7: Spesifikasjoner, Trimble R8.	23
Tabell 8: Spesifikasjoner, Topcon GR3.	23
Tabell 9: Spesifikasjoner, Trimble S8 (DR HP).	24
Tabell 10: Spesifikasjoner, Leica TM30.	25
Tabell 11: Spesifikasjoner, Topcon GPT-9001A.	25
Tabell 12: ProTrack, nøyaktighet ved statisk måling.	27
Tabell 13: Visualiseringsfunksjoner i Leica GNSS QC.	30
Tabell 14: Spesifikasjoner, Leica GeoMoS.	33
Tabell 15: Spesifikasjoner, Trimble 4D Control.	33
Tabell 16: Spesifikasjoner, SatelLine 3AS (d).	34
Tabell 17: Spesifikasjoner, Pacific Crest ADL Vantage.	35
Tabell 18: Sammenligning av spesifikasjoner, priser ekskl. MVA.	36
Tabell 19: Oversikt over utstyr til testing.	41
Tabell 20: Oversikt, dataporter.	42
Tabell 21: Loggede størrelser, ProTrack.	46
Tabell 22: Loggede størrelser, Leica GNSS Spider.	47
Tabell 23: Standardavvik (1σ), ProTrack.	48
Tabell 24: Standardavvik (3σ), ProTrack.	48
Tabell 25: Standardavvik (1σ), Spider.	49
Tabell 26: Standardavvik (3σ), Spider.	50
Tabell 27: Standardavvik (1σ), ProTrack.	50
Tabell 28: Standardavvik (3σ), ProTrack.	51
Tabell 29: Standardavvik (1σ), GNSS Spider.	52

Tabell 30: Standardavvik (3σ), Spider.....	52
Tabell 31: Sammenligning av standardavvik, ProTrack - Spider (3σ)	55
Tabell 32: Utdrag fra loggfil, avvik fra fasitkoordinater.	56
Tabell 33: Sammenligning av standardavvik (3σ), ProTrack – Spider.	59

4 Innledning

4.1 Problemstilling

Bacheloroppgavens problemstilling består i

... å sette sammen og evaluere systemer for overvåking av relativ bevegelse mellom en fast og en flyttbar offshoreinstallasjon, og deretter gjennomføre en praktisk test av det systemet som evalueres til å være best egnet.

4.2 Bakgrunn for problemstillingen

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Fugro Survey AS (FSAS). FSAS er en avdeling i Fugro Group, som er verdensledende innen offshore surveying. Selskapet leverer posisjoneringssystemer med høy presisjon, samt topografisk, hydrografisk og geologisk kartlegging. For mer informasjon om Fugro, vises det til <http://www.fugro.no/>.

Når det utføres boreoperasjoner offshore, benyttes ofte flyttbare borerigger. Dersom riggene plasseres i nærheten av permanente installasjoner, kan disse forbindes ved hjelp av broer. For å ivareta sikkerheten ved bruk av en slik løsning, er en avhengig av at de relative bevegelsene mellom installasjonene ikke er for store. Dette krever at disse bevegelsene overvåkes i sanntid.

I august 2009 mottok Fugro Survey AS en forespørsel fra Statoil angående monitorering av relativ bevegelse mellom faste og flyttbare offshoreinstallasjoner. Henvendelsen omhandlet brønnhodeplattformen Sleipner B og jack-up-riggen West Epsilon. I første omgang ønsket Statoil å overvåke bevegelsene over en lengre tidsperiode, for å se trenden i disse. Sluttproduktet skulle imidlertid være et system for monitorering av bevegelser i sanntid. Informasjonen fra dette systemet skulle kunne benyttes for å avgjøre når bevegelsene blir så store at broen mellom installasjonene må sikres eller fjernes. Det er kravene til dette systemet som legges til grunn for denne bacheloroppgaven.

4.3 Avgrensning og rammebetingelser

Under hardt vær er det forventet at en borerigg kan bevege seg med opptil ± 1 meter i det horisontale planet; det er når den relative bevegelsen nærmer seg denne størrelsesordenen at broen må sikres. Rotasjon er også en faktor som bør undersøkes. En forventer ikke at disse bevegelsene opptrer brått, men heller flytende. Informasjon fra Statoil antyder at bevegelsen tar 8-12 sekunder fra amplitude til amplitude.

Følgende krav stilles til monitoreringssystemet:

- Systemet må automatisk registrere observasjoner, og ut ifra disse, beregne tallfestede verdier for relativ bevegelse (2D, X/Y) og rotasjon. Resultatene må være tilgjengelige i sanntid.

- Systemet må kunne levere relativ posisjon, med en nøyaktighet bedre enn $\pm 5 \text{ cm } 1\sigma$.
- I tillegg til å levere resultater i sanntid, må systemet lagre observasjoner for eventuell etterprosessering.
- En skal kunne ha oppsyn med og styre systemet eksternt.
- Ved uforutsette hendelser, som for eksempel strømstans, skal det ikke være nødvendig å operere utstyret lokalt.
- Utstyret som benyttes må ha tilstrekkelig ex-klassifisering, med hensyn til området det plasseres i.

Systemene skal evalueres på følgende grunnlag:

- nøyaktighet
- pålitelighet
- tidskrav
 - datainnsamling
 - prosessering
- økonomi

Når det gjelder økonomi, skal det innhentes priser fra ulike leverandører. Prisene vil dekke hovedkomponentene ved de ulike systemene. Dette vil beskrives videre i [kapittel 9.1, Videre arbeid](#).

4.4 Mål

For oppdragsgiver består effektmålet i å kunne tilby monitoreringstjenester offshore, som beskrevet i prosjektplanen. Resultatmålet er dermed et system for monitorering av relativ bevegelse mellom en fast og en flyttbar offshoreinstallasjon.

Studentenes effektmål er å øke sin kompetanse innen oppmåling offshore; dette innebærer også økt utstyrs- og programvareforståelse. Studentene skal også tilegne seg erfaringer innen problemløsning i forbindelse med et utviklingsprosjekt. Det vises for øvrig til målene i emnebeskrivelsen (Avdeling for teknologi økonomi og ledelse, 2009). Resultatmålet for studentene er som følger: Bacheloroppgaven skal resultere i en konkret løsning på problemstillingen innenfor de definerte rammebetingelsene. Oppgaven dokumenteres i form av en rapport og en presentasjon. Disse skal beskrive tilgjengelig teknologi og målemetoder, og dessuten dokumentere veivalgene som har blitt tatt.

4.5 Fremgangsmåte

4.5.1 Arbeidsmetode

Følgende arbeidsmetoder benyttes i arbeidet med bacheloroppgaven:

- litteraturstudier for å komme frem til mulige løsninger på problemstillingen
- testing av best egnet løsning
- kommunikasjon med ressurspersoner

4.5.2 Faser

Arbeidet er delt inn i fire faser:

Fase 1 - Litteraturstudier og produksjon av teorigrunnlag.

I denne fasen beskrives tilgjengelig utstyr, samt programvareløsninger som kan inngå i et

monitoreringssystem. Vi tar for oss tradisjonelle landmålingsteknikker som totalstasjonsmålinger og GNSS. I tillegg undersøkes alternative løsninger som for eksempel laser- og radarsystemer.

Fase 2 – Metoder

I fase 2 beskrives monitoreringssystemer ut ifra teknikkene beskrevet i fase 1. Disse systemene blir så evaluert. Ut ifra evalueringen bestemmer vi oss for ett system. Dette systemet blir testet i fase 3.

Fase 3 - Testing/analyse av resultat

Det prosjekterte systemet testes. Hvilke tester som utføres er avhengig av evalueringen i fase 1 og 2. Testfasen inkluderer både måling/observasjon og etterprosessering av datafangsten. Resultatene vurderes opp imot testkriterier som fastsettes før gjennomføring.

Fase 4 - Konklusjon og ferdigstilling

I denne fasen trekkes konklusjoner ut ifra resultatene i fase 3. Her vurderes det om vi har løst problemstillingen. I tillegg vil det bli jobbet med ferdigstillelse av rapport, presentasjon og plakat. Et utvidet sammendrag på engelsk vil bli utarbeidet.

4.6 Ressurser og tidligere arbeid

4.6.1 Monitorering på Åkneset

Fugro Survey AS har blant annet drevet monitorering ved Åknes/Tafjord i Møre og Romsdal. Her ble potensielle rasområder overvåket ved hjelp av robotisk totalstasjon, lasersystem og GNSS. Løsningen består av flere moduler som sammen danner et redundant system for overvåking og varsling. Erfaringer fra dette prosjektet vil aktivt bli benyttet under arbeidet med bacheloroppgaven.

For videre informasjon om dette prosjektet vises det til vedlegg G.

4.6.2 Fugro GEOS

Fugro GEOS (Global Environmental & Ocean Sciences) er et av de ledende firmaene innen metrologi og oseanografi rettet mot offshore og kystnær bruk. GEOS har i en årrekke levert relative monitoreringssystemer til klienter over hele verden. På borerigger leverer disse monitoreringssystemene resultater som benyttes som beslutningsgrunnlag for boreledelsen. Systemene baserer resultatene på målinger foretatt med akselerometere plassert på installasjonene som skal overvåkes. Relativ bevegelse blir kalkulert med en nøyaktighet på under ± 1 cm.

I bacheloroppgaven fokuseres det på bruk av mer tradisjonelle landmålingsmetoder og systemer for dynamisk posisjonering.

4.7 Rapportens oppbygning

4.7.1 Målgruppe

Rapportens målgruppe er fagpersoner innen geomatikk, med arbeidsområde offshore, og dessuten andre med interesse for offshoremåling og -monitorering.

4.7.2 Organisering

Rapporten er organisert i følgende hoveddeler:

1. *Innledning*: Beskrivelse av problemstilling, avgrensinger, mål, arbeidsmetode, ressurser og faglig bakgrunn.

2. *Prinsipper og teori:* Beskrivelse av relevant teori og eksisterende teknologi.
3. *Tilgjengelige løsninger:* Presentasjon av aktuell teknologi med spesifikasjoner.
4. *Vurdering og valg av løsning:* Diskusjon om hvilket system som er best egnet for å løse problemstillingen.
5. *Testing:* Planlegging og gjennomføring samt resultater og diskusjon av disse.
6. *Konklusjon:* Fremstilling av bacheloroppgavens konklusjon, vurdering av faglige resultater og bruksområder, og dessuten forslag til videre arbeid.

4.8 Faglig bakgrunn

Jonas Karl Lian Hansen (gruppeleder) har gjennomført videregående skole, allmennfaglig studieretning. I tillegg har han studert ett semester informatikk ved NTNU. Før han begynte på bachelorstudiet i geomatikk ved Høgskolen i Gjøvik, jobbet han i Sjøforsvaret i fem år. Her arbeidet han innen feltene operasjon, samband og navigasjon. I studietiden har han hatt sommerjobb i Veidekke ASA og Fugro Survey AS. I Veidekke jobbet han som stikningsassistent, mens han i Fugro Survey jobbet med gyrokalibrering, GIS og kartlegging.

Dag Atle Skår har gjennomført videregående skole, allmennfaglig studieretning. Etter videregående skole arbeidet han ett år som hjelpemann i anleggsbransjen, før han startet studiene på geomatikklinjen ved Høgskolen i Gjøvik. Ved siden av studiene har han hatt sommerjobb i oppmålingsfirmaet MjøsPlan AS. Her har han primært jobbet med stikking og datafangst.

Begge fullfører nå siste semester på bachelorstudiet i geomatikk, ved Høgskolen i Gjøvik.

5 Prinsipper og teori

5.1 Monitorering generelt

Monitorering er et raskt voksende felt innenfor geomatikkfaget, og bruksområdene er mange. To områder med utbredt bruk av landmålingsteknikker i monitoreringsøyemed er skredovervåkning og overvåkning av grunnforholdene over gruver og tunneller. Her har en tradisjonelt sett benyttet nivåer, teodolitter/totalstasjoner og elektroniske avstandsmålere. I tillegg har enklere målebånds- og wiresystemer blitt brukt (Gili et al., 2000).

Utvikling på utstysfronten har ført til at monitorering nå kan utføres med større grad av automatikk og nøyaktighet, og dessuten i nær sanntid. Dermed har antall bruksområder også økt.

Monitorering kan ofte være en kritisk faktor i prosjekter som gjennomføres i dag. I følge Trimble Navigation Ltd. skyldes dette først og fremst et økt fokus på følgende:

- Sikkerhet. Det er ofte behov for sikkerhetssystemer som i sanntid kan forhindre ulykker.
- Beslutningsgrunnlag . Økt forståelse av dynamikken i konstruksjoner og landområder gir ledere bedre beslutningsgrunnlag.
- Regelverk. Innen mange områder må en forholde seg til lokale bestemmelser og kontraktbetingelser. Disse bestemmelsene/betingelsene krever ofte bevegelsesmonitorering (Trimble Navigation Limited, 2010).

Utviklingen innen landmålingsutstyr reflekterer disse behovene i markedet. De fleste større utstysprodusentene leverer egenproduserte utstys- og programvareløsninger for monitorering.

5.2 Global Navigation Sattelite Systems

5.2.1 Tilgjengelige systemer

Det finnes i dag flere globale satellittnavigasjonssystemer (GNSS). GPS og GLONASS benyttes daglig i landmålingsbransjen. I fremtiden vil også Galileo være et alternativ.

5.2.1.1 Global Positioning System (GPS)

GPS driftes av det amerikanske forsvaret og består av tre deler: romsegmentet, kontrollsegmentet og brukerssegmentet (Hofmann-Wellenhof et al., 2001). Romsegmentet utgjør i dag 32 satellitter fordelt i 6 baner (The Coast Guard Navigation Center, 2010). Satellittene og deres baner og klokke kontrolleres av kontrollsegmentet. De fem kontrollstasjonene er plassert nær ekvator og spredt over hele kloden. Brukerssegmentet er mottakerne som benyttes ved måling. Det finnes flere forskjellige mottakertyper designet for å benytte forskjellige måleteknikker.

5.2.1.2 Globalnaja Navigatsionnaja Sputnikovaja Sistema (GLONASS)

GLONASS driftes av det russiske forsvaret. I likhet med GPS består GLONASS av et romsegment, et kontrollsegment og et brukerssegment. Romsegmentet består per i dag av 23 satellitter fordelt på 3 baner (Russian Space Agency, 2010). Systemet mangler i dag 1 satellitt på å være fullt operativt. Det forventes at systemet skal være komplett i løpet av de neste par årene. GLONASS styres fra kontrollstasjoner plassert på russisk territorium, og brukerssegmentet består av både militære og sivile brukere med forskjellige typer mottakere.

5.2.1.3 Galileo

Galileo er et system utviklet av EU. I henhold til planen skal systemet bestå av 30 satellitter fordelt i 3 baner (The European Commission, 2010). Galileo er i motsetning til GPS og GLONASS et sivilt system, utviklet for å sikre sivile interesser. Brukere skal kunne benytte Galileo sammen med GPS og GLONASS for posisjonering over hele verden. Per i dag er kun to testsatellitter satt i drift. I de neste årene vil det bli skutt opp flere satellitter, og det forventes at systemet blir fullt operativt i løpet av det neste tiåret.

5.2.2 Nøyaktighet

Nøyaktigheten ved posisjonering ved hjelp av GNSS er avhengig av flere faktorer. Noen av disse faktorene er: antall tilgjengelig satellitter og deres geometri, benyttet målemetode, utstyr og atmosfæriske forhold.

Ulike teknikker gjør at man kan beregne posisjoner både i sanntid og/eller ved etterprosessering av observasjonsdata. Nøyaktigheten som oppnås ved beregning av posisjoner i sanntid, forventes å være noe dårligere enn den som kan oppnås ved hjelp av etterprosessering. Dette er viktig med tanke på monitorering, siden en ofte ønsker løsninger som kan levere koordinater i sanntid eller nær sanntid. Ved bruk av kinematiske sanntidsmålinger (RTK) forventes nøyaktigheten å ligge på centimeternivå under de fleste forhold, mens det for etterprosesserte data forventes nøyaktighet på millimeternivå.

5.2.3 Bruk

GNSS er et meget viktig hjelpemiddel som uavbrutt benyttes til en mengde forskjellige oppgaver over hele verden. Profesjonelle satellittposisjoneringssystemer brukes blant annet innen

- posisjonering/navigasjon
- sikkerhet og overvåkning
- utsetting og innmåling ved bygg og anlegg

I forbindelse med monitorering kan GNSS-teknologien benyttes som hovedsystem, eller som en del av et større system. Antall mottakere og referansestasjoner kan skaleres etter behov. Fugro Survey AS har for eksempel tidligere brukt GNSS, kombinert med andre metoder innen monitorering av skredutsatte områder. Her har en utviklet både sanntidsløsninger og løsninger for etterprosessering for å overvåke bevegelsene av store fjellmasser over tid (Fugro Survey AS, 2007), vedlegg G.

5.3 Totalstasjon

5.3.1 Generelt

Totalstasjonen er det mest utbredte elektrooptiske måleinstrumentet innen landmåling. Instrumentet består av en teodolitt, en elektronisk avstandsmåler og en elektronisk målebok. Teodolitten måler vinkler i det horisontale og vertikale planet, mens den elektroniske avstandsmåleren benytter infrarødt lys eller mikrobølgesignaler for å bestemme avstanden til prismene. Prismene er lagd for å reflektere den utsendte energien direkte tilbake til totalstasjonen. Moderne totalstasjoner er også i stand til å utføre avstandsmålinger prismeløst; dette medfører imidlertid noe tap av nøyaktighet. Når en benytter prismene, er totalstasjonen også i stand til automatisk å sikte seg inn på målene, noe som er essensielt dersom utstyret skal benyttes til monitorering.

Robotiske totalstasjoner (RTS) representerer den nyeste utviklingen innen denne utstyrskategorien. En RTS kan uavhengig måle avstand, vertikalvinkel og horisontal vinkel i forhold til en bestemt referanseakse (Psimoulis and Stiros, 2007). Ved hjelp av servomotorer og automatiske siktesystemer kan en RTS lokalisere og måle inn predefinerte mål over lengre tidsperioder, ved bestemte tidsintervaller. Totalstasjonene er også i stand til å følge og utføre målinger mot prismene i bevegelse. Dette forutsetter at bevegeshastigheten ikke overskrider servomotorenes maksimalhastighet, denne ligger ofte rundt $15^\circ/\text{s}$.

5.3.2 Nøyaktighet

De fleste moderne robotiske totalstasjoner kan levere en nøyaktighet på $0,5''$ - $5''$ ($0,56$ – $5,6$ mgon) for vinkler, og 2 - 10 mm for avstander (Psimoulis and Stiros, 2007). Leverandørene Trimble, Leica og Topcon leverer alle utstyrspakker som oppfyller disse spesifikasjonene. Presisjonsinstrumenter koster naturligvis mer enn de mindre nøyaktige instrumentene; alle leverandørene tilbyr robotiske totalstasjoner i ulike pris- og nøyaktighetsklasser.

Dersom en benytter korte tidsintervall mellom hver måling (rapid mode), vil man ifølge leverandørene oppnå noe lavere nøyaktighet. Det er viktig å merke seg at dette ikke alltid gjenspeiles i de resulterende målingene. Dette skyldes at en opererer med et høyt antall målinger og at disse målingene ofte er korrelerte, noe som kan skjule den lavere nøyaktigheten (Radovanovic and Teskey, 2001).

5.3.3 Monitorering med RTS

Robotiske totalstasjoner benyttes i dag til flere forskjellige typer monitorering. Både langtidsmonitorering med lengre intervaller mellom målinger, og monitorering over kortere perioder med flere målinger i sekundet (~ 10 Hz) er mulig. Undersøkelser har imidlertid vist at RTSer ikke alltid utfører målinger i henhold til spesifikasjonene (Radovanovic and Teskey, 2001). Problemene inntreffer ofte ved korte måleintervall og høye nøyaktighetskrav.

5.4 Radar

Med radar refererer en tradisjonelt sett til systemer som sender ut elektromagnetisk energi for å detektere og lokalisere objekter som for eksempel fly, skip, mennesker og terreng (Skolnik, 2001). Forenklet kan en si at et radarsystem består av en antenne, en sender, en mottaker og et signalprosesseringsystem. Senderdelen utstråler elektromagnetisk energi gjennom antennen. Denne energien treffer objektene som befinner seg i antennens dekningsområde, og reflekteres. Den reflekterte energien blir så registrert av mottakeren. Deretter prosesseres det mottatte signalet, slik at en er i stand til å detektere og lokalisere objektet. Avstanden til det detekterte objektet (R) kalkuleres enkelt ved å multiplisere tiden signalet bruker til og fra objektet (T_r) med lysets hastighet (C), for så å dele dette på 2.

$$R = \frac{cT_r}{2}$$

Radarsystemer har et fortrinn i forhold til optiske systemer i områder hvor en kan oppleve dårlig sikt grunnet for eksempel damp eller tett tåke.

I offshorebransjen benyttes radarteologi innen for eksempel dynamisk posisjonering (DP). Dynamiske posisjoneringssystemer er løsninger som automatisk forsøker å opprettholde et fartøys posisjon i sjøen; posisjonen kan enten være absolutt eller relativ. Systemene kan motta informasjon fra en rekke sensortyper som for eksempel GNSS, radarløsninger, laserbaserte sensorer, meteorologiske sensorer samt gyroer og bevegelsessensorer. Basert på denne informasjonen, er et kontrollsystem i stand til automatisk å styre et fartøy ved hjelp av fartøyets egne fremdriftssystemer.

Dynamiske posisjoneringssystemer kan også benyttes i monitoreringsøyemed.

5.5 Laser

En laser er et instrument som forsterker og sender ut elektromagnetisk stråling i en avgrenset stråle; i motsetning til synlig lys har alt lys i en laserstråle samme bølgelengde. Dette gjøres ved å stimulere atomer eller molekyler til å slippe ut energi i form av lys (Hecht, 2008). Ulike lasertyper kan sende ut lys med forskjellige bølgelengder og med forskjellig styrke, hvilket avgjør bruksområdet for det spesifikke instrumentet.

Laserbaserte målesystemer består i utgangspunktet av en laseremitter og en reflektor. Emitteren sender ut en lysstråle som reflekteres i reflektoren og mottas av en sensor på instrumentet. Avstanden mellom disse kan beregnes ved å bruke lysfarten multiplisert med antallet bølgelengder, eller ved å kalkulere faseforskjellene mellom utsendt og mottatt stråle. Siden lysfarten er konstant, kommer avstanden automatisk av tiden laserstrålen bruker til reflektoren.

Laserteknologi brukes, i likhet med ulike radarløsninger, innen dynamisk posisjonering til havs.

Ved monitorering kan laserteknologien være et godt supplement til mer tradisjonelle landmålingsteknikker. To aktuelle lasersystemer, Fanbeam og CyScan, er derfor beskrevet senere i denne rapporten.

5.6 Kommunikasjon

5.6.1 Generelt

Forskjellige systemtyper kommuniserer med ulike typer sensorer over ulike sambandsbærere. Kablet forbindelse mellom sensorer og monitoreringsdatamaskin er den løsningen som gir minst datatap. Montering av kabler medfører imidlertid en hel del arbeid, og en kan ikke alltid gå ut ifra at kabeloverføring mellom plattformer er mulig. Derfor er radiooverføring en potensiell løsning. Denne typen dataoverføring støttes også av de fleste utstyrskategoriene. Dersom en skal benytte et radiobasert system, må en først forsikre seg om at frekvensene som skal benyttes, er ledige. Dette for å unngå interferens med eksisterende systemer. Ved bruk av radio kan reflekterte signaler være en potensiell feilkilde.

5.6.2 Overvåkning og kontroll over eksternt nettverk

Som definert i oppgavens rammebetingelser, skal en kunne ha oppsyn med og styre monitoreringssystemet eksternt. Dette krever at systemet er koblet opp i et nettverk. De større utstyrsleverandørene tilbyr løsninger for dette. Dersom en monitoreringsdatamaskin kobles til Internett/lokalt nett, kan en overvåke systemet og fjernkontrollere sensorene via dette. Det vil også være mulig å laste ned data fra systemet. Enkelte leverandører støtter også automatisk opplasting av observasjoner via FTP eller e-post.

Nyere GNSS-mottakere og totalstasjoner kan kobles direkte til IP-baserte nettverk.

6 Tilgjengelige løsninger

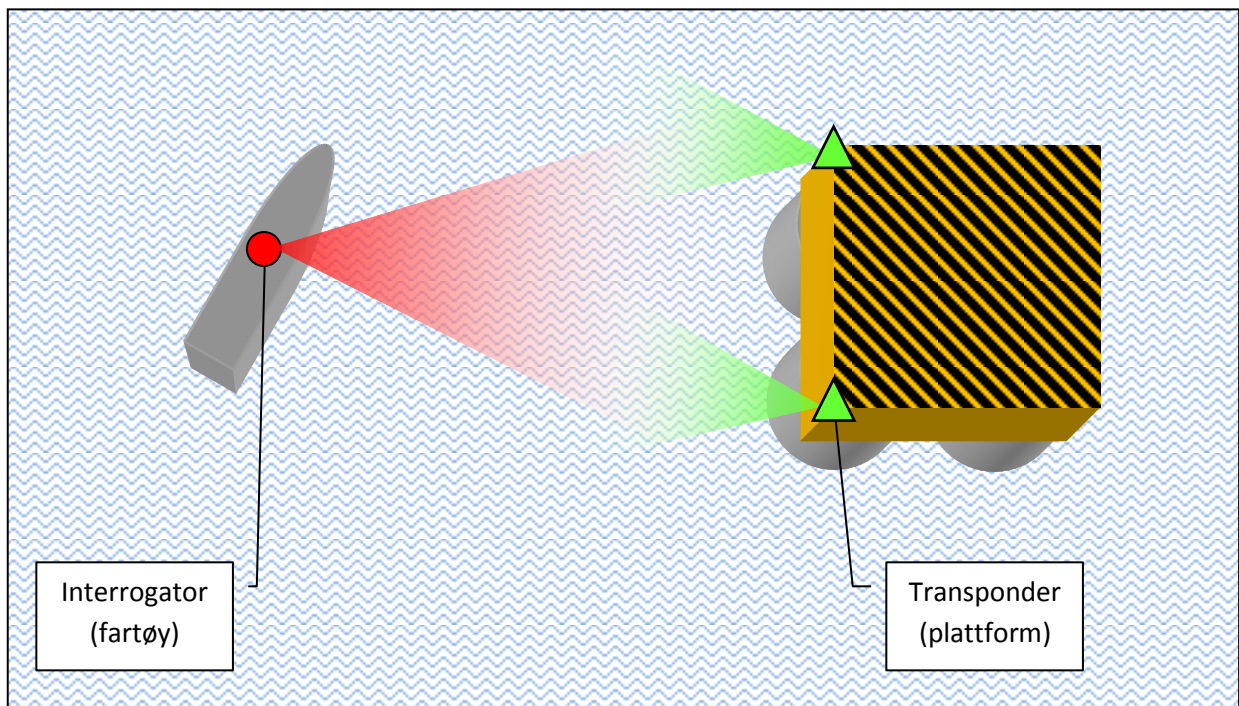
6.1 Radar

6.1.1 RADius

6.1.1.1 Systembeskrivelse

RADius Positioning System er et robust system for relativ posisjonering, utviklet av Kongsberg Seatex AS.

Systemet skiller seg noe ut fra det generelle radarsystemet beskrevet i teoridelen. For å kunne beregne posisjoner ut ifra radarobservasjoner, både for dynamisk posisjonering og monitorering, er det essensielt at en vet hvor den elektromagnetiske energien reflekteres fra. Dette kan være vanskelig ved bruk av tradisjonelle radarsystemer. RADius løser denne utfordringen ved å benytte seg av interrogatorer og transpondere. En interrogator belyser, eller sender, et spesifikt (ofte kodet) signal, mot en transponder. Transponderen detekterer det innkommende signalet og påfører dette en unik identifikator før det reflekteres. Interrogatoren detekterer og tolker så dette svarsignalet. Dette medfører også at signalprosessen kan utelukke alle ekko som ikke innehar en gyldig identifikasjonskode, noe som er en stor fordel når en opererer i områder med mange støykilder. I slike systemer må svarsignalet heller ikke nødvendigvis sendes på samme frekvens eller frekvensband som interrogasjonssignalet (Edde, 1993).



Figur 1: Eksempel på bruk av RADius til dynamisk posisjonering.

6.1.1.2 Komponenter

RADius består av følgende komponenter:

- interrogatorer
- transpondere
- arbeidsstasjoner

I dag tilbys det én interrogatormodell, RADius 1000. RADius 1000 består av antenneelementer, sender og signalprosessor. Hver interrogator har et dekningsområde på 90° vertikalt og horisontalt. Dersom en ønsker å øke dekningsområdet, kan en benytte flere interrogatorer i samme system.

Når det gjelder transpondere, finnes det flere ulike modeller med forskjellige egenskaper. Her skiller det primært mellom komponenter med ulik ex-klasifisering, strømforsyning og rekkevidde.

RADius-arbeidsstasjonen er en modul bestående av en prosesseringsenhet med tilhørende programvare, samt grafisk brukergrensesnitt. Arbeidsstasjonen har også tilkoblingsmuligheter for informasjonsutveksling med for eksempel DP-systemer.

6.1.1.3 Bruk og spesifikasjoner

Alle systemets komponenter er enkle å montere og er dimensjonert for å tåle ekstreme værforhold, inkludert ekstrem kulde. Systemet inneholder ikke bevegelige deler, noe som er en stor fordel ved monitorering over lengre tidsperioder. En trenger kun én interrogator og én transponder for å benytte RADius. Dersom en ønsker å øke systemets robusthet, pålitelighet og nøyaktighet, kan en imidlertid benytte opptil 5 transpondere samtidig. Disse transponderne kan også benyttes simultant av flere brukere.



Figur 2: RADius 1000 interrogator og RADius 600 transponder. Foto: Kongsberg Maritime AS.

Tabell 1: Systemspesifikasjoner, RADius.

Spesifikasjon	Verdi
DP-avstand	Opptil 550 m
Avstandsnøyaktighet	0,25 m
Vinkelnøyaktighet	0,25°
Oppdateringsfrekvens	5 Hz
Treghet	< 0,5 sekunder
Vertikalt dekningsområde	±45°
Horisontalt dekningsområde	±45°
Frekvensbånd	5,51 – 5,61 Ghz
Pris (Interrogator + 2 transpondere)	613 000 NOK

6.1.2 RadaScan

6.1.2.1 Systembeskrivelse

RadaScan er et system utviklet av Guidance Navigation Ltd. I likhet med RADius baserer dette systemet seg på interrogatorer og transpondere.

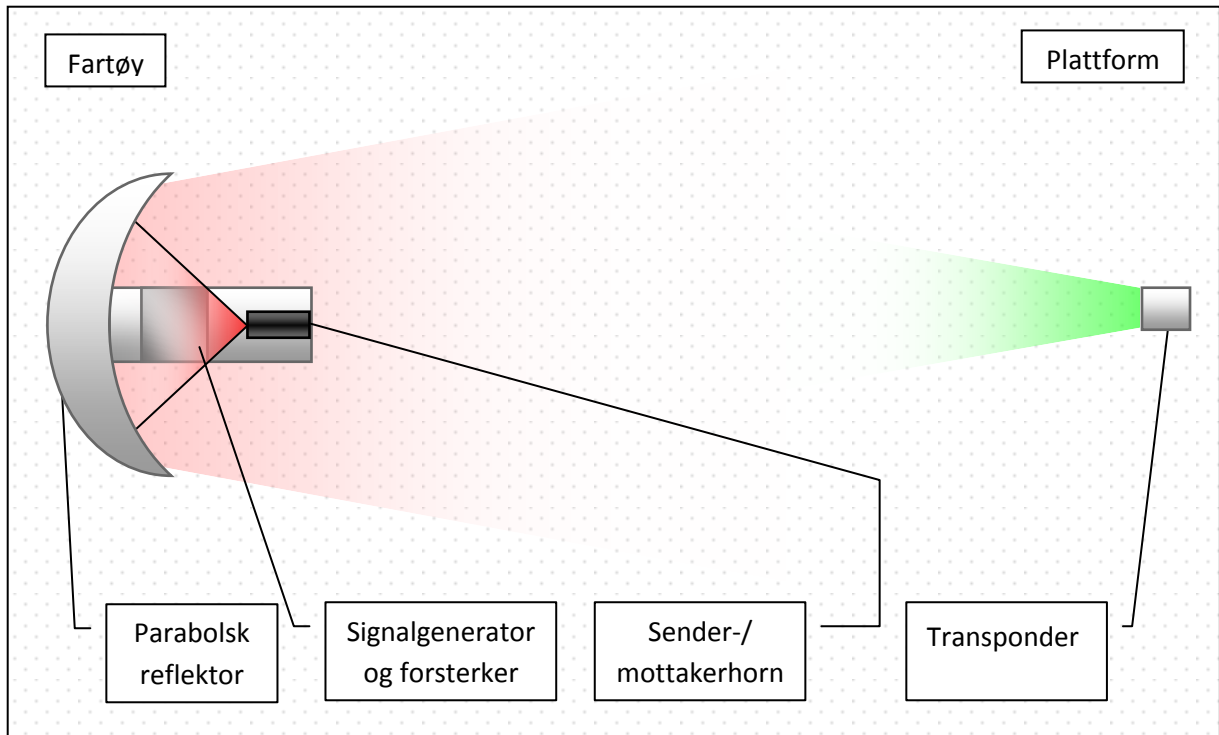
RadaScan benytter seg imidlertid av en sveipende radarløsning. Det vil si at interrogatorens antenne roterer, noe som resulterer i 360° dekning. Antennen sender ut en kontinuerlig stråle, samtidig som den mottar refleksjoner fra transponderne.

Transponderne er passive og kun avhengige av batterier for å kunne påføre sin unike identifikasjonskode på energien som reflekteres. Siden dette systemet kun benytter seg av reflektert energi, vil refleksjonene naturligvis befinne seg i samme frekvensområde som det utsendte signalet. For bedre å kunne skille mellom utsendt og reflektert energi, vendes polariteten til signalet med 90° før det reflekteres.

6.1.2.2 Komponenter

RadaScan-systemet består av følgende komponenter:

- referansesensor (interrogator)
- retro-reflekterende mål (transpondere)
- prosesseringshardware



Figur 3: Forenklet oversikt over antenne og transpondere.

Referansesensoren består av en roterende signalgenerator, forsterker, sender-/mottakerhorn og parabolsk reflektor. Signalet genereres, forsterkes og sendes ut gjennom sender-/mottakerhornet. Deretter reflekteres den utsendte energien via den parabolske reflektoren. Refleksjonene fra transponderne mottas også via den parabolske reflektoren og videre gjennom sender-/mottakerhornet. Referansesensoren er dekket av en radom.

Transponderne er passive og kun avhengige av batteri for å påføre det innkommende signalet en entydig identifikasjon og å vende polariteten 90° . Ved kontinuerlig bruk er batterilevetiden på 2 år. Siden permanent strømforsyning ikke er nødvendig er transponderne enkle å plassere.

En prosesseringsenhet inneholder all nødvendig maskinvare for å prosessere radarsignalene og for å videreformidle resultatene. Enheten overvåker kontinuerlig målingene og justerer både utsendelse og tolkningsmetode, for å oppnå optimal ytelse til enhver tid. Resultatverdiene består av avstand og peiling til de ulike transponderne.

6.1.2.3 Bruk og spesifikasjoner

Transponderne er små og lette å plassere og fjerne etter behov. Referansesensoren er imidlertid større, og dermed vanskeligere å plassere. I likhet med RADius kan en utvide systemet med flere transpondere.

Tabell 2: Systemspesifikasjoner, RadaScan.

Spesifikasjon	Verdi
DP-avstand	10 til 750 m
Avstandsnøyaktighet	Bedre enn 0,1 % av avstand
Vinkelnøyaktighet	0,3 mrads ved 200 m 1,0 mrads ved 500 m
Oppdateringsfrekvens	3 Hz
Vertikalt dekningsområde	$\pm 35^\circ$ ved 25 m
Horisontalt dekningsområde	360°
Frekvensbånd	9,25 Ghz
Pris	Ikke mottatt.

6.2 Laser

6.2.1 Fanbeam

6.2.1.1 Systembeskrivelse

Fanbeam 4.2 leveres av Measurement Devices Limited (MDL). MDL er et design- og produksjonsfirma som leverer laserinstrumenter (MDL Laser Systems, 2010). Fanbeam er en laserbasert posisjoneringssensor som baserer seg på avstands- og retningsmålinger. Systemet er tilpasset skip og offshoreinstallasjoner. Fanbeam benyttes hovedsakelig til målinger av den relative posisjonen mellom forsyningskip og oljeplattformer, men kan brukes ved mange forskjellige operasjoner hvor en må overvåke avstand/retninger mellom andre konstruksjoner (MDL Laser Systems, 2009).

Fanbeam sender ut laserstråler i en vertikal vifteform, hvilket gjør at refleksjoner fra passive reflektorer sikres selv under vanskelige værforhold. Tåke, regn og snø vil redusere kapasiteten til systemet, men over kortere avstander er dette erfaringsmessig sjelden et problem (International Marine Contractors Association, 2010). Laseren kan tiltes vertikalt, samt roteres i det horisontale planet. Dette gir stor frihet når det gjelder plassering av reflektorer.



Figur 4: Fanbeam MK IV (4.2). Foto: Measurement Devices Ltd.

6.2.1.2 Komponenter

Fanbeam består av en laseremitter og -sensor. Sensoren er montert på en motorisert sokkel som er lett å sette opp og håndtere. Det kan benyttes to ulike typer reflektorer, avhengig av hvilken avstand som skal måles. På kortere avstander tas runde reflektorer som oftest i bruk, mens det på lengre avstander kan brukes flere sammenkoblede prismer (*clusters*). Systemet styres/overvåkes enkelt ved hjelp av medfølgende programvare og datamaskin.

6.2.1.3 Bruk og spesifikasjoner

Fanbeam benyttes hovedsaklig ved dynamisk posisjonering, men kan blant annet inngå i systemer som brukes av

- fartøyer med ansvar for ankerplassering
- fartøyer for graving og dumping av masser
- flytende boenheter for mannskap

Det siste punktet er spesielt interessant. Når boenheter for mannskap ligger ved siden av offshoreinstallasjoner, sammenkobles disse med en bro. Flere selskaper, for eksempel SEDCO (Transocean) og Prosafe, benytter Fanbeam for å overvåke bevegelsene i disse enhetene.

Fanbeam filtrerer reflekterte signaler basert på tidligere lagret data for å oppnå best mulig nøyaktighet. Flere brukere kan benytte systemet samtidig.

Tabell 3: Systemspesifikasjoner, Fanbeam MK IV (4.2).

Spesifikasjon	Verdi
DP-avstand	Opptil 2000 m
Avstandsnøyaktighet	0,20 m
Vertikalt dekningsområde	18°
Horisontalt dekningsområde	2,5 mrad
Oppdateringsfrekvens	7,5 kHz
Bølgelengde	905 nm
Laser sikkerhetsklasse	Klasse 1
Pris (komplett system)	365 000 NOK

6.2.2 CyScan

6.2.2.1 Systembeskrivelse

CyScan er produsert av Guidance Navigation Ltd. CyScan er et laserbasert sensorsystem designet for dynamisk posisjonering. Systemet måler avstander og retninger ved hjelp av passive reflektorer.

6.2.2.2 Komponenter

CyScan består av

- en lasersensor/emitter
- en eller flere reflektorer
- programvare for styring av systemet/presentasjon av resultat

CyScan-laseren er montert på en plattform som roterer kontinuerlig med en hastighet på 360° per sekund (Guidance Navigation, 2005). Siden systemet roterer, er en i stand til å følge flere reflektorer. Plattformen kan ved hjelp av tiltsensorer og gyroer kompensere for ytre påvirkninger som for

eksempel høy sjøgang. Reflektorer finnes både som rektangulære og sirkulære blinker, produsert i retroreflekterende materiale. Reflektorene er passive, det vil si at ingen elektroniske signaler kreves for å kunne reflektere lyset. Programvaren er utviklet for enkelt å kunne kontrollere systemet via et grafisk brukergrensesnitt.

6.2.2.3 Bruk og spesifikasjoner

CyScan kan som nevnt benyttes ved operasjoner hvor avstanden og retningen mellom to installasjoner må overvåkes. Siden systemet kan levere avstander og retninger i sanntid, er systemet interessant med tanke på monitorering. Grunnet gode kompensatoregenskaper og muligheten for god vertikal spredning av utsendelse, kan plassering av reflektorer gjøres med stor grad av frihet.

Tabell 4: Systemspesifikasjoner, CyScan.

Spesifikasjon	Verdi
DP-avstand	Opptil 800 m
Avstandsnøyaktighet	Bedre enn 0,5 % av avstanden
Vertikalt dekningsområde	16°
Horisontalt dekningsområde	0,23°
Oppdateringsfrekvens	30 kHz
Bølgelengde	904 nm
Laser sikkerhetsklasse	Klasse 1
Pris	Ikke mottatt.

6.3 GNSS

Produsentene av landmålingsutstyr kommer hele tiden med oppdaterte versjoner av sine GNSS-løsninger. På grunn av planer om flere frekvenser og satellitter, og dessuten utbyggingen av Galileo-systemet, har de største utstyrsleverandørene nå kommet med løsninger som skal kunne benytte mulighetene i den nyeste teknologien.

Utviklingen innen GNSS skjer ikke bare som en følge av nyskaping innen romsegmentet. Utvikling av nye løsninger i form av utstyr og programvare innen brukersegmentet spiller også en rolle. Integrering av nettverkløsninger og utvikling av tilpasset programvare gjør for eksempel GNSS til et egnet verktøy for monitorering. Utstyrsleverandørene Leica Geosystems og Trimble tilbyr spesialiserte løsninger for dette.

6.3.1 Leica Geosystems

Leica Geosystems har i løpet av det siste året presentert utstyrserien Viva. Leica Viva GS15 Professional støtter både GPS L5 og Galileo-frekvensene i tillegg til de vanlige GPS/GLONASS-signalene. Mottakeren har 120 kanaler til rådighet. Mottakeren kan også koples til nettverk for overføring av observasjonsdata, noe som gjør den egnet for monitorering. Leica Viva-mottakere kommer også med SmartCheck. Dette er en dataprosesseringsmodul som skal kunne garantere gode resultater ved bruk av RTK-målinger (Leica Geosystems, 2010).

I tillegg til den nye Viva-serien tilbyr Leica mottakere spesielt utviklet for monitorering. Leica GMX902 GG er høyaktuell. Denne mottakeren styres av programvarepakken Leica GNSS Spider, som sammen med GeoMoS og GNSS QC utgjør Leicas hovedprodukter innen monitorering.

6.3.1.1 Komponenter

Viva GS15 Professional den nyeste GNSS-mottakeren fra Leica. Modellen består av en kombinert mottaker og antenne. Mottakeren styres med måleboken CS10/CS15 via blåtann eller kabel. Programvaren Leica SmartWorks Viva er standard og kjøres i operativsystemet Windows CE 6.0. Komponentene er robuste og skal kunne fungere under vanskelige forhold.

6.3.1.2 Spesifikasjoner

Tabell 5: Spesifikasjoner Leica Viva GS15.

Spesifikasjon	Verdi
Støttede GNSS-systemer	GPS, GLONASS, Galileo
Nøyaktighet RTK Horisontalt	10mm + 1ppm
Nøyaktighet RTK Vertikalt	20mm + 1ppm
Nøyaktighet Statisk Horisontalt	3mm + 0,5ppm
Nøyaktighet Statisk Vertikalt	6mm + 0,5ppm
Oppdateringsfrekvens	5Hz eller 20Hz
Nettverk	Ja
Pris	157 605 NOK
Pris 4x	630 420 NOK

Tabell 6: Spesifikasjoner Leica GMX902 GG.

Spesifikasjon	Verdi
Støttede GNSS-systemer	GPS, GLONASS
Nøyaktighet (Carrier phase L1)	0,2mm RMS
Nøyaktighet (Carrier phase L2)	0,2mm RMS
Oppdateringsfrekvens	20Hz
Nettverk	Nei
Pris	68 850 NOK
Pris 4x + antenner	339 400 NOK

6.3.2 Trimble

Trimble leverer en rekke GNSS-mottakere, designet for ulike formål. Toppmodellen R8 har i likhet med Leicas nye modeller mulighet til å benytte nye frekvenser og satellitter. Mottakeren har 220 tilgjengelige kanaler. Mottakeren er også utstyrt med nettverksmuligheter for å kunne fjernstyre enheten og sende observasjonsdata. Dette er svært nyttig med tanke på bruk innen monitorering i områder hvor det er vanskelig å komme til. R8 kommer med R-Track-teknologi, utviklet for å kunne spore satellitter under vanskelige forhold. Teknologien skal kunne kompensere for dårlige signaler, og dessuten kunne opprettholde presisjon etter at et RTK-korreksjonssignal er forsvunnet (Trimble, 2009).

6.3.2.1 Komponenter

Trimble R8 består av en kombinert antenne- og mottakerenhet. Enheten kan styres med målebok eller over nettverk. R8 kan kobles til målebok via blåtann eller kabel. Utstyret skal kunne tåle støt og vibrasjoner, store temperatursvingninger samt vann og støv.

6.3.2.2 Spesifikasjoner

Tabell 7: Spesifikasjoner, Trimble R8.

Spesifikasjon	Verdi
Støttede GNSS-systemer	GPS, GLONASS, Galileo, SBAS
Nøyaktighet RTK Horisontalt	10mm + 1ppm
Nøyaktighet RTK Vertikalt	20mm + 1ppm
Nøyaktighet Statisk Horisontalt	5mm + 0,5ppm
Nøyaktighet Statisk Vertikalt	5mm + 1ppm
Oppdateringsfrekvens	1, 2, 5, 10 eller 20Hz
Nettverk	Ja
Pris	200 000 NOK
Pris 4 x	800 000 NOK

6.3.3 Topcon

Topcon leverer en rekke GNSS-systemer for posisjonering. Deres nyeste mottaker, GR3, vil være aktuell med tanke på monitorering. Mottakeren har, i likhet med de andre leverandørenes toppmodeller, muligheter for å ta i bruk de nyeste signalene fra både GPS og Galileo. Mottakeren kan motta signaler på 72 universelle kanaler. Ved hjelp av integrerte kommunikasjonsløsninger kan GR3 sende observasjonsdata via radio eller GSM/GPRS. Kommunikasjon mellom mottaker og målebok skjer trådløst via blåtann (Topcon Europe Positioning B.V, 2006b).

6.3.3.1 Komponenter

I likhet med Trimbles R8 og Leicas GS15, består GR3 av én kompakt enhet. Enheten består av antenne og mottaker, og dessuten kommunikasjonsløsninger. For å styre systemet kan for eksempel den nye måleboken FC-250 benyttes.

6.3.3.2 Spesifikasjoner

Tabell 8: Spesifikasjoner, Topcon GR3.

Spesifikasjon	Verdi
Støttede GNSS-systemer	GPS, GLONASS, Galileo
Nøyaktighet RTK Horisontalt	10mm + 1ppm
Nøyaktighet RTK Vertikalt	15mm + 1ppm
Nøyaktighet Statisk Horisontalt	3mm + 0,5ppm
Nøyaktighet Statisk Vertikalt	5mm + 0,5ppm
Oppdateringsfrekvens	1 - 20Hz
Nettverk	Ja
Pris	139 000 NOK
Pris 4 x	556 000 NOK

6.4 Totalstasjon

De aktuelle leverandørene av totalstasjoner, Leica Geosystems, Trimble og Topcon, tilbyr alle løsninger som kan benyttes ved monitorering. Forskjellene ligger hovedsaklig i hvilken nøyaktighet som kan leveres, muligheter for kommunikasjon, valg av målemetode og bevegelseshastighet. For å kunne avgjøre hvilken totalstasjon som kan inngå i en monitoreringsløsning, må en se på spesifikke krav i hvert enkelt prosjekt. Grunnet det store utvalget av utstyr kan dette være en vanskelig prosess. I de følgende kapitlene er det valgt ut én totalstasjon fra hver av de tre leverandørene. Disse kan alle

benyttes til å løse problemstillingen rundt monitorering av relativ bevegelse mellom offshoreinstallasjoner.

6.4.1 Trimble

Ved monitorering kan Trimble S8 totalstasjon benyttes. S8 innehar mange funksjoner for ulike typer oppmålingsoppdrag. En av disse, MagDrive Servo Technology, skal kunne øke hastigheten på målinger med 40 prosent sammenlignet med tidligere modeller (Trimble, 2010). Større hastighet vil gi raskere oppdateringsfrekvens, noe som er fordelaktig med tanke på sanntidsløsninger.

6.4.1.1 Spesifikasjoner

Trimble S8 kommer i to versjoner, DR Plus og DR HP (High Precision). DR HP anbefales for monitorering sammen med Trimble 4D Control.

Tabell 9: Spesifikasjoner, Trimble S8 (DR HP).

Spesifikasjon	Verdi
Vinkel nøyaktighet	0,5 - 1"(0,15 - 0,3mgon)
Nøyaktighet avstandsmåling (Tracking)	5 mm + 2ppm
Målingsfrekvens (Tracking, prisme)	0,4 s
Rekkevidde (prisme/robotic)	500 - 700m
Søketid (prisme/robotic)	2-10 s
Rotasjonshastighet	128 gon/s
Kommunikasjon	Blåtann, USB, seriellport
Laser	Ja
Pris	375 000 NOK

6.4.2 Leica Geosystems

Leica Geosystems leverer flere spesialiserte totalstasjoner rettet mot monitorering. Leica TM30, TCA1201M og System 2000 er alle laget for å kunne tilby kvalitet og stabilitet. TM30 er kanskje spesielt aktuell for monitorering offshore. Den er robust og pålitelig, og den skal kunne operere lengre sammenhengende uten tilsyn enn de fleste andre totalstasjoner på markedet (Leica Geosystems AG, 2009).

6.4.2.1 Spesifikasjoner

Tabell 10: Spesifikasjoner, Leica TM30.

Spesifikasjon	Verdi
Vinkel nøyaktighet	1" (0,3mgon)
Nøyaktighet avstandsmåling(Tracking)	3 mm + 1ppm
Målingsfrekvens(prisme)	0,15 s
Rekkevidde(standard prisme)	3000m
Søketid (prisme)	1,5 s
Rotasjonshastighet	200 gon/s
Kommunikasjon	Blåtann, seriellport
Laser	Ja
Pris	332 448 NOK

6.4.3 Topcon

Topcons robotiske totalstasjonsserier GPT-9000A og GTS-900A kan begge benyttes til monitorering. Totalstasjonene er utstyrt med X-TRACK-teknologi, denne skal kunne forbedre prestasjonene ved automatisk måling (Topcon Europe Positioning B.V, 2006a).

6.4.3.1 Spesifikasjoner

Tabell 11: Spesifikasjoner, Topcon GPT-9001A.

Spesifikasjon	Verdi
Vinkel nøyaktighet	1" (0,3mgon)
Nøyaktighet avstandsmåling(Tracking)	2 mm + 2ppm
Målingsfrekvens(Prisme)	0,5 s
Rekkevidde(Standard prisme, tracking)	1000m
Søketid (Tracking)	15°/s
Rotasjonshastighet	85°/s
Kommunikasjon	Blåtann, seriellport, USB
Laser	Ja
Pris	199 999 NOK

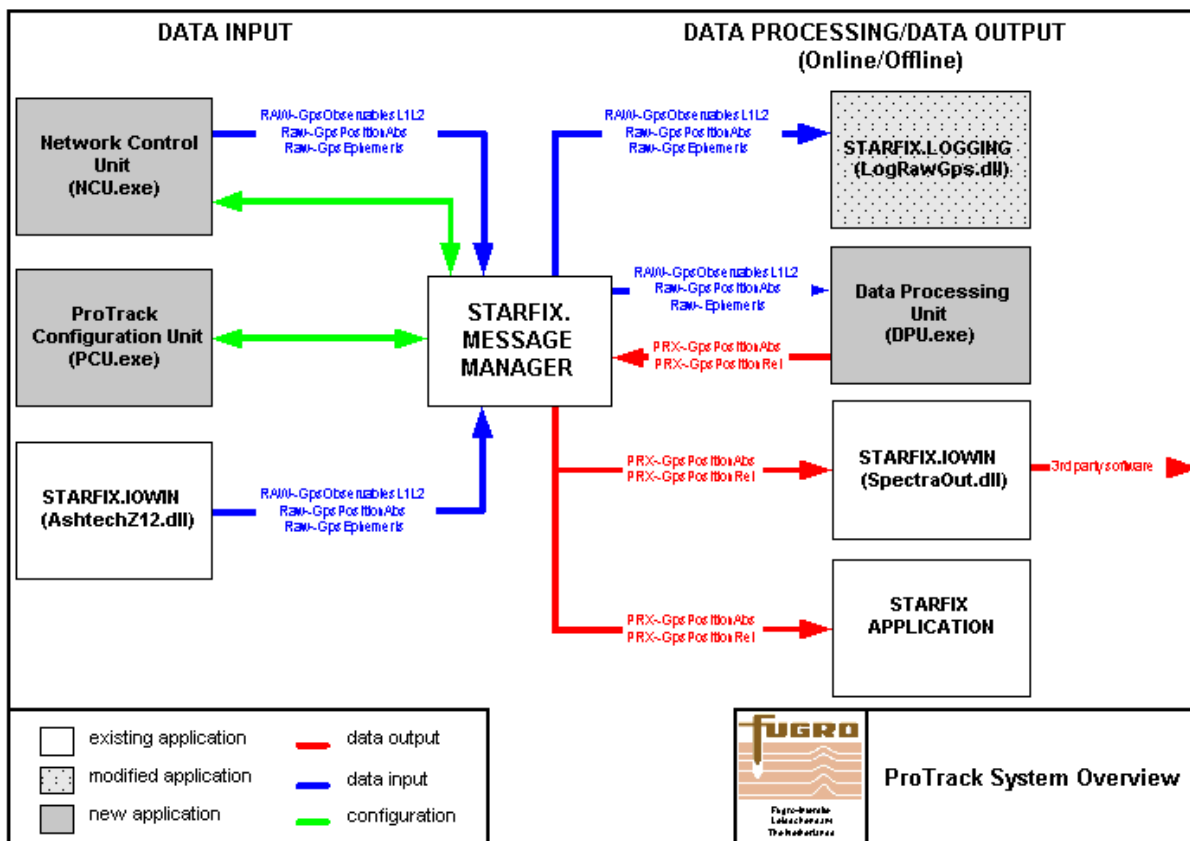
6.5 Programvare

6.5.1 Starfix Navigation Suite

Starfix Navigation Suite er en Fugroutviklet programvarepakke for sanntidsnavigasjon og logging. Ved hjelp av Starfix kan brukere for eksempel vise informasjon, lagre data og betjene sensorer.

Programvarepakken er delt opp i moduler. Dette gjør at en kan benytte de samme modulene til operasjoner som ofte utføres, mens enkeltmoduler tar seg av de mer spesialiserte oppgavene.

Innen bevegelsesovervåking peker modulen ProTrack seg ut som et mulig alternativ. ProTrack benytter seg igjen av andre moduler i Starfix-pakken som vist i følgende figur:



Figur 5: Starfix ProTrack med dataflyt. Illustrasjon: Starfix ProTrack Help.

6.5.1.1 Starfix ProTrack

ProTrack er et system utviklet av Fugro Intersite B.V. Systemet er i utgangspunktet utviklet for bruk innen maritim seismikk. For å kartlegge de geologiske strukturene under havbunnen benyttes støykilder (*guns*) og mottakere som registrerer det reflekterte ekkot av den utsendte lyden. Under seismiske operasjoner taues støykildene og mottakerne etter et seismikkfartøy. Resultatet av kartleggingen er et bilde som beskriver hvordan lyden oppfører seg, og beveger seg, gjennom vannet og havbunnen (Lekkerkerk, 2006). For å kunne utnytte den innsamlede informasjonen er det essensielt å kjenne posisjonen til de ulike komponentene. ProTrack kan levere nøyaktig posisjonering av støykilder (gun floats) under slike operasjoner.



Figur 6: Seismisk kartlegging. Foto: Fugro Survey AS.

ProTrack er i stand til å levere posisjonering med centimeterspresisjon under krevende forhold. Ved hjelp av RTK-algoritmer kan systemet kalkulere relative posisjoner, selv ved få tilgjengelige satellitter (6 sekunders initialiseringstid ved 5 tilgjengelige satellitter). For å oppnå dette, brukes beregningsmotoren "ProTrack L1 & L2". Ved å benytte alle tilgjengelige GPS-satellitter, kalkulerer beregningsmotoren både den relative og den absolutte posisjonen til enhver kombinasjon av tofrekvente GPS-mottakere. Dette kan gjøres i både statiske og kinematiske situasjoner. Mellom mottakerne bestemmes følgende størrelser: 2D-avstand, 3D-avstand, høydeforskjell og retningsvinkel.

ProTrack består av en kombinasjon av følgende maskinvare- og programvarekomponenter: beacons, Network Control Units (NCU), ProTrack Configuration Unit (PCU) og Data Processing Unit (DPU). Et beacon består av en støt- og vannsikker beholder med GPS-antenne, funksjoner som styrer strøm og temperatur, samt konvertering av GPS-data til CAN-bus-infrastrukturen. NCU sørger for kommunikasjon og gir mulighet for tilkobling av opptil 16 beacons. PCU benyttes for å konfigurere beacons. DPU utfører de nødvendige beregningene.

I vårt tilfelle er det kun dataprosesseringsmodulen (DPU) som er aktuell. DPU kan opereres i to modi: online (sanntid) og offline (etterprosessering/avspilling).

Tabell 12: ProTrack, nøyaktighet ved statisk måling.

Antenneavstand (m)	Avstandsnøyaktighet (m)	Retningsnøyaktighet (grader)
5	< 0,03	0,3
50	< 0,03	0,03
500	< 0,03	0,003
5000	< 0,03	0,0003

6.5.1.2 Starfix Message Manager

Message Manager (MM) er på mange måter hjertet i Starfix-systemet. MM tar imot data fra applikasjoner og drivere, og videredistribuerer informasjonen mellom de ulike applikasjonene.

6.5.1.3 Starfix IOWIN

IOWIN-applikasjonen kontrollerer all kommunikasjon gjennom RS232-grensesnittet. RS232 er en standard for sammenkobling av elektroniske komponenter som muliggjør seriell digital kommunikasjon. For hver enhet som kobles til systemet, etableres en driver i IOWIN. Modulen støtter kommunikasjon med en rekke forskjellige utstyrstyper som for eksempel GPS-mottakere, ekkolodd og gyroer. Driverne varierer i kompleksitet. Enkelte enheter støtter fjernkonfigurasjon via IOWIN, mens andre drivere kun mottar/tolker informasjon sendt ut fra enhetene.



Figur 7: RS232-tilkoblinger, testsystem.

En stor fordel ved å benytte seg av en applikasjon som IOWIN, er at en samler all input og output på ett sted. Når en gjør dette, er en ikke avhengig av å sette opp utstyret i hver enkelt modul. En slik løsning gjør det også mulig å dele input fra én sensor mellom flere moduler.

6.5.1.4 Starfix Logging

Starfix Logging tar seg av logging av både rådata fra sensorer og data prosessert i de aktive modulene. Dette sørger blant annet for at all logging som utføres i systemet, er synkronisert og får samme tidsstempling. Starfix Logging støtter en rekke dataformater.

6.5.2 Enhanced High Performance (EHP)

EHP er et kommandobasert program lagd av Fugro Survey AS. Ved å benytte script som automatisk kjøres ved bestemte tidsintervall, kan en utføre beregninger (etterprosessering) på loggede GNSS-data. EHP benytter seg av RINEX-formatet og bruker både GPS og GLONASS i beregningsalgoritmene. Løsningen er i stand til å kalkulere både relative og absolutte posisjoner, i tillegg kan en beregne posisjonen til en ukjent stasjon ved hjelp av en eller flere referansestasjoner. Beregningene baserer

seg på en kombinasjon av enkelt- og dobbeltdifferanser. Det blir korrigert for fasesentervariasjon i antennene.

6.5.3 GeODin

GeODin er en programvareløsning for samling og presentasjon av geologisk-, geoteknisk- og miljødata. Løsningen er lagd av Fugro Consult GMBH. Resultatene kan for eksempel presenteres i GIS- eller DAK-format. GeODin leveres i flere utgaver.

I vårt tilfelle kan GeODin Portal-Server Edition være aktuell. Denne løsningen har allerede blitt benyttet av Fugro Survey på monitoreringsprosjektet på Åkneset. Ved hjelp av en web-basert løsning kan en lage rapporter og diagrammer for å vise geologiske og geotekniske data og dessuten analyseresultater. Websidene produseres etter hvert som de blir vist, basert på innholdet i prosjektdatabasen. Rapporter i PDF-format kan genereres.

GeODin Portal-Server Edition inneholder også GeODin Guardian. Ved hjelp av denne modulen kan en overvåke selve databasen og sende ut varsler, for eksempel per e-post eller SMS, dersom visse kriterier oppfylles. Utsendelse av faste statusrapporter er en annen nyttig funksjon.

For å designe web-portalen brukes GeODin Enterprise Edition.

6.5.4 Leica GNSS Spider/QC

6.5.4.1 Generelt

Leica GNSS Spider (heretter Spider) er en programvarepakke som tar seg av styring og overvåking av GNSS-baserte referansestasjoner og nettverk av referansestasjoner.

Programvarepakken lar brukeren sette opp nettverk av GNSS-mottakere, for så å beregne ulike produkter ut ifra dette nettverket. Eksempler på produkter er nettverksbaserte RTK-løsninger, RTK-løsninger basert på enkeltstasjoner og rådataobservasjoner for geodetiske overvåkningsstasjoner. Spider består av to hovermoduler, SpiderNET og Positioning/Post-processing. SpiderNET tar seg av sanntidsovervåking og nettverksanalyse, noe som resulterer i økt RTK-kvalitet, selv over lengre avstander. Positioning/Post-processing-modulen bidrar med sanntidsovervåking og etterprosessert analyse av referansestasjoners posisjon, for å overvåke endringer i disse.

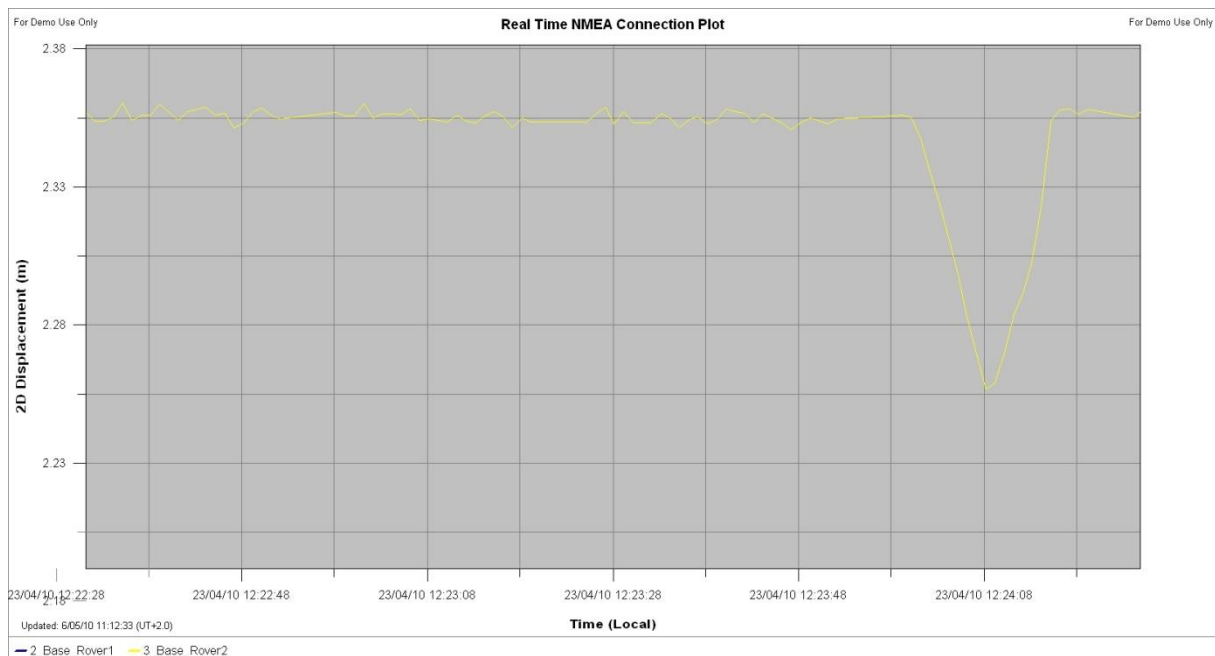
Leica GNSS QC (heretter QC) er et naturlig tilskudd til Spider dersom en skal utføre monitorering. Ved å sette opp et referansenettverk i Spider, for så ut ifra dette å produsere posisjoneringsprodukter som kan overvåkes ved hjelp av QC, er en i stand til i sanntid å overvåke eventuelle bevegelser i referansestasjonene. QC kan levere en rekke statistiske mål på posisjoneringskvalitet. Eksempler på dette er mål på absolutt nøyaktighet, satellittgeometri, multipath-analyse og estimering av atmosfæriske forhold. Programvaren kan også settes opp til automatisk å publisere resultater på internett, i form av en webside. En kan også sette opp grenseverdier som utløser alarmer dersom de blir brutt.

6.5.4.2 Visualisering

Leica GNSS QC mottar, som beskrevet, data fra Spider, enten via utvekslingsformatet NMEA eller gjennom en direkte tilkobling til Spiders nettverksserver. Sanntidsdata kan vises på en rekke måter, som vist i tabell 13.

Tabell 13: Visualiseringsfunksjoner i Leica GNSS QC.

Visualisering	Beskrivelse
2D	Viser stasjonenes todimensjonale forflytning.
3D	Viser stasjonenes tredimensjonale forflytning.
Longitududal	Stasjonenes forflytning i bredderetning.
Transverse	Stasjonenes forflytning i lengderetning.
Easting	Stasjonenes forflytning, easting.
Northing	Stasjonenes forflytning, northing.
Height	Stasjonenes forflytning, høyde.
2D Scatter	Plott av punktenes variasjon per epoke.
2D Vector	Vektor mellom stasjonene.
Height Vector	Høydevektor mellom stasjonene.
2D Velocity	Stasjonenes bevegelse (fart) i grunnriss.
Height Velocity	Stasjonenes bevegelse (fart) i høyde.
Coordinate Quality	Koordinatenes kvalitet.
HDOP	Horizontal DOP-verdi.
Sattelites Used	Hvilke satellitter som benyttes.
Troposphere ZPD	Estimert troposfærisk baneforsinkelse i zenit.
Tropo East Gradient	Troposfærisk gradient i østretning.
Tropo North Gradient	Troposfærisk gradient i nordretning.
X Tilt	Plotting av tiltdata fra nivelleringsinstrument.
Y Tilt	Plotting av tiltdata fra nivelleringsinstrument.
Temperature	Temperaturplott.



Figur 8: Leica GNSS QC Real Time Connection Plot, Rover 2 i bevegelse.

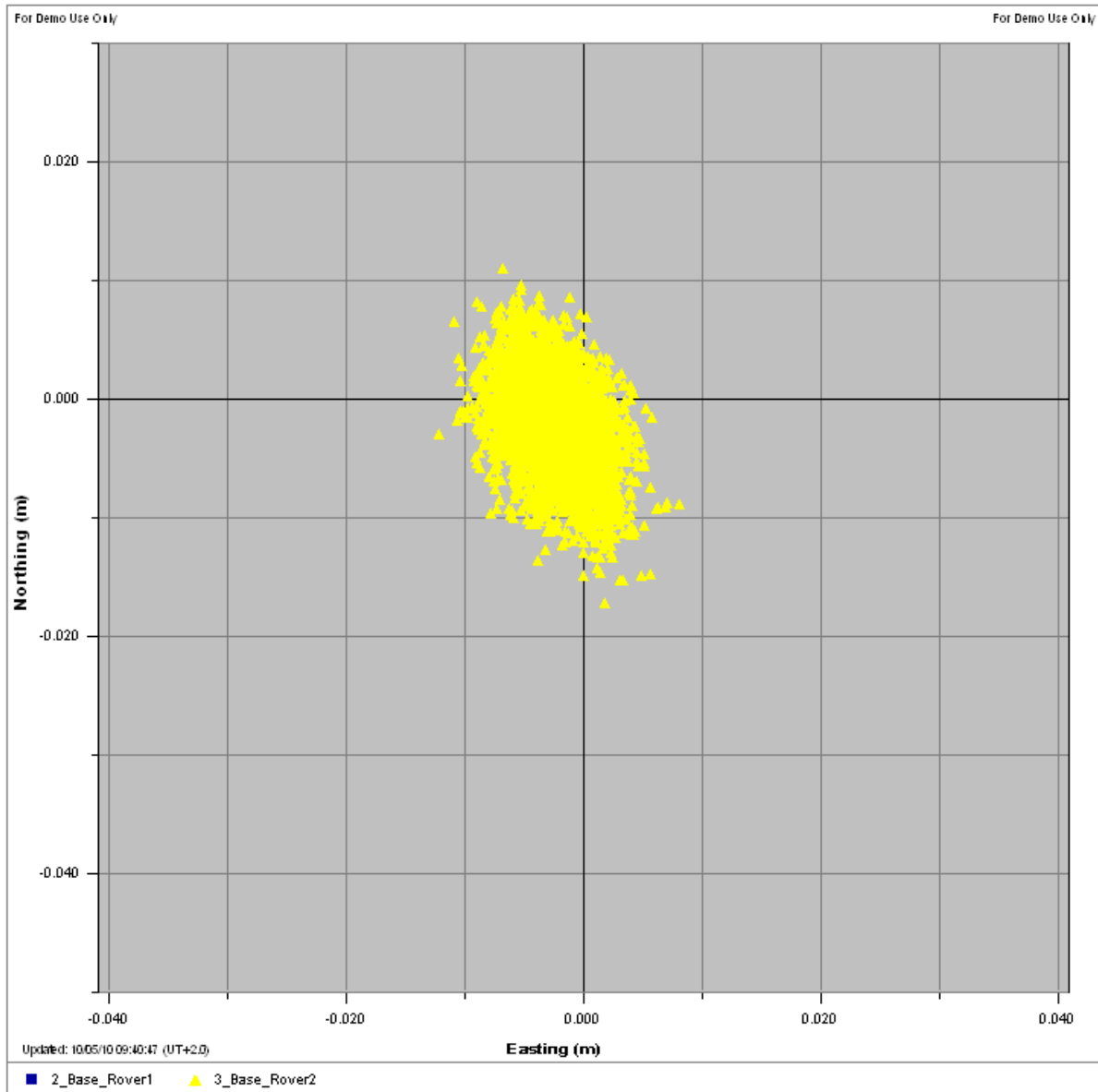
I tillegg til disse lokale sanntidsfunksjonene kan programvaren presentere informasjonen i form av websider. I innstillingene kan en selv bestemme hvilken statistikk en vil gjøre tilgjengelig. Oppdateringshastigheten er også brukerbestemt. Figur 9 viser et eksempel på tilgjengelig statusinformasjon.

CN | DE | EN | FR

Real Time Coordinate Analysis Summary

Select the plot type:

2D Scatter: The difference in plan from the reference coordinate.:



Last Modified: 10/05/10 09:40:47 (UT+2.0)

Figur 9: Leica GNSS QC, Real Time Coordinate Analysis Summary. Webside med informasjon om posisjoningsstatus.

6.5.4.3 Varsling

QC lar brukeren konfigurere toleransegrenser som vil utløse alarmer dersom de blir overskredet. Grenser kan settes basert på avvik i absolutt posisjon eller for eksempel på bakgrunn av beregnet nøyaktighet, som vist i figur 10. En kan legge inn flere grenser eller nivåer, og for hver grense som brytes, kan en angi hvilke varsler/alarmer som skal sendes.

Det er tre typer handlinger som kan iverksettes når en toleransegrense brytes. Et forhåndsbestemt e-postvarsel eller en SMS kan sendes eller en applikasjon kan kjøres (EXE/BAT).

	Limit 1	Limit 2	Limit 3
<input type="checkbox"/> Longitudinal [m]	0.25	0.5	1
<input type="checkbox"/> Transverse [m]	0.05	0.1	0.15
<input type="checkbox"/> Height [m]	0.05	0.1	0.15
<input checked="" type="checkbox"/> 2D [m]	0.25	0.5	1
<input type="checkbox"/> 3D [m]	0.05	0.1	0.15
<input type="checkbox"/> 2D Accuracy [m]	0.01	0.03	0.1
<input type="checkbox"/> Height Accuracy [m]	0.025	0.08	0.25
<input type="checkbox"/> Availability [%]	95	90	80

Figur 10: Leica GNSS QC, toleransegrenser.

6.5.5 Leica GeoMoS

Leica GeoMoS leveres av Leica Geosystems AG. Programvarepakken er lagd for monitorering og blir benyttet innen blant annet deformasjonsmonitorering, overvåking av jordskredutsatte områder og generell automatisk måling. GeoMoS består av to hovedmoduler, Monitor og Analyser. Monitor tar seg av sensor kontroll, datainnsamling, prosessering og hendelseshåndtering, mens Analyser er en offlineapplikasjon som tar seg av analyse, visualisering og etterprosessering av innsamlet data.

En av fordelene med GeoMoS er lagringsmetoden. Alle målinger og resultater lagres i en åpen SQL-database. Dette gjør brukere i stand til å ta i bruk lagret data både lokalt og over nettverk.

Leica tilbyr også en tjeneste kalt GeoMoS Web. Tjenesten leverer visualisering og analyse av monitoreringsdata innsamlet via GeoMoS. Gjennom systemet får en raskt overblikk over monitoreringssystemet, tilgjengelige resultater og annen informasjon. Løsningen kan i stor grad tilpasses den individuelle bruker. Analyseverktøyene lar brukere raskt vise resultatene av pågående beregninger og etterprosesserte data. Også dette verktøyet kan tilpasses den enkelte bruker. Et av

de store fortrinnene med GeoMoS Web er at brukerne selv ikke trenger stille med hardware og installasjon.

6.5.5.1 Spesifikasjoner

Tabell 14: Spesifikasjoner, Leica GeoMoS.

Spesifikasjon	Beskrivelse/verdi
Støttede sensorer	Totalstasjon GNSS Niveller Tiltsensor Meteorologiske sensorer Vitenskapelige dataloggere
Samtidig bruk av flere sensorer	Ja
Fjernovervåking	Ja
Fjernkontroll	Ja
Datalagring	Åpen SQL-database
Automatisk sikkerhetskopiering	Ja
Overvåkning over nettverk	Ja

6.5.6 Trimble 4D Control

Trimble 4D Control er en programvareløsning lagd for å kunne prosessere målinger for deformasjonsanalyse. Programmet kan for øyeblikket kun motta data fra Trimbles totalstasjon S8. En ny versjon av programvarepakken forventes innen kort tid (vår 2010). Den nye versjonen vil også støtte Trimbles GNSS-mottakere. Programvarepakken er i stand til å kalkulere bevegelse enten i sanntid eller i form av etterprosessering. Alarmer kan sendes ut etter predefinerte kriterier. 4D Control lagrer resultater, hendelser og observasjoner i en sentral database.

6.5.6.1 Spesifikasjoner

Tabell 15: Spesifikasjoner, Trimble 4D Control.

Spesifikasjon	Beskrivelse/verdi
Støttede sensorer	Totalstasjon GNSS Meteorologiske sensorer
Samtidig bruk av flere sensorer	Ja
Fjernovervåking	Ja
Fjernkontroll	Ja
Datalagring	Database
Automatisk sikkerhetskopiering	Ja
Overvåkning over nettverk	Ja

6.6 Overvåkning og kontroll

Som beskrevet i forrige kapittel, støtter mange av programvareløsningene tilgjengeliggjøring av resultater på Internett. Dette gir brukere muligheten til å overvåke systemenes status i tillegg til statistikk vedrørende størrelsene som monitoreres. Slike funksjoner krever naturligvis tilgang til Internett, enten i form av satellittbaserte løsninger eller kablet nettverk.

Disse funksjonene gjør en imidlertid ikke alltid i stand til å kontrollere selve oppsettet til monitoreringsløsningene. For å kunne fjernstyre systemene kan en benytte seg av VNC (Virtual Network Computing). VNC er et system for deling av skrivebord over nettverk. Protokollen oversender museklikk og tastetrykk over nettverket, mens skjermbildet sendes tilbake. Dersom en benytter sensorer som kan kontrolleres via en datamaskin, vil en slik kunne ha fullstendig kontroll med et monitoreringsoppsett uten fysisk å være tilstede. Det finnes et bredt utvalg av VNC-løsninger tilgjengelig i markedet.

6.7 Radiolink

6.7.1 Generelt

For å sende data via radio trenger en to radiomodemer og to antenner. Radiomodemer egnet for bruk sammen med landmålingsutstyr, sender som oftest med en effekt på mellom 100mW og 1W. Høyere effektnivåer er tilgjengelige. Radiomodemene opererer med hastigheter på opptil 19200bps. Rekkevidden til de ulike modemene varierer etter hvilke topologiske utfordringer signalet sendes gjennom, samt hvilket frekvensbånd og hvilken effekt som benyttes.

6.7.2 Satelline

Satelline radiomodemer er mye brukt innen profesjonell oppmåling, spesielt sammen med GNSS-mottakere. Satel AS leverer en rekke forskjellige modemer innenfor ulike frekvensbånd og med forskjellig signaleffekt. Fugro Survey AS har tidligere benyttet Satelline-radioer ved Åknesprosjektet. Her ble det benyttet 9 Satelline 3AS(d) radiomodemer for kontinuerlig sending av data over lengre tid. Satelline er derfor høyaktuelle som leverandører av pålitelig radiosamband ved monitoreringsprosjekter.

6.7.2.1 Spesifikasjoner

Tabell 16: Spesifikasjoner, Satelline 3AS (d).

Spesifikasjon	Verdi
Effekt	10mW - 1W
Data hastighet(luft)	300 - 19200bps
Frekvensbånd	380 - 470MHz
Kommunikasjon	RS-232, 485 og 422
Pris	15 000 NOK

6.7.3 Pacific Crest

Pacific Crest leverer løsninger for trådløs kommunikasjon og spesialtilpassede GNSS-mottakere fra Trimble. Når det gjelder radiomodemer, vil ADL (Advanced Data Link) Vantage-modellen være blant de mest aktuelle til bruk innen monitorering. Vantage-modellen er utstyrt med den nyeste ADL-teknologien og er samtidig kompatibel med eldre Pacific Crest modeller og andre radiomodemer levert av Satel og Trimble (Pacific Crest Corporation, 2010). ADL Vantage tåler store temperatursvingninger, vann og vibrasjoner.

6.7.3.1 Spesifikasjoner

Tabell 17: Spesifikasjoner, Pacific Crest ADL Vantage.

Spesifikasjon	Verdi
Effekt	100mW - 4W
Data hastighet(luft)	Maks 19200bps
Frekvensbånd	390-430, 430-470MHz
Kommunikasjon	1stk RS232, maks 115,2kbps
Pris	Ikke mottatt.

6.8 Wi-Fi

Moderne GNSS-mottakere er gjerne utstyrt med muligheter for tilkobling til trådløst nettverk. Tanken bak dette er at en skal kunne sende data mellom stasjoner uten å måtte benytte kabler eller direkte radiolink. Fordelene med å bruke trådløst nettverk fremfor direkte radiolink, er blant annet enklere oppsett med tanke på frekvensstyring, integrerte nettverkskort i GNSS-mottakere, enklere toveiskommunikasjon, høyere datahastigheter og lavere pris.

Utvalget av Wi-Fi-løsninger er i dag meget stort. En mulig Wi-Fi-løsning er den trådløse routeren Bullet HP2 fra Ubiquiti Networks. Ruterer kan settes opp både som sender og mottaker, med regulerbar effekt og tilpasset hastighet (Ubiquiti Networks, 2010). Prisen for en Bullet HP2 er 1299 NOK.

6.9 Prosesseringsdatamaskin

For å utføre de kontinuerlige beregningene bør en robust prosesseringsdatamaskin benyttes. Fugro Survey AS har gode erfaringer med bruk av AEC-6910 fra AEON. Denne datamaskinen er vifteløs og designet med tanke på høy pålitelighet.

6.10 Uninterruptable Power Supply (UPS)

For å forsikre at en eventuell strømstans ikke skal gå ut over monitoreringen, bør en benytte UPSer. Disse må installeres ved alle strømkrevende instrumenter. Siden utstyret skal benyttes under krevende forhold, bør robusthet og pålitelighet vektlegges. UPSer er standardutstyr, tilgjengelig fra en rekke leverandører.

7 Vurdering og valg av løsning

7.1 Sammenligning

Tabell 18: Sammenligning av spesifikasjoner, priser ekskl. MVA.

	Nøyaktighet	Måle- frekvens	Montering	Vedlikehold	Pris (komplett)
GNSS					
Trimble	10 mm	20 Hz	Enkel	Lite/ingen	R8: 800 000 NOK
Leica	10 mm	20 Hz	Enkel	Lite/ingen	Viva GS15: 630 420 NOK GMX902 GG: 339 400 NOK
Topcon	10 mm	20 Hz	Enkel	Lite/ingen	GR3: 556 000 NOK
Totalstasjon					
Trimble	0,15 - 0,3 mgon 5 mm + 2 ppm	2,5 Hz (Tracking)	Omfattende	Noe	S8: 375 000 NOK
Leica	0,3 mgon 3 mm + 1 ppm	6,7 Hz (Tracking)	Omfattende	Noe	TM30: 332 448 NOK
Topcon	0,3 mgon 2 mm + 2 ppm	2 Hz (Tracking)	Omfattende	Noe	GPT9001A: 199 999 NOK
Radar					
RADius	0,25° - 0,25 m	5 Hz	Enkel	Lite	613 000 NOK
RadaScan	0,02° @ 200 m 0,06° @ 500 m < 0,1 % av avst.	3 Hz	Omfattende	Noe	Ikke mottatt.
Laser					
Fanbeam	20 cm	7,5 Hz	Enkel	Noe	365 000 NOK
CyScan	0,03° < 0,5 % av avst.	Ukjent	Enkel	Noe	Ikke mottatt.

7.2 Vurdering av tilgjengelige løsninger

Hvilket system løser problemstillingen best? Avgjørende faktorer er: nøyaktighet, pålitelighet, tidsbruk og økonomi. På grunn av den forventede bevegelsen på ± 1 meter, har vi kommet frem til at løsningen må kunne levere en nøyaktighet på ± 5 cm (1σ). Dette innebærer at 99 % av observasjonene faller innenfor ± 15 cm. Systemet skal operere kontinuerlig over lengre tidsperioder, under krevende forhold. Behov for vedlikehold og reparasjoner bør holdes på et minimum. Når det gjelder tid, stilles det krav om at systemet skal kunne levere en sanntidsfremstilling av relativ bevegelse. Å vurdere det økonomiske aspektet ved problemstillingen er utfordrende siden det har vært vanskelig å få komplette tilbud med priser fra leverandørene. Kostnadene vil variere etter hvilke avtaler som eksisterer og eventuelle pakkepriser. Vi presenterer derfor kun kostnadene til hovedkomponentene, som vist i tabell 18, vedlegg N. Disse diskuteres ikke videre.

Både laser- og radarløsningene som har blitt beskrevet, er lagd for bruk under krevende maritime forhold. Disse er ofte enkle i bruk og inneholder få aktive komponenter, noe som resulterer i høy grad av pålitelighet. Lasersystemene er avhengige av at siktelinjen til målene ikke blir brutt, noe som erfaringsmessig kan være problematisk på offshoreinstallasjoner. Dette er imidlertid ikke et like stort problem for radarbaserte systemer. Oppdateringsfrekvensen til disse systemene (>3 Hz) gjør løsningene svært godt egnet til å levere sanntidsdata. Medfølgende programvare vil kunne modifieres til å levere det ønskede resultatet. Laser- og radarløsninger kan imidlertid kun levere nøyaktigheter på rundt ± 25 cm (1σ). En slik nøyaktighet vurderes som uakseptabelt for langtidsovervåking for å se trenden i relativ bevegelse. Til tross for dette kan laser- og radarsystemer utgjøre gode backup-løsninger, men de er ikke i stand til alene å løse problemstillingen.

En totalstasjonsbasert løsning vil kunne levere observasjoner med en nøyaktighet på millimeternivå. Dette er imidlertid ikke påkrevd for å løse problemstillingen. Satellittbaserte løsninger er i stand til i sanntid å levere nøyaktigheter på centimeternivå, noe som oppfyller kravene som stilles til monitoreringen. Totalstasjonen er avhengig av å måle til flere prismer for å kunne levere ønsket resultat, dette krever at enheten mekanisk beveger seg mellom hver oppdatering. Et totalstasjonsbasert system vil derfor ikke kunne oppnå samme observasjonsfrekvens som et GNSS. Det at satellitmottakere ikke innehar bevegelige deler, gir GNSS-baserte løsninger et stort fortrinn med tanke på pålitelighet. Totalstasjoner er svært følsomme for vibrasjoner, noe som ofte opptrer på offshoreinstallasjoner. Totalstasjonsløsningen er kun avhengig av én aktiv enhet, passive reflektorer kan enkelt monteres på den flyttbare plattformen. Systemet kan dermed lett utvides ved å installere flere prismer. Når en benytter passive reflektorer, eliminerer en også behovet for kabel- eller radiobasert kommunikasjon mellom plattformene. Bruk av reflektorer krever imidlertid en ubrutt siktelinje, noe som kan være problematisk i et offshoremiljø; vær, vind, salt samt andre obstruksjoner kan påføre målinger feil, eller hindre dem fullstendig. En GNSS-løsning påvirkes ikke nevneverdig av slike ytre forhold da en ikke er avhengig av fri sikt mellom mottakerne. Bruk av satellitmottakere krever imidlertid fritt utsyn mot himmelen for å oppnå god satellittgeometri. I tilfeller der utsynet er dårlig, kan satellittdekningen økes ved å benytte mottakere som er i stand til å tolke signaler fra alle tilgjengelige GNSS. En kan også etablere obstruksjonskart for å forhindre feil som følge av signalforringelse i obstruksjonsområdene. Etablering av retningsbaserte obstruksjonskart vil gi bedre nøyaktighet enn å justere elevasjonsvinkelen for hele horisonten (Klostius et al., 2006). Et system som skal benyttes offshore, bør være vedlikeholdsfritt, slik at en minimerer behovet for å sende ut personell for å utføre dette. Her har GNSS et fortrinn. Utstyret er mindre ømfintlig for ytre påvirkninger, og mangelen på bevegelige deler eliminerer alle former for mekanisk slitasje. Å benytte en GNSS-løsning vil også gi systemet en viss redundans; dersom en rover slutter å virke, vil en fremdeles kunne beregne relativ bevegelse. Dersom en totalstasjon slutter å virke, vil monitorering ikke kunne gjennomføres. Erfaringsmessig har bruk av totalstasjoner offshore medført vanskeligheter med tanke på pålitelighet, dette bekreftes av både brukere og leverandører. Vi utelukker derfor totalstasjonen som et mulig verktøy for langtidsovervåking.

7.3 Valg av løsning

Ut ifra spesifikasjonene og vurderingene gjort i forrige avsnitt, har vi kommet frem til at en GNSS-basert løsning vil være det beste alternativet.

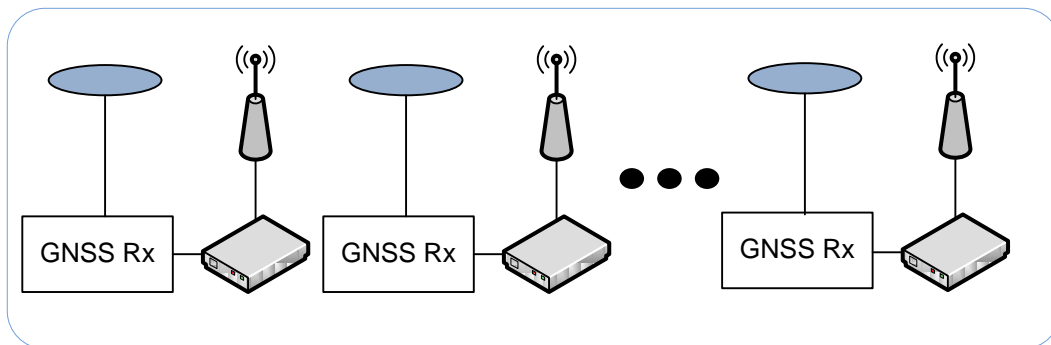
Alle GNSS-komponentene som er beskrevet i denne rapporten, er i prinsippet i stand til å løse problemet rundt monitorering av relative bevegelser offshore. Valg av leverandør vil sannsynligvis ikke påvirke resultatene nevneverdig. Vi tror imidlertid at valg av programvare/prosesseringsverktøy kan være en vesentlig faktor. Valg av programvare vil være med på å bestemme hva slags utstyr som er best egnet, og derfor vil vi i testfasen forsøke å fastslå kvaliteten på resultatene som de forskjellige programvarepakkene leverer.

7.3.1 Generell løsning

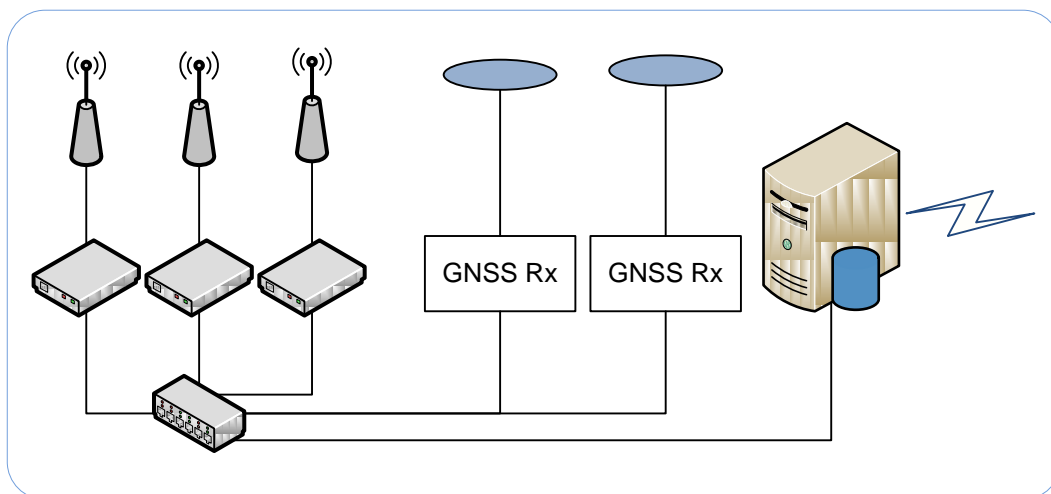
På generell basis vil vi anbefale en løsning bestående av følgende hovedkomponenter:

- 4 x GNSS-antenner
- 4 x GNSS-mottakere
- 3 x radiosendere
- 3 x radiomottakere
- 6 x radioantenner
- 1 x prosesseringsdatamaskin

I tillegg til disse komponentene trenger en utstyr som for eksempel kabler, strømforsyninger, UPSer og monteringsbraketter.



Figur 11: Komponenter på flyttbar installasjon.



Figur 12: Komponenter på fast installasjon.

7.3.2 Prosesseringsdatamaskin

Datamaskinen som skal prosessere GNSS-observasjonene, må være lagd for å fungere under krevende forhold. Enheten må sikres best mulig mot vær og vind, og det bør tas skritt for å minske effekten av eventuelle vibrasjoner.

7.3.3 Mottakere

Antall GNSS-mottakere kan justeres etter behov. Vi anbefaler å ha minimum 2 mottakere på den faste installasjonen. Disse benyttes som referansestasjoner, og dermed utgangspunkt for vektorberegningene. Ved å ha flere tilgjengelige referansestasjoner er en bedre sikret dersom en stasjon skulle falle ut.

Antallet mottakere på den flyttbare installasjonen kan også justeres etter behov. Vi anbefaler minimum to. Når en benytter to mottakere, er en i stand til å bedømme både relativ bevegelse og rotasjon rundt z-aksen. Dersom en av mottakerne faller ut, er en fremdeles i stand til å tallfeste den relative bevegelsen. Ved å innføre ytterligere mottakere sikrer en seg bedre mot uforutsette hendelser.

7.3.4 Kommunikasjon

For kommunikasjon mellom prosesseringsdatamaskin og GNSS-mottakere anbefaler vi å benytte enten direkte radiolink eller Wi-Fi. Erfaringer fra blant annet monitoreringen på Åkneset tilsier at bruk av Satel radiomodem sørger for pålitelig kommunikasjon. Her er det viktig å klarere frekvensbruk slik at en unngår interferens med eksisterende systemer.

7.3.5 Ex-klassifisering

Når utstyret skal monteres på installasjonene, er det essensielt at en kjenner til de ulike områdenes ex-klassifisering. Ex-klassifiserte radioantenner er tilgjengelige hos en rekke produsenter. Ex-klassifiserte GNSS-antenner og -mottakere kan imidlertid være vanskeligere å få tak i. I tillegg vil disse komponentene være dyrere. Det bør derfor tilstrebtes å plassere utstyr i uklassifiserte områder.

8 Testing

8.1 Beskrivelse av test

8.1.1 Grunnlag

Siden vi har kommet fram til at GNSS vil egne seg best til å løse problemstillingen, er det denne typen systemer vi vil teste. Som tidligere nevnt, anså vi det som sannsynlig at utstyr fra alle de aktuelle leverandørene ville være i stand til å løse oppgaven. Det vi imidlertid mente kunne gi utslag på kvaliteten til monitoreringen, var valg av programvare. Dette ville igjen kunne påvirke valg av utstyr. En vil for eksempel best kunne utnytte mulighetene i Leicas programvareløsninger ved også å benytte deres GNSS-mottakere. Testfasen vil derfor gå ut på å kontrollere og sammenligne nøyaktigheten til de ulike programvareløsningene.

8.1.2 Programvareløsninger

I testfasen vurderte vi programvarepakken Fugro Starfix ProTrack og Leica GNSS Spider/QC.

Fugro Starfix ProTrack utpekte seg av flere grunner som et høyaktuelt verktøy for bevegelsesmonitorering offshore. Programvaren brukes allerede til lignende formål, blant annet på Åkneset. Det at programvaren er produsert av Fugro, er gunstig med tanke på pris, distribusjon og support. ProTrack benytter seg imidlertid kun av GPS-observasjoner (L1/L2). Vi ville i testfasen undersøke om dette hadde en negativ effekt på resultatene.

Av vår kontaktperson hos Leica Geosystems AS ble vi anbefalt å benytte Leica GNSS Spider/QC til å løse problemstillingen. I testfasen ville vi derfor teste disse programmene mot ProTrack og fasit.

For å komme frem til fasitmålinger under testfasen benyttet vi programvarepakken Novatel Waypoint GrafNav og GrafNet. Ved hjelp av GrafNet etterprosesserte vi observasjonsmaterialet for å komme frem til fasitkoordinater basert på perioder med statisk GNSS-måling. Posisjonene ble beregnet differensielt med utgangspunkt i en gitt koordinat for punktet Base. For å komme frem til dynamiske fasitkoordinater for roverne, per sekund, benyttet vi GrafNav. GrafNav bruker avanserte algoritmer for å rette feil i observasjonsmaterialet, og er slik i stand til å komme frem til best mulig simulert sanntidsresultat.

Testing av valgt system foregikk i perioden 16. – 23. april 2010 ved Fugro Survey AS' hovedkontor på Skøyen i Oslo.

8.1.3 Utstyr

For å komme frem til hvilket utstyr som egnet seg best til testingen, ble de ulike leverandørene kontaktet med spørsmål om hvilke mottakere/antenner som burde benyttes og eventuelt kunne lånes. Det ble også undersøkt hvilke radioløsninger som kunne inngå i systemet. I tillegg ble det gjennomgått hvilket utstyr som var tilgjengelig på Høgskolen i Gjøvik og hos Fugro Survey AS.

Utstyret som til slutt ble benyttet, ble lånt av Høgskolen i Gjøvik, Fugro Survey AS og Fugro Seastar AS.

Tabell 19: Oversikt over utstyr til testing.

Utstyr:	Lånt av:
3 stk Topcon Legacy Mottakere	Fugro Survey AS
2 stk Topcon PG-A1 Antenner	Fugro Survey AS
1 stk Topcon MG-A2 Antenne	Fugro Seastar AS
1 rackmontert datamaskin	Fugro Survey AS
Kabler og koblinger	Fugro Survey AS
2 stk Satel 2AS Radiomodem	Høgskolen i Gjøvik
2 stk Satel 3AS Radiomodem	Høgskolen i Gjøvik
1 stk Stativ	Fugro Survey AS
1 stk Stativ med hjul	Fugro Survey AS
1 stk Trefot	Fugro Survey AS
1 stk Trekant	Fugro Survey AS
3 stk eksterne strømforsyninger til Topcon Legacy E mottakere	Fugro Survey AS
Programvare Leica GNSS Spider	Leica Geosystems Norge
Programvare Leica GNSS QC	Leica Geosystems Norge
Programvarepakken Starfix Suite	Fugro Survey AS
Novatel Waypoint (GrafMov, GrafNet og GrafNav)	Fugro Survey AS
Programvare Topcon PC-CDU	Fugro Survey AS

8.1.4 Testsystem og oppsett

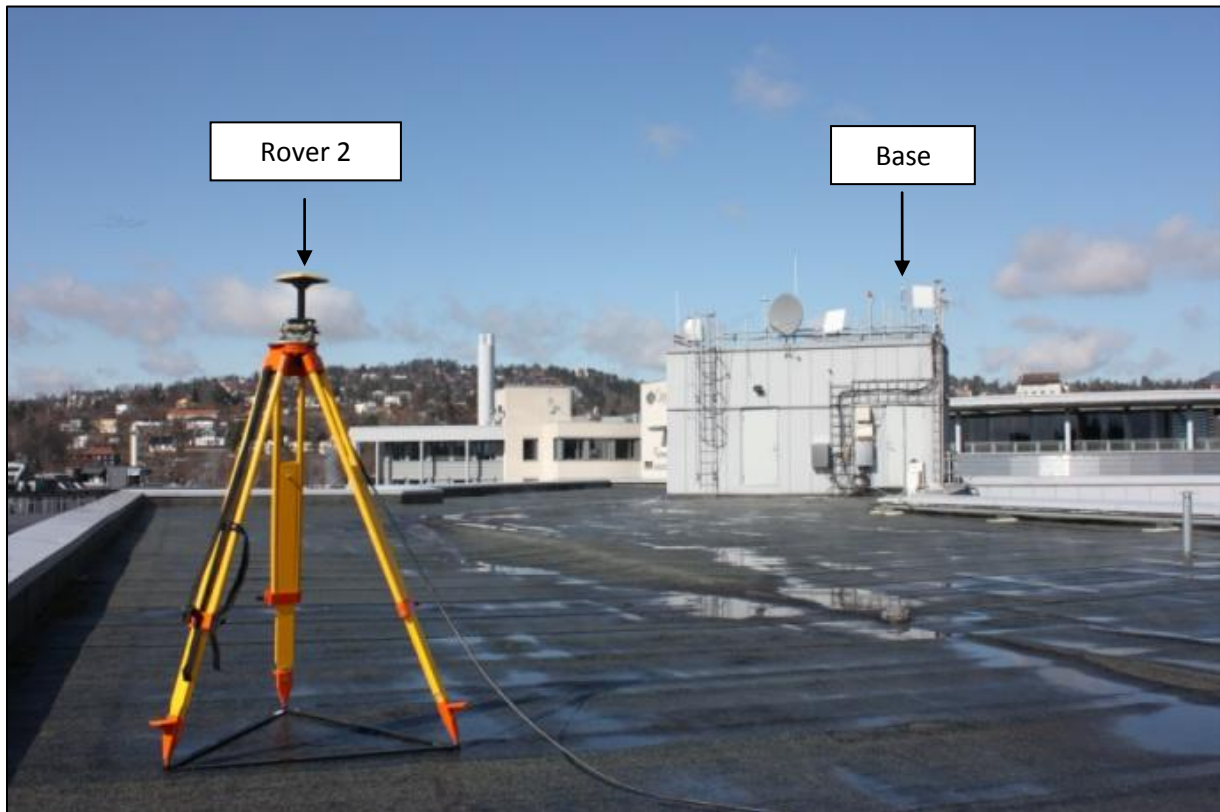
Optimalt sett ville vi benyttet tre like GNSS-antenner/-mottakere. Vi var imidlertid ikke i stand til å fremskaffe tre like antenner av typen Topcon PG-A1. Vi fikk derfor låne en antenne av typen Topcon MG-A2 av Fugro Seastar AS. Den eneste forskjellen mellom disse antennene er at MG-A2 mangler bunn-plate. Antennen kan derfor være mer utsatt for virkningene av multipath. For å minske denne effekten ble det satt en elevasjonsmaske på 15 grader i den tilkoblede mottakeren. Elevasjonsmasken for de andre mottakerne ble satt til 10 grader.

De tre GNSS-antennene ble plassert på taket til Fugros hovedkontorer i Oslo i henhold til figur 13. Antennene ble plassert så langt fra hverandre som kablingen tillot. Dette for å sikre god geometri mellom stasjonene.

Mottakerne som ble benyttet var av typen Topcon Legacy E. Disse mottakerne er godt utprøvd og tidligere testet i lignende systemer. Mottakerne representerer ikke siste utvikling innen GNSS, men de er i stand til å benytte seg av de fleste utsendte GPS- og GLONASS-signaler. Mottakerne ble koblet til hver sin strømforsyning, og tilkoblingen til prosesseringdatamaskinen skjedde gjennom RS232-kabler, som vist i figur 14. Rådata ble streamet fra to porter på hver mottaker, slik at vi skulle kunne motta datastrømmen via både Starfix og Spider. De tre mottakerne ble ved hjelp av Topcon-programmet PC-CDU gitt samme oppsett, og konfigurert til å sende data i henhold til tabell 20.

Tabell 20: Oversikt, dataporter.

Mottaker	Port 1	Port2
1	Starfix (rådata)	Spider (RTCM)
2	Starfix (rådata)	Spider (RTCM)
3	Starfix (rådata)	Spider (RTCM)

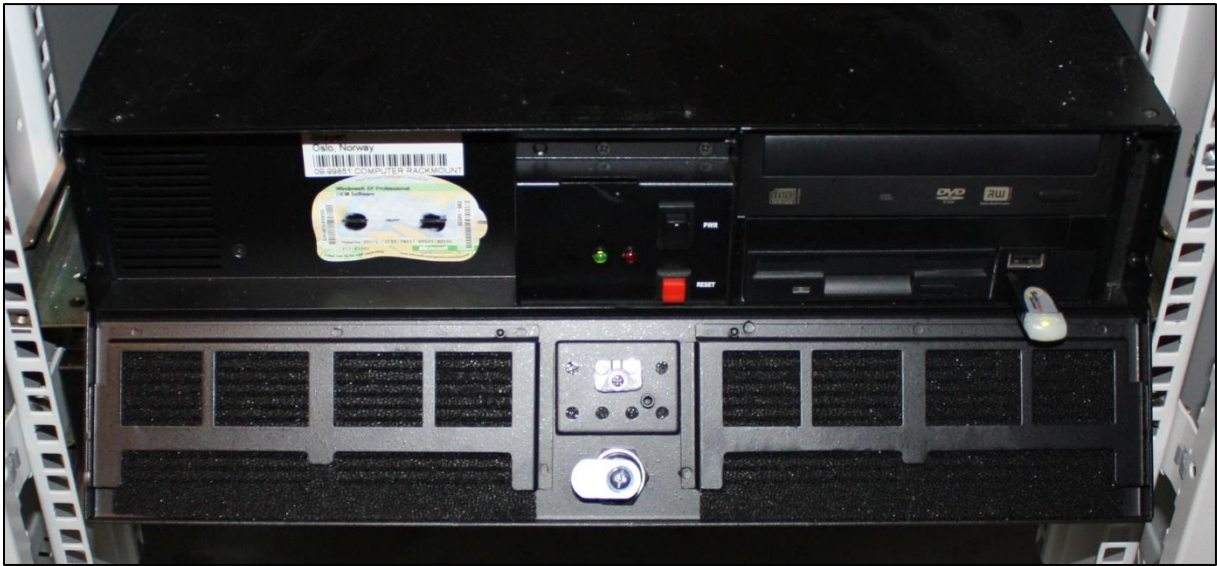


Figur 13: Rover 2 og Base.



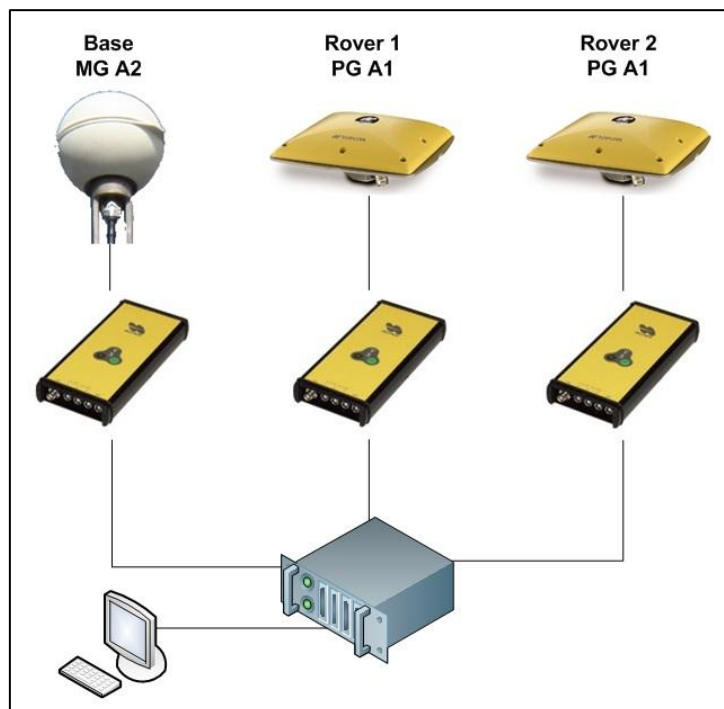
Figur 14: Rover 1 og Rover 2 i rack.

Den rackmonterte datamaskinen kjørte Windows XP Professional. Oppdatert programvare ble lagt inn.

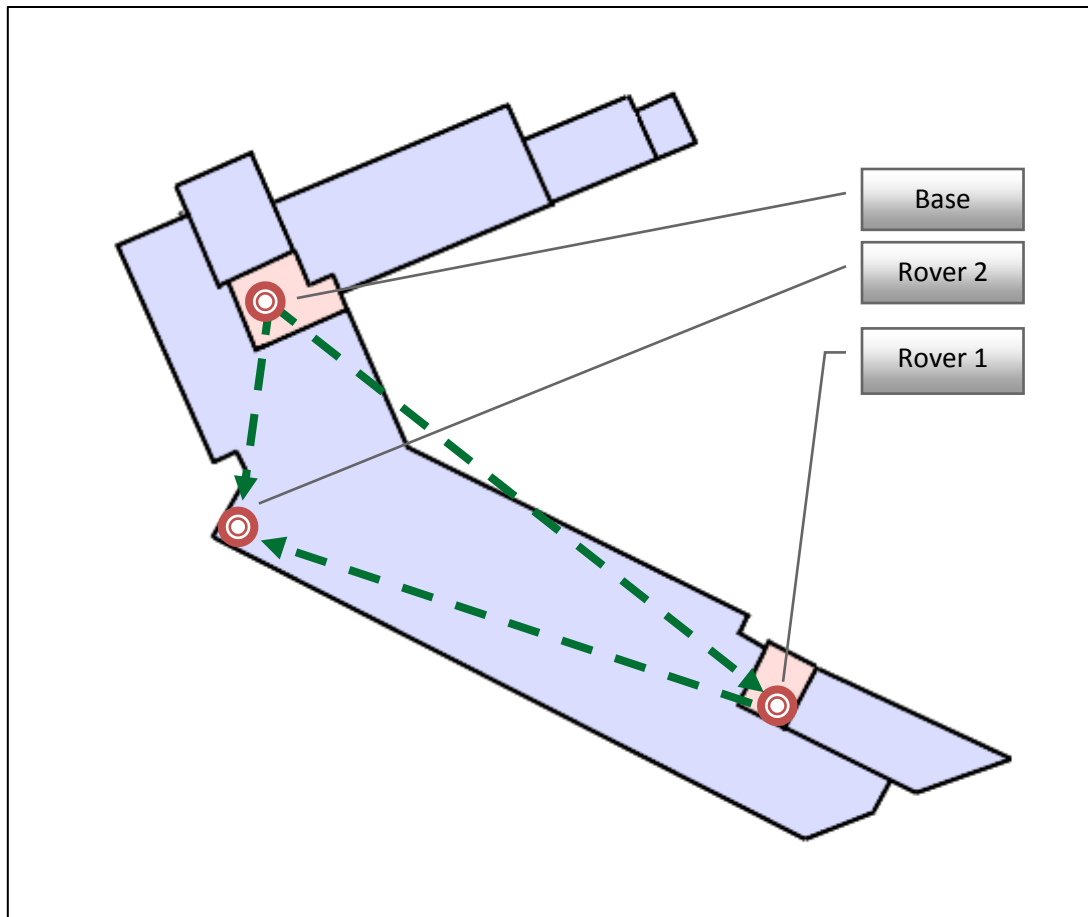


Figur 15: Rackmontert datamaskin.

På taket av Fugros oslokontorer er det to antenneparker. Disse er plassert på forhøyde områder, som vist i figur 13. I forbindelse med testingen, plasserte vi en GNSS-antenne på hver av disse. I tillegg plasserte vi en antenne på et vanlig stativ på selve taket, også dette vises i figur 13. Fra antenneparkene er det strukket antennekabler til verkstedet i første etasje av bygget. Vi benyttet disse kablene, slik at vi kunne oppbevare selve mottakerne i verkstedet.



Figur 16: Testsystem.



Figur 17: Skisse over testområdet sett ovenfra.

8.1.5 Testkriterier

Følgende egenskaper ved de ulike programvareløsningene ble evaluert:

- koordinatnøyaktighet i sanntid
- pålitelighet over tid
- koordinatnøyaktighet under bevegelse
- pålitelighet under bevegelse
- muligheter for visualisering og varsling

8.2 Gjennomføring

8.2.1 Koordinatnøyaktighet og pålitelighet over tid

For å teste koordinatnøyaktighet og pålitelighet over tid ble systemet satt opp for å logge både rådata og prosessert sanntidsløsning over syv dager.

8.2.2 Koordinatnøyaktighet og pålitelighet under bevegelse

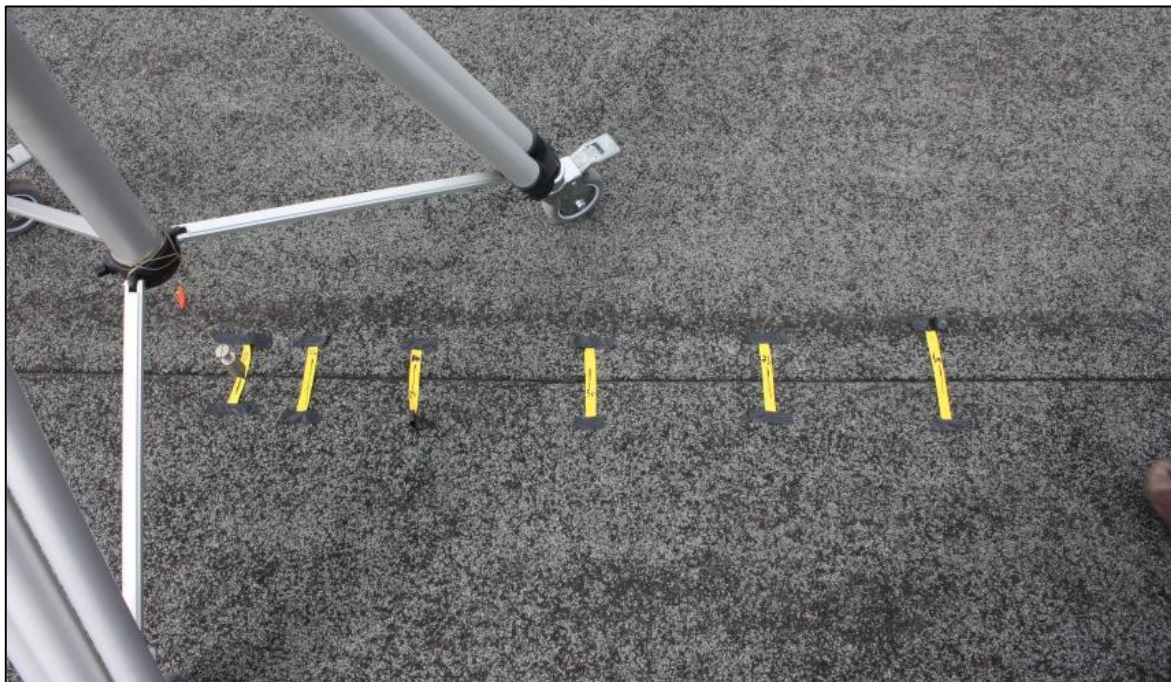
For å teste nøyaktigheten/påliteligheten til ProTrack ved bevegelse, ble en av GNSS-antennene flyttet over på et stativ med hjul. Stativet ble så manuelt trillet frem og tilbake langs en oppmerket linje. Linjen var påført merker ved 10, 25, 50, 75, 100 og 200 cm. I henhold til korrespondanse med Statoil, vil de relative bevegelsene mellom offshoreinstallasjonene erfaringsmessig opptre som svinginger.

Svingningene vil ta ca. 8-12 sekunder fra amplitude til amplitude. I utførelsen av bevegelsestesting forsøkte vi derfor å holde oss innenfor dette tidsintervallet så godt som mulig.

Bevegelsestesten ble gjennomført med to minutters mellomrom mellom hver bevegelse, totalt tre ganger.



Figur 18: Stativ på hjul.



Figur 19: Avstandsmerker.

8.2.3 Avvik fra planlagt gjennomføring

Konfigurasjon av Spider viste seg å være utfordrende. Systemet skal kunne kommunisere med mottakerne som ble benyttet i testen. Vi opplevde likevel store problemer med tanke på dette. Alle tilgjengelige utvekslingsformater ble testet uten hell. Leicas norske supportpersonell ble kontaktet, men de hadde heller ikke noen umiddelbare løsninger på problemene. Dette skyldtes at programvarepakken Spider og QC er et nytt produkt på det norske markedet, heller ikke leverandøren hadde erfaring med bruk av systemet. Vi bestemte oss derfor for ikke å prosessere observasjoner med Spider/QC i sanntid, i stedet ville vi i ettertid reprocessere logget data i disse programmene.

I løpet av uken vi skulle logge GNSS-observasjoner, veltet stativet med Rover 2-antennen grunnet kraftig vind. Dette skjedde på lørdag 17. april. Antennen ble ikke satt opp igjen før på ettermiddagen tirsdag 20. april.

I utgangspunktet ble det planlagt å teste bruk av radiosamband for overføring av GNSS-data. Dette er imidlertid en svært utbredt og godt dokumentert teknologi. Fugro Survey AS har over lengre tid benyttet radiosamband til dette formålet i forbindelse med monitoreringen på Åkneset. Vi valgte derfor å utelukke bruk av radiosamband under testperioden.

Det ble også planlagt å kontrollere/fjernstyre løsningen over internett. Dette var imidlertid ikke mulig grunnet manglende tilgang til internett. Fjernstyring ved hjelp av VNC eller lignende, er i likhet med radiosamband meget utbredt, testet og dokumentert. En VNC-løsning ble satt opp og testet på det lokale nettverket til Høgskolen i Gjøvik.

8.2.4 Starfix ProTrack

ProTrack ble satt opp til å beregne vektorene mellom de tre stasjonene på taket. Det ble samtidig satt i gang logging av rådata for hvert sekund for bruk til etterprosessering. Følgende ble logget:

Tabell 21: Loggede størrelser, ProTrack.

Navn	Beskrivelse
Base-GPSPositionAbsolute	Logget posisjon – Base
Rover1-GPSPositionAbsolute	Logget posisjon – Rover1
Rover2-GPSPositionAbsolute	Logget posisjon – Rover2
SP.Base_to_Rover1-GPSPositionAbsolute	Absoluttposisjon, startpunkt vektor Base -> Rover1
SP.Base_to_Rover2-GPSPositionAbsolute	Absoluttposisjon, startpunkt vektor Base -> Rover2
SP.Rover2_to_Rover1-GPSPositionAbsolute	Absoluttposisjon, startpunkt vektor Rover2 -> Rover1
EP.Base_to_Rover1-GPSPositionAbsolute	Absoluttposisjon, slutt punkt vektor Base -> Rover1
EP.Base_to_Rover2-GPSPositionAbsolute	Absoluttposisjon, slutt punkt vektor Base -> Rover2
EP.Rover2_to_Rover1-GPSPositionAbsolute	Absoluttposisjon, slutt punkt vektor Rover2 -> Rover1
Base_to_Rover1-GpsPositionRelative	Relativ posisjon til Rover 1 i forhold til Base.
Base_to_Rover2-GpsPositionRelative	Relativ posisjon til Rover 2 i forhold til Base.
Rover2_to_Rover1-GpsPositionRelative	Relativ posisjon til Rover 1 i forhold til Rover2.
Base_to_Rover1-Heading	Heading (Azimuth) Base til Rover 1.
Base_to_Rover2-Heading	Heading (Azimuth) Base til Rover 2.
Rover2_to_Rover1-Heading	Heading (Azimuth) Rover2 til Rover 1.
Base_Rover1-PitchRoll	Pitch og Roll mellom Base og Rover1.
Base_Rover2-PitchRoll	Pitch og Roll mellom Base og Rover2.

Rover2_Rover1-PitchRoll	Pitch og Roll mellom Rover2 og Rover1.
Smoothed_Base_to_Rover1-GpsPositionRelative	Utjevnet (10s) relativ posisjon Rover1 i forhold til Base.
Smoothed_Base_to_Rover2-GpsPositionRelative	Utjevnet (10s) relativ posisjon Rover2 i forhold til Base.
Smoothed_Rover2_to_Rover1-GpsPositionRelative	Utjevnet (10s) relativ posisjon Rover1 i forhold til Base.

Etter innhenting ble logget data rensket for observasjoner som manglet fix. I tillegg ble seks epoker (sekunder) med åpenbart grove feil fjernet. Posisjoner ble eksportert i WGS84 UTM Sone 32 for sammenligning med de andre løsningene.

8.2.5 Leica GNSS Spider/QC

Siden vi ikke benyttet Spider for å fremstille sanntidsdata, måtte vi reprocessere de loggede GNSS-observasjonene (RINEX) i ettertid. Dette ble gjort ved Høgskolen i Gjøvik. Reproseseringsmodusen i Spider behandler RINEX-input som om datastrømmen skulle vært i sanntid. Dette åpnet muligheten for å bruke QC slik vi i utgangspunktet hadde planlagt.

Følgende ble logget:

Tabell 22: Loggede størrelser, Leica GNSS Spider.

Navn	Beskrivelse
Base_Rover1	Beregnete koordinater for Rover 1, differensielt ut ifra Base, sekund for sekund.
Base_Rover2	Beregnete koordinater for Rover 2, differensielt ut ifra Base, sekund for sekund.

Spider ble satt opp til kun å logge koordinater for Rover 1 og Rover 2 så sant en hadde heltallsløsning (*fixed ambiguities*). Loggeformatet NMEA GGQ ble benyttet. Ingen observasjoner ble fjernet fra loggfilene. For å kunne sammenligne koordinater med fasit og ProTrack, ble de loggede geografiske koordinatene konvertert til WGS84 UTM Sone 32 ved hjelp av Wsktrans versjon 5.0.

Som beskrevet i [avsnitt 6.5.4.2](#), er det QC som står for det meste av visualiseringen. I Spider kan en kun observere satellittstatus og avvik fra referanseposisjon. For å vurdere visualisering, statistikk og varsling, benyttet vi derfor QC. Systemet ble satt opp til å produsere en webside og til å oppdatere denne en gang i minuttet. Vi visualiserte følgende informasjon:

- Status
- Easting Time Series
- Northing time Series
- Height Time Series
- 2D Scatter

For å teste varslingsfunksjonen i QC, satte vi opp systemet til å utløse en alarm når den todimensjonale bevegelsen overskred 0,25, 0,50 og 1 meter.

8.3 Resultater

8.3.1 Koordinatnøyaktighet og pålitelighet i sanntid over tid

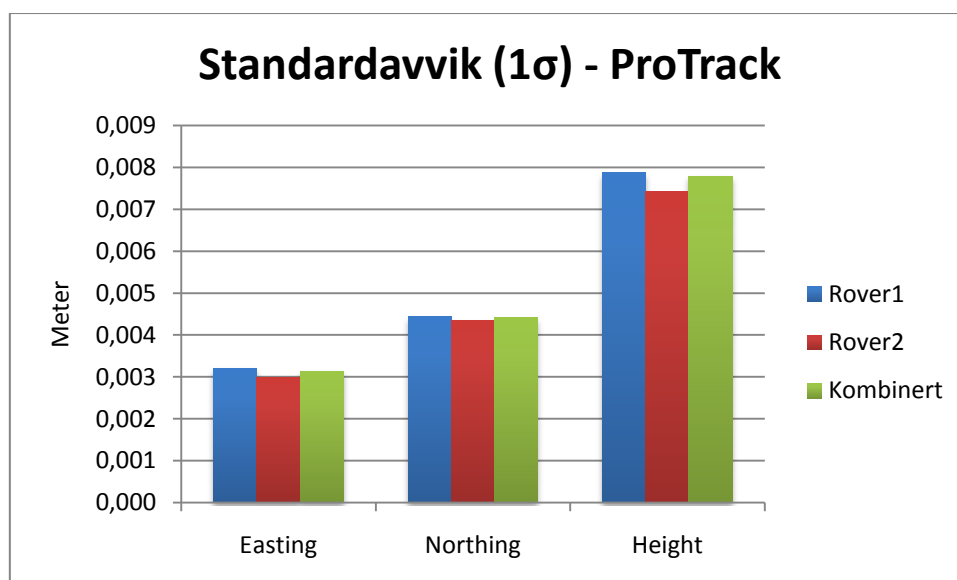
Grafene under viser koordinatnøyaktighet i sanntid, basert på én observasjon per sekund i perioden 23.04.10 klokken 00:00:32 – 10:10:00 UTC, sammenlignet med fasitkoordinater fra GrafNet.

8.3.1.1 ProTrack

8.3.1.1.1 Standardavvik 1σ

Tabell 23: Standardavvik (1σ), ProTrack.

Stasjon	Easting (m)	Northing (m)	Høyde (m)
Rover 1	0,003	0,004	0,008
Rover 2	0,003	0,004	0,007
Kombinert	0,003	0,004	0,008

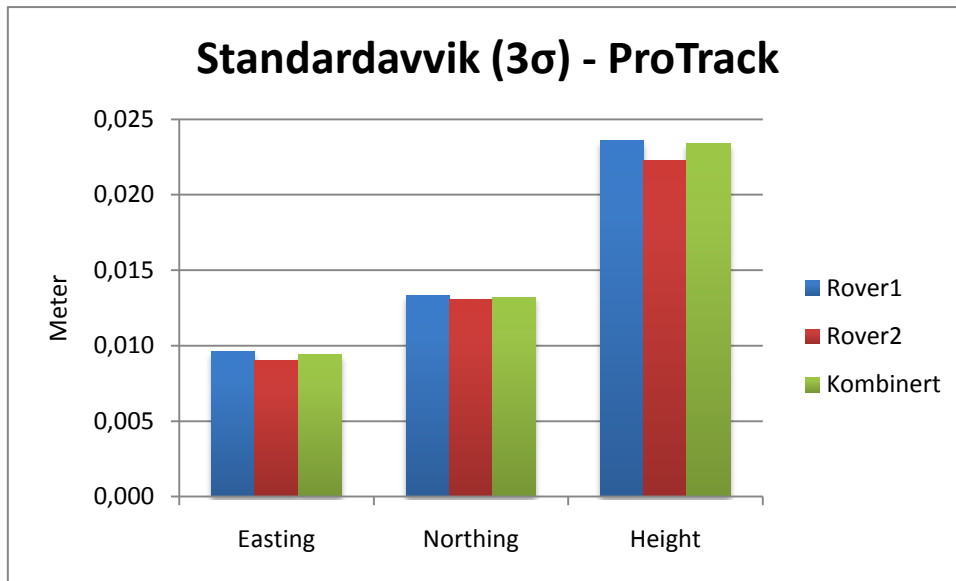


Figur 20: Standardavvik (1σ), ProTrack.

8.3.1.1.2 Standardavvik 3σ

Tabell 24: Standardavvik (3σ), ProTrack.

Stasjon	Easting (m)	Northing (m)	Høyde (m)
Rover1	0,010	0,013	0,024
Rover2	0,009	0,013	0,022
Kombinert	0,009	0,013	0,023



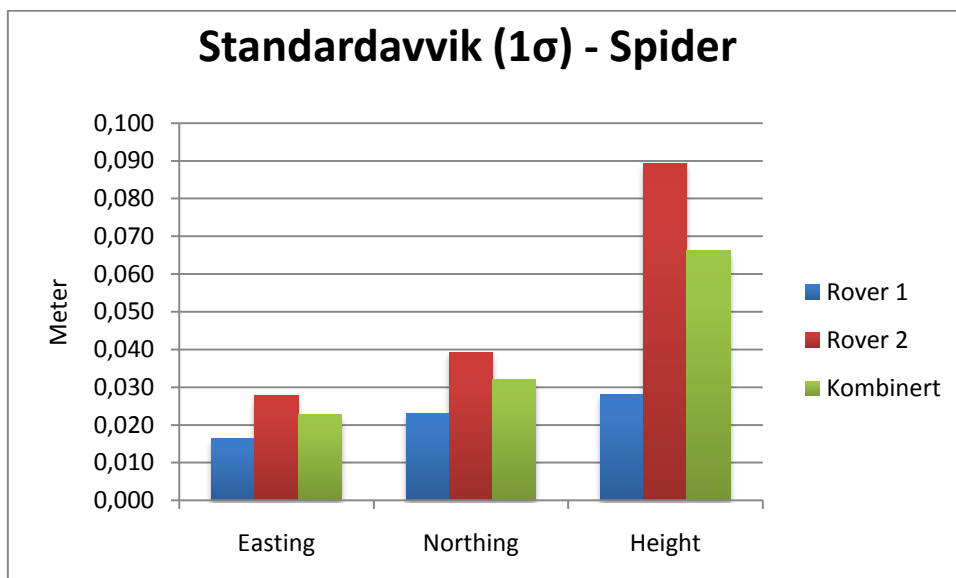
Figur 21: Standardavvik (3σ), ProTrack.

8.3.1.2 GNSS Spider

8.3.1.2.1 Standardavvik 1σ

Tabell 25: Standardavvik (1σ), Spider.

Stasjon	Easting (m)	Northing (m)	Høyde (m)
Rover 1	0,016	0,023	0,028
Rover 2	0,028	0,039	0,089
Kombinert	0,023	0,032	0,066

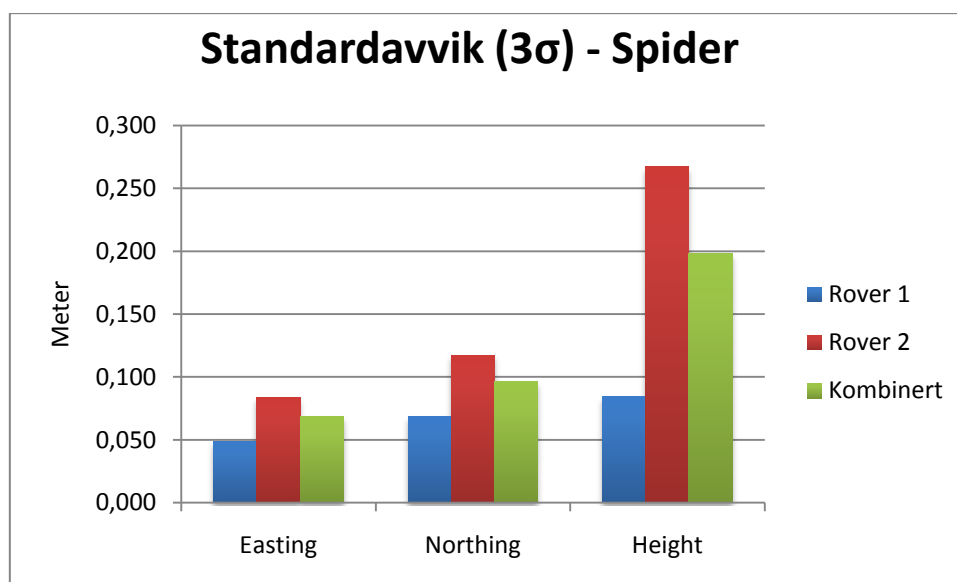


Figur 22: Standardavvik (1σ), Spider.

8.3.1.2.2 Standardavvik 3σ

Tabell 26: Standardavvik (3σ), Spider.

Stasjon	Easting (m)	Northing (m)	Høyde (m)
Rover 1	0,049	0,069	0,084
Rover 2	0,083	0,117	0,268
Kombinert	0,068	0,096	0,198



Figur 23: Standardavvik (3σ), Spider.

8.3.2 Koordinatnøyaktighet og pålitelighet under bevegelse

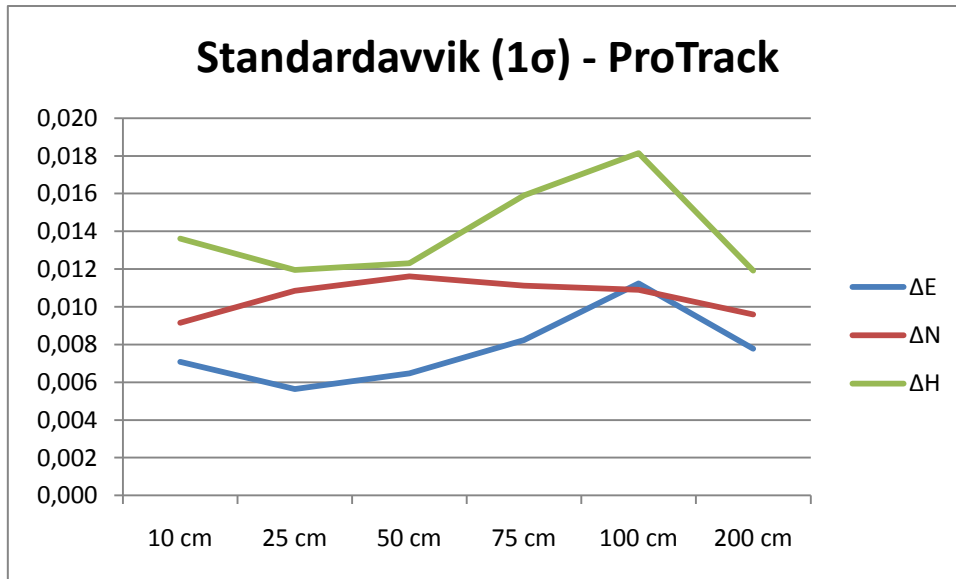
Grafene under viser koordinatnøyaktighet i sanntid, under bevegelse, basert på én observasjon per sekund i perioden 23.04.10 klokken 10:22:06 – 10:59:18 UTC, sammenlignet med fastkoordinater fra GrafNav.

8.3.2.1 ProTrack

8.3.2.1.1 Standardavvik 1σ

Tabell 27: Standardavvik (1σ), ProTrack.

Bevegelse	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔH (m)
10 cm	0,007	0,009	0,014
25 cm	0,006	0,011	0,012
50 cm	0,006	0,012	0,012
75 cm	0,008	0,011	0,016
100 cm	0,011	0,011	0,018
200 cm	0,008	0,010	0,012

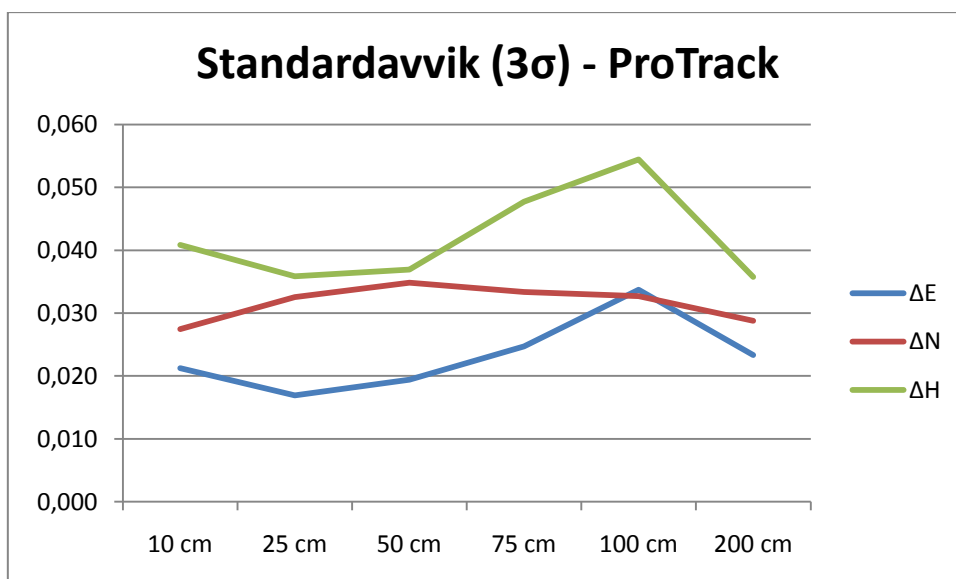


Figur 24: Standardavvik (1σ), ProTrack.

8.3.2.1.2 Standardavvik 3σ

Tabell 28: Standardavvik (3σ), ProTrack.

Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,021	0,027	0,041
25 cm	0,017	0,033	0,036
50 cm	0,019	0,035	0,037
75 cm	0,025	0,033	0,048
100 cm	0,034	0,033	0,054
200 cm	0,023	0,029	0,036



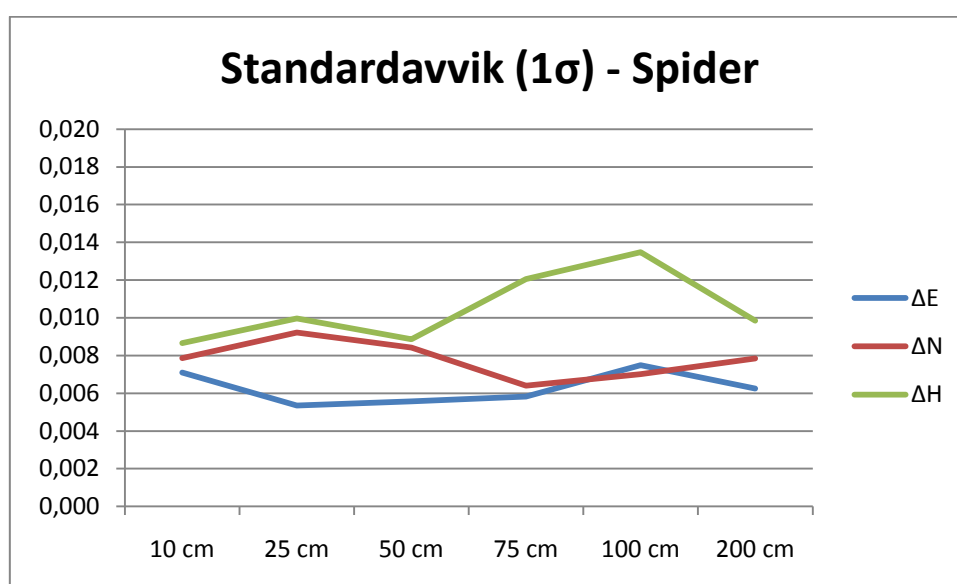
Figur 25: Standardavvik (3σ), ProTrack.

8.3.2.2 GNSS Spider

8.3.2.2.1 Standardavvik 1σ

Tabell 29: Standardavvik (1σ), GNSS Spider.

Bevegelse	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔH (m)
10 cm	0,007	0,008	0,009
25 cm	0,005	0,009	0,010
50 cm	0,006	0,008	0,009
75 cm	0,006	0,006	0,012
100 cm	0,007	0,007	0,013
200 cm	0,006	0,008	0,010

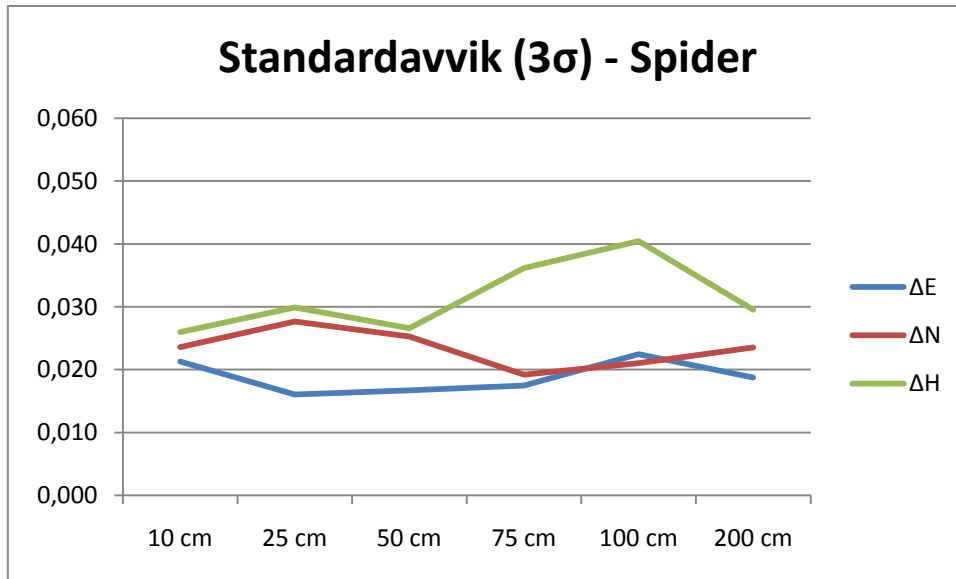


Figur 26: Standardavvik (1σ), Spider.

8.3.2.2.2 Standardavvik 3σ

Tabell 30: Standardavvik (3σ), Spider.

Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,021	0,024	0,026
25 cm	0,016	0,028	0,030
50 cm	0,017	0,025	0,027
75 cm	0,017	0,019	0,036
100 cm	0,022	0,021	0,040
200 cm	0,019	0,024	0,030

Figur 27: Standardavvik (3σ), Spider.

8.3.3 Muligheter for visualisering og varsling

8.3.3.1 ProTrack

ProTrack har få verktøy for visualisering og varsling. Fugro Survey AS har tidligere benyttet programvarepakken GeODin for å dekke dette behovet. Når en prosesserer observasjonene ved hjelp av ProTrack, blir resultatene umiddelbart gjort tilgjengelige i Starfix-systemet. Dette gjør det enkelt å benytte disse videre.

Vi har ikke testet GeODin, da Fugro allerede bruker dette programmet til tilsvarende oppgaver. Det vises til [avsnitt 6.5.3](#).

8.3.3.2 Spider/QC



QCs visualiserings- og varslingsfunksjoner fungerte som beskrevet i teorikapitlet. Oppsett og bruk av visualiserings- og varslingsfunksjonene gikk smertefritt. Figur 28 viser et utsnitt av QCs webside for systemstatus. Her har Rover 2 blitt flyttet over 2 meter fra opprinnelig posisjon. Toleransegrense 3 har dermed blitt brutt, og konfigurerte varsel har blitt sendt.

CN | DE | EN | FR







Real Time Coordinate Analysis Summary

Select the plot type:

Status:

Status	Name	Communications	Last Change	Longitudinal[m]	Transverse[m]	Height[m]	CO[m]
	2_Base_Rover1	Receiving Data	2010/04/23 12:12:16	+0.009	-0.002	+0.018	0.020
	3_Base_Rover2	Receiving Data	2010/04/23 12:12:16	+0.294	-2.389	-0.166	0.040

Status **Meaning**

-  Communication could not be established
-  Receiving no data or only status
-  Site is within tolerance
-  Limit 1 has been exceeded
-  Limit 2 has been exceeded
-  Limit 3 has been exceeded

Last Modified: 6/05/10 11:00:21 (UT+2.0)

This page was generated by [Leica GNSS QC \(Demonstration Version\) 2.2.0.35](#).

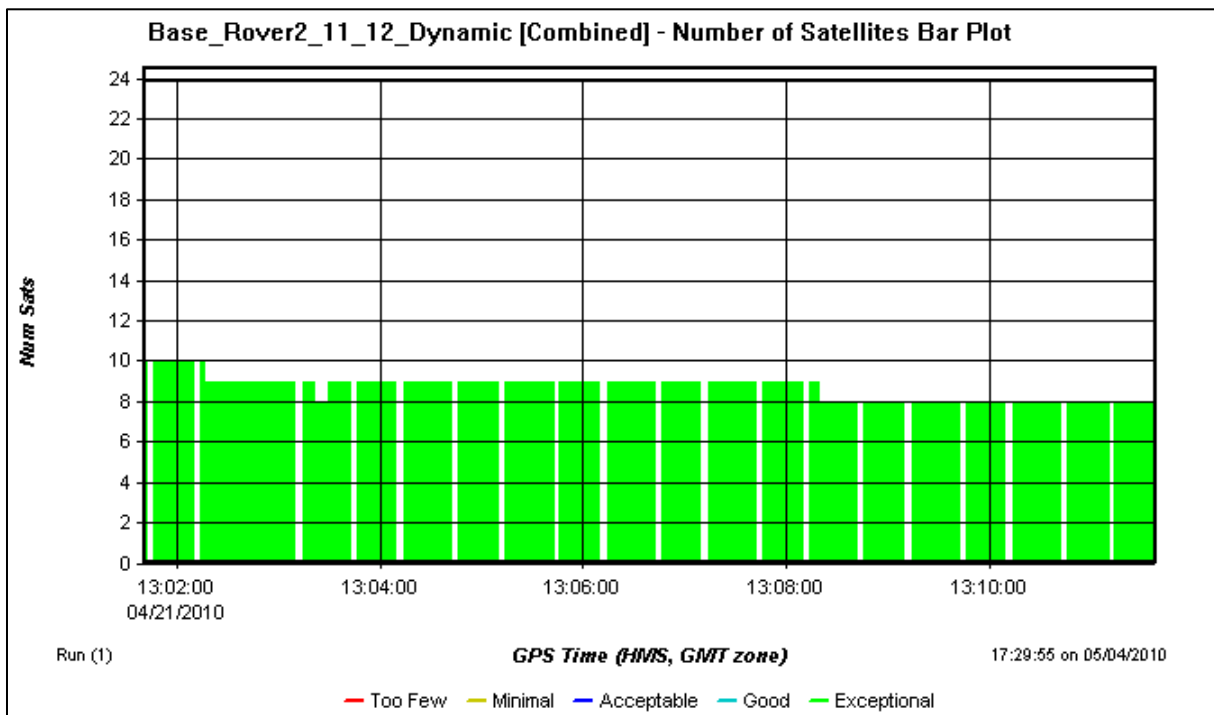
Figur 28: Leica GNSS QC, webside generert for systemstatus.

8.4 Diskusjon av resultater

8.4.1 Hull i datagrunnlag

Under inspeksjon av innsamlede data, observerte vi at det fantes hull i loggfilene. Disse hullene hadde en varighet på 4-5 sekunder og opptrådte ca. 2 ganger i minuttet. Årsaken til hullene er å finne i Starfix-systemet. Feilen antas mer spesifikt å ligge i modulen Starfix Time. Denne modulen sørger for synkronisering av all input. Feilen er rapportert til systemutviklerne, men det vil være nødvendig å foreta videre undersøkelser for å kunne bekrefte årsaken.

Siden RINEX-filer, for bruk i Spider, ble eksportert gjennom Starfix' loggesystem (Starfix Logging), opptrer de samme hullene her.



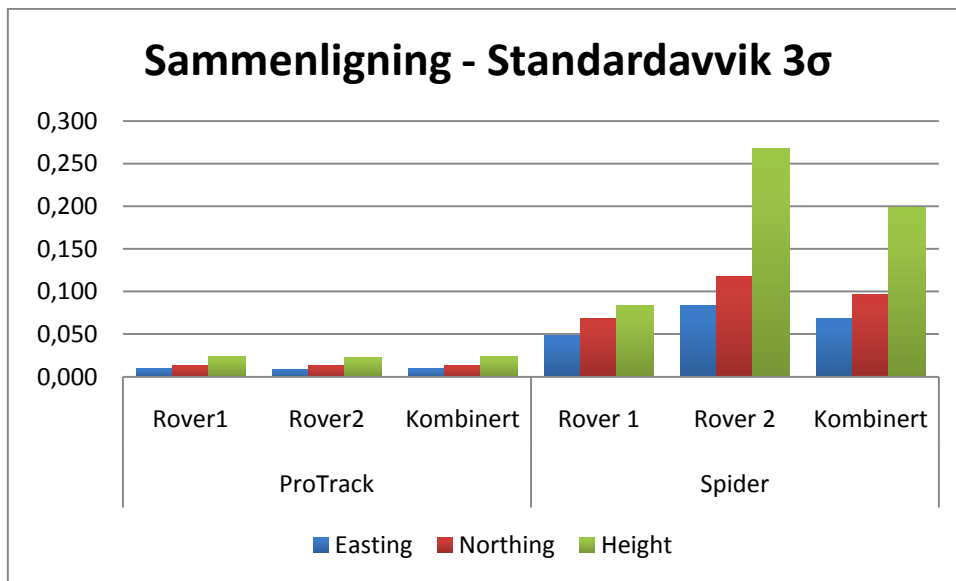
Figur 29: Antall satellitter med synlige hull i logget data.

8.4.2 Koordinatnøyaktighet og pålitelighet i sanntid over tid

Spider har jevnt over høyere standardavvik, spesielt på høydemålinger. Høydenøyaktighet inngår imidlertid ikke som en del av kravene som stilles til systemene. Følgende tabell viser en sammenligning av resulterende standardavvik fra Spider og ProTrack, etter prosessering, for tidsperioden 00:00:32 – 10:10:00, fredag 23. april 2010.

Tabell 31: Sammenligning av standardavvik, ProTrack - Spider (3σ)

Differanse i standardavvik, ProTrack – Spider			
Stasjon	Easting	Northing	Height
Rover 1	-0,039	-0,055	-0,061
Rover 2	-0,074	-0,104	-0,245
Kombinert	-0,059	-0,083	-0,175



Figur 30: Sammenligning av standardavvik, ProTrack og Spider.

Med utgangspunkt i testgjennomføringen, kan vi ikke si at programvarepakken er i stand til å levere koordinater med heltallsløsning for hvert sekund. En av grunnene til dette er hullene i observasjonsmaterialet. Det er rundt disse manglende epokene vi finner hovedårsaken til Spiders høyere standardavvik. Rett før eller rett etter en periode hvor det ikke har blitt logget observasjoner, er det tydelig at Spider slipper gjennom enkelte målinger av dårlig kvalitet.

Tabell 32 viser et utdrag fra loggfilene, som demonstrerer dette.

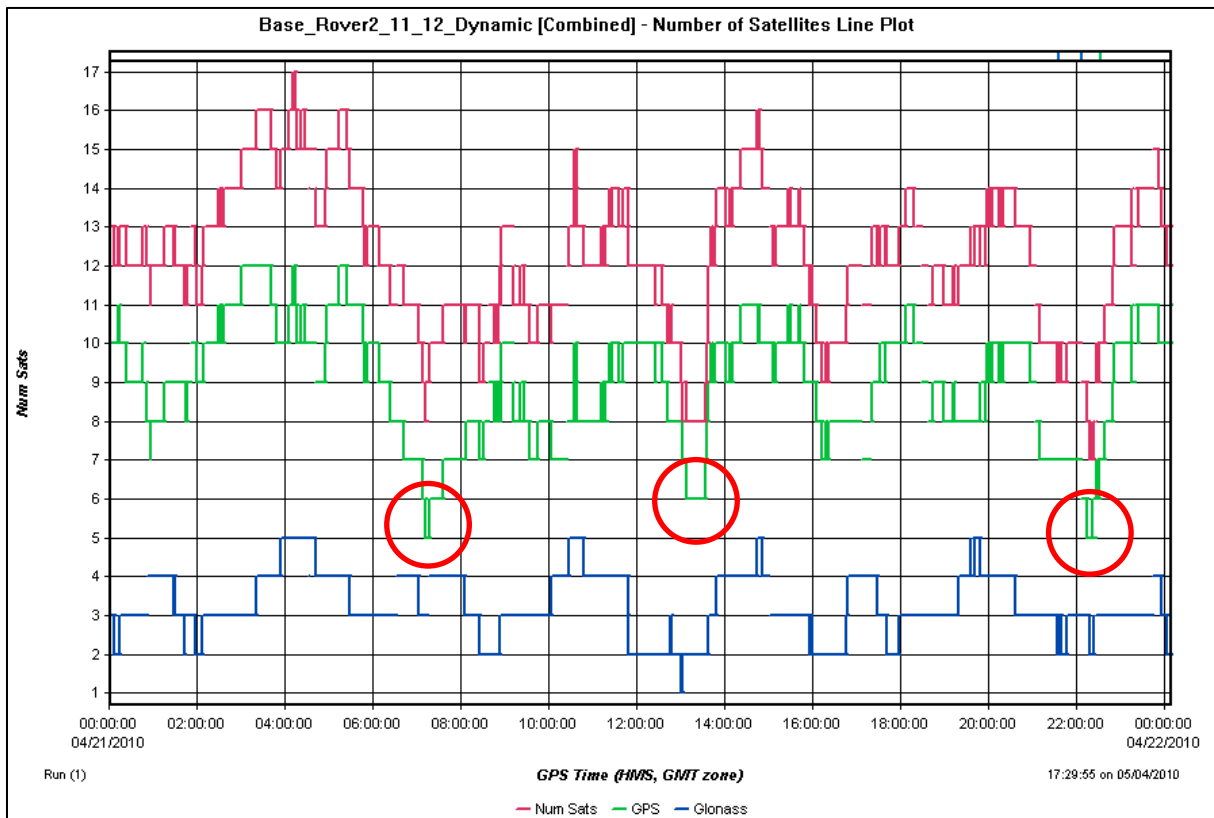
Tabell 32: Utdrag fra loggfil, avvik fra fasiskoordinater.

	ProTrack				Spider			
	Rover 1		Rover 2		Rover 1		Rover 2	
	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE
03:28:10	0,009	0,000	-0,001	0,000	0,003	0,002	-0,002	-0,001
03:28:11	0,008	0,005	-0,001	0,004	0,005	0,004	-0,002	0,002
03:28:12	0,007	0,004	0,001	0,006	0,001	0,003	0,000	0,003
03:28:13								
03:28:14								
03:28:15								
03:28:16								
03:28:17								
03:28:18	0,004	0,003	0,000	0,006	-0,257	0,086	-0,085	0,172
03:28:19	0,007	-0,002	-0,002	0,007	-0,764	-0,129	-0,922	-0,033
03:28:20	0,005	0,000	-0,002	0,003	-0,814	-0,209	-1,045	-0,063
03:28:21	0,003	0,001	0,000	0,003	-0,869	-0,210	-1,153	-0,124
03:28:22	0,002	0,001	-0,002	0,002	-0,849	-0,233	-1,126	-0,169
03:28:23	0,008	0,001	-0,001	0,005	-0,873	-0,246	-1,152	-0,210
03:28:24	0,009	0,002	-0,002	0,002	-0,829	-0,245	-1,086	-0,213
03:28:25	0,011	0,001	0,000	0,006	0,005	0,002	-0,001	0,002
03:28:26	0,008	0,002	-0,003	0,006	0,004	0,001	-0,002	0,002
03:28:27	0,006	0,000	-0,001	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001

Som tabellen viser, mangler begge systemene løsning for tidsperioden 03:28:13 – 03:28:17. ProTrack opprettholder god koordinatkvalitet frem til løsningen brytes, og når loggingen gjenopptas er kvaliteten øyeblikkelig tilbake på tidligere nivå. Spider har her tydelige vansker. Etter at loggingen gjenopptas slipper en rekke dårlige observasjoner gjennom. Siden systemet er satt opp til kun å levere resultater med heltallsløsning, indikerer dette at Spider ikke raskt nok oppdaterer status på observasjonene.

Dersom en hadde gjennomført testen på nytt, og unngått hullene i observasjonsmaterialet, antar vi at Spider ville kunne levert bedre resultater. Hullene i observasjonsgrunnlaget ble i dette tilfellet forårsaket av en systemfeil. Lignende gap vil imidlertid også kunne forekomme som en følge av at et satellittsignal blir brutt av for eksempel en kran eller et helikopter. Det at Spider har problemer med raskt å gjenoppta fix, er en åpenbar svakhet.

ProTrack har til tider problemer med å levere kontinuerlig sanntidsløsning utenfor de nevnte hullene. Vi ser at programvaren ikke er i stand til å levere heltallsløsning i perioder med lav satellittdekning. Disse periodene har en varighet på ca. 30 minutter og opptrer tre ganger i døgnet, som vist i figur 31. I disse tidsrommene finner vi gap på opptil et minutt i de loggede resultatene.



Figur 31: Antall tilgjengelige satellitter over ett døgn (21.04.10).

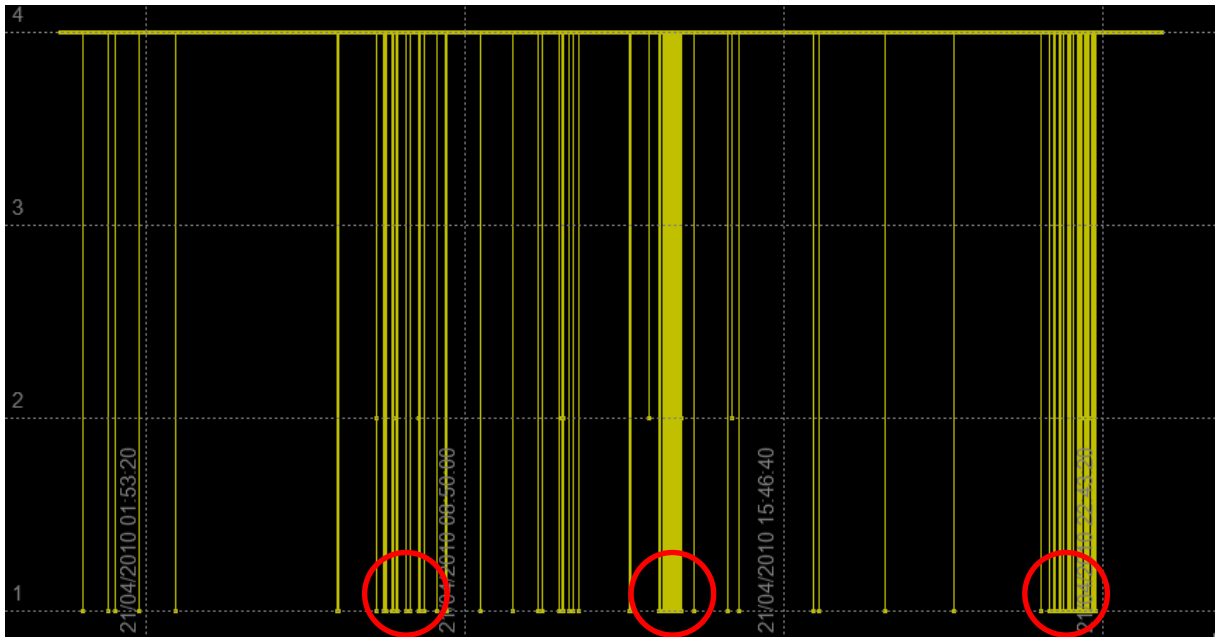
Figur 32 viser hvilken type posisjonsløsning som er oppnådd av ProTrack for det samme døgnet. De ulike nivåene representerer følgende:

1. Standalone (L1 kode/L1 kode og fase)
2. Differential (L1 P1 eller L1 C/A)
4. Fixed Kinematic (L1 og L2 kode og fase)

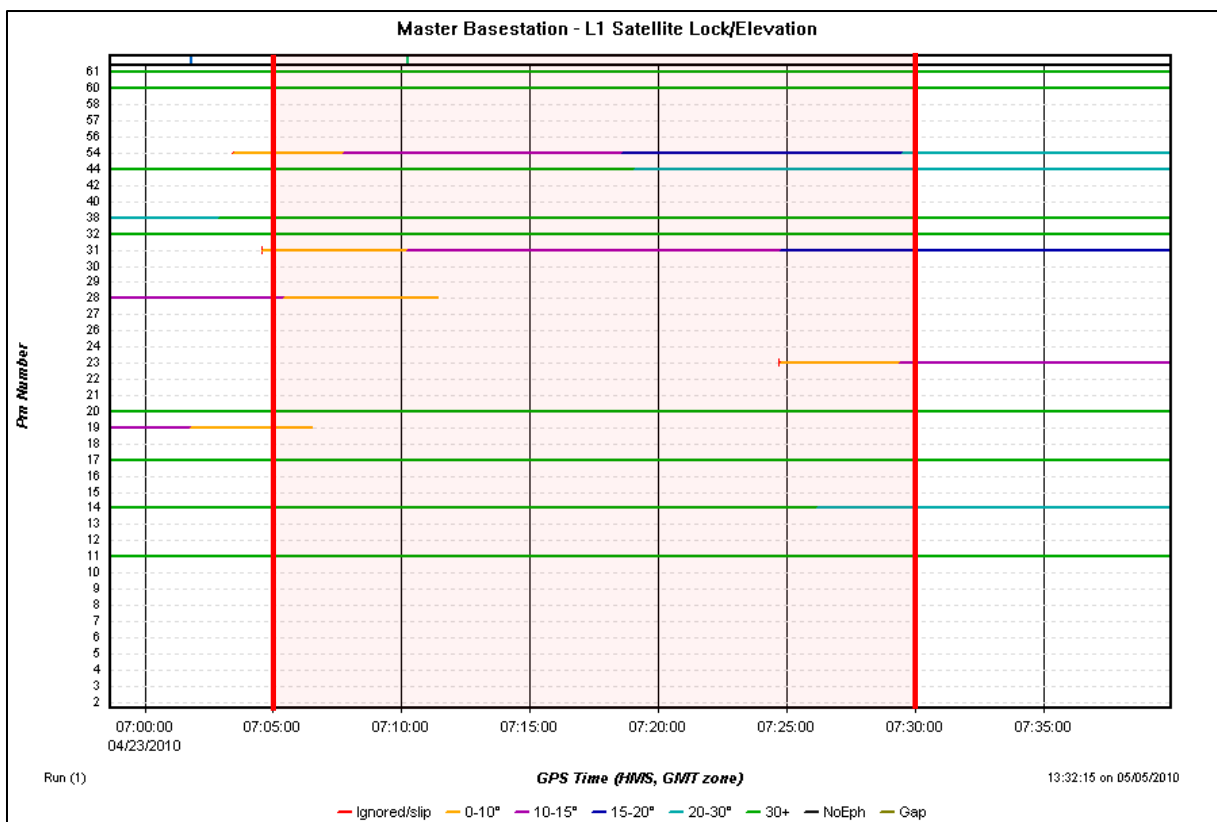
Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Posisjonsløsningstype 3 er ikke aktuell.

De røde ringene i figur 31 og 32 viser samme tidsrom. I disse periodene ser vi at ProTrack har problemer med å opprettholde fix.



Figur 32: Type posisjonsløsning over et døgn for Rover 2 (21.04.2010).



Figur 33: Satellittdekning/elevasjon i probleperiode.

Figur 33 viser satellittdekningen under en problempriode. De røde vertikale strekene markerer starten og slutten på denne. PRN 11, 14, 17, 20 og 32 er tilgjengelige, med en elevasjonsvinkel på over 30°. I henhold til US Coast Guard Navigation Center var det ingen unormal aktivitet relatert til disse satellittene. Satellittdekningen skulle derfor i teorien være god nok til å løse ut heltallet. DOP-verdiene for tidsperioden er noe forhøyet (< 2,4), men er likevel lavere enn hva som kreves (< 4,0).

Det kan være flere årsaker til disse problempriodene. Mangelen på resultat kan ha sammenheng med de periodiske gapene i observasjonsmaterialet. På grunn av disse, var en nødt til å aktivere alternativet "Use single epoch solution" i ProTrack. Ved å aktivere dette, kalkuleres heltallsløsningen på nytt hvert sekund, uavhengig av foregående epoker. Denne løsningen er robust med tanke på at *cycle slips* kan utelukkes, men er sårbar når satellittdekningen er lav. I tillegg kan støy på signal fra satellitter med lav elevasjonsvinkel ha bidratt til problemene.

Også utenfor problempriodene finner en noen grove feil. Derfor må det utføres en form for fortløpende glatting/kvalitetskontroll.

8.4.3 Koordinatnøyaktighet og pålitelighet under bevegelse

Resultatene fra bevegelsestesting er betydelig jevnere enn i pålitelighetstesting. Dette har trolig sammenheng med at Spider ikke hadde problemer som følge av gap i observasjonsmaterialet under denne perioden. Satellittdekningen var også god nok til at ProTrack hadde heltallsløsning. Begge løsningene leverer nøyaktighet godt under kravet på ± 5 cm (1σ). Spider har i gjennomsnitt 8 millimeter lavere standardavvik enn ProTrack ved 3σ .

Følgende tabell viser en sammenligning av resulterende standardavvik (3σ) fra Spider og ProTrack, basert på periodene med bevegelse.

Tabell 33: Sammenligning av standardavvik (3σ), ProTrack – Spider.

Differanse i standardavvik - ProTrack - Spider			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,000	0,004	0,015
25 cm	0,001	0,005	0,006
50 cm	0,003	0,010	0,010
75 cm	0,007	0,014	0,012
100 cm	0,011	0,012	0,014
200 cm	0,005	0,005	0,006

9 Konklusjon

Av de systemene som har blitt evaluert, har vi kommet frem til at GNSS er den best egnede metoden når en skal monitorere den relative bevegelsen mellom en fast og en flyttbar offshoreinstallasjon. En bør imidlertid supplere GNSS med et backup-system. Til dette anbefaler vi Fanbeam.

Testingen av Leica GNSS Spider/QC og Starfix ProTrack avdekket at Spider ikke er i stand til å løse problemstillingen. Årsaken til dette er at Spider ikke kan benyttes sammen med en referansestasjon i bevegelse. Testen viste også at ProTrack i perioder ikke kunne levere sanntidsløsning innenfor nøyaktighetskravene. Dette forsterker behovet for et backup-system.

9.1 Videre arbeid

Under arbeidet med bacheloroppgaven har vi avdekket flere områder som bør undersøkes videre.

Dersom en skal benytte ProTrack til denne typen monitorering, bør mulighetene for å inkludere observasjoner fra GLONASS-satellitter undersøkes.

For å fjerne grove feil (*spikes*), i sanntid, må det utføres en eller annen form for glatting/kvalitetskontroll. Hvilket tidsintervall det skal glattes over, er noe som må undersøkes videre. Denne glattetiden må tilpasses forventet bevegelse, slik at en ikke risikerer å midle vekk relevante observasjoner. Med tanke på vår problemstilling, ser vi umiddelbart at glattetiden ikke må overstige 8 sekunder. Dette fordi de forventede relative bevegelsene vil ta ca. 8-12 sekunder fra amplitude til amplitude. En mulig løsning kan være samtidig å prosessere observasjonene med og uten glatting. Glattede observasjoner kunne da benyttes til å kvalitetssikre de sekundvise observasjonene. Det finnes programvare som benyttes for å glatte data i ProTrack. Dette programmet er imidlertid laget for å glatte observasjoner gjort i stasjon som står i ro. Ved å utføre justeringer i programmet, vil dette også kunne brukes i dynamiske situasjoner.

I dette prosjektet har vi ikke lagt vekt på den økonomiske siden ved problemstillingen. Et eget prosjekt for å kartlegge kostnader og økonomi hadde vært interessant. Innen rammene for oppgaven fikk vi ikke tid til å gå i detalj rundt kostnader. Dette skyldes hovedsakelig vanskeligheter med å få respons/reelle tilbud fra utstyrsleverandører. Priser er sjeldent oppgitt uten at en ber om tilbud. Det at vi er studenter gjorde kanskje også at våre forespørsler ble nedprioritert.

9.2 Egevaluering

Arbeidet med bacheloroppgaven har vært en svært lærerik prosess. Vi mener at våre målsetninger, som beskrevet i prosjektplanen, har blitt nådd. Vår største utfordring var at vi i utgangspunktet hadde liten kjennskap til feltet offshoreoppmåling. Litteraturstudier og ikke minst kommunikasjon med ulike aktører, både brukere og leverandører av oppmålingsutstyr og -tjenester, har bidratt til å øke vår kompetanse.

I ettertid ser vi at følgende kunne vært gjort annerledes:

- Vi ville ha tatt kontakt med leverandører på et tidligere stadium. Dette ville gjort det enklere å få oversikt over hvilke løsninger som finnes.
- Dersom vi hadde gjennomført et forprosjekt til bacheloroppgaven, ville vi blitt kjent med feltet på forhånd. Da kunne vi, under arbeidet med selve bacheloroppgaven, fokusert mer på praktisk problemløsning, testing og analyse/tolking av resultat.

Gruppearbeidet har fungert godt. Arbeidsoppgaver har blitt fordelt, og resultater har blitt diskutert og formulert i felleskap.

10 Litteraturliste

- AVDELING FOR TEKNOLOGI ØKONOMI OG LEDELSE. 2009. *Emnebeskrivelse, TØL3901, Bacheloroppgave 20 SP, 2009 / 2010* [Online]. Høgskolen i Gjøvik. Available: <http://tr.im/PiUy> [Accessed].
- EDDE, B. 1993. *Radar: principles, technology, applications*, Englewood Cliffs, N.J., PTR Prentice Hall.
- FUGRO SURVEY AS 2007. Automatisk Geo-overvåkning. 2.
- GILI, J. A., COROMINAS, J. & RIUS, J. 2000. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology*, 55, 167-192.
- GUIDANCE NAVIGATION. 2005. *CyScan Position Reference Sensor* [Online]. Available: <http://www.dynamic-positioning.co.uk/equipment-rental/product-sheets/surface-positioning/Cyscan%20Laser%20System.pdf> [Accessed].
- HECHT, J. 2008. *Understanding lasers: an entry-level guide*, Piscataway, N.J., IEEE Press.
- HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H. & COLLINS, J. 2001. *Global positioning system: theory and practice*, Wien, Springer.
- INTERNATIONAL MARINE CONTRACTORS ASSOCIATION 2010. *IMCA M 170: a review of marine laser positioning systems : part 1 MK IV Fanbeam : part 2 CyScan*, London, International Marine Contractors Association.
- KLOSTIUS, R., WIESER, A. & BRUNNER, F. K. 2006. Treatment of Diffraction Effects caused By Mountain Ridges. *3rd IAG / 12th FIG Symposium*. Baden: FIG.
- LEICA GEOSYSTEMS, A. 2010. *Leica Viva GS15 - Datablad* [Online]. Heerbrugg, Switzerland. Available: <http://www.leica-geosystems.no/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=11997> [Accessed].
- LEICA GEOSYSTEMS AG. 2009. *Leica TM30 - Monitoring Sensor* [Online]. Heerbrugg, Switzerland. Available: http://www.leica-geosystems.no/no/Leica-TM30_77983.htm [Accessed].
- LEKKERKERK, H.-J. 2006. *Handbook of offshore surveying*, London, Clarkson Research Services Limited.
- MDL LASER SYSTEMS. 2009. *Fanbeam 4.2 Brochure* [Online]. Available: http://www.mdl.co.uk/resources/Fanbeam_A4_Rev-05_03_02_09.pdf [Accessed].
- MDL LASER SYSTEMS. 2010. *About MDL* [Online]. Available: http://www.mdl.co.uk/about_us/ [Accessed].
- PACIFIC CREST CORPORATION. 2010. *High Performance Advanced Data Linkfor Field Communications* [Online]. Sunnyvale, CA. Available: http://www.pacificcrest.com/library/DS_ADL_Vantage.pdf [Accessed].
- PSIMOULIS, P. A. & STIROS, S. C. 2007. Measurement of deflections and of oscillation frequencies of engineering structures using Robotic Theodolites (RTS). *Engineering Structures*, 29, 3312-3324.
- RADOVANOVIC, R. S. & TESKEY, W. F. 2001. Dynamic monitoring of deforming structures: GPS versus robotic tacheometry systems. *Proceedings of 10th FIG symposium on deformation measurements*.
- RUSSIAN SPACE AGENCY. 2010. *GLONASS Constellation Status* [Online]. Russian Space Agency, Information - Analytical Centre. Available: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=202:50:14637162736231801312::NO> [Accessed].
- SKOLNIK, M. I. 2001. *Introduction to radar systems*, Boston, McGraw Hill.
- THE COAST GUARD NAVIGATION CENTER. 2010. *Navigation Center* [Online]. Alexandria, VA. Available: <http://www.navcen.uscg.gov/> [Accessed 25.02.2010 2010].
- THE EUROPEAN COMMISSION. 2010. *Galileo, What do we want to achieve?* [Online]. The European Commission, Mobility and Transport. Available: http://ec.europa.eu/transport/galileo/index_en.htm [Accessed].
- TOPCON EUROPE POSITIONING B.V. 2006a. *Robotic Total Station System - GPT9000A, GTS-900A* [Online]. The Netherlands. Available:

<http://www.blinken.no/dokumenter/pdf/topcon/Leaflet%20GPT9000A-A4-euro-final.pdf>
[Accessed].

TOPCON EUROPE POSITIONING B.V. 2006b. *Topcon GR3 - Brochure* [Online]. Available:
[http://www.blinken.no/dokumenter/pdf/topcon/Leaflet%20GR-3_A4%20English-EN_www-low%20\(7\).pdf](http://www.blinken.no/dokumenter/pdf/topcon/Leaflet%20GR-3_A4%20English-EN_www-low%20(7).pdf) [Accessed].

TRIMBLE. 2009. *Trimble R8 Datablad* [Online]. Available: http://trl.trimble.com/dscgi/ds.py/Get/File-256995/022543-079H-N_TrimbleR8GNSS_DS_0309_LR.pdf [Accessed].

TRIMBLE. 2010. *Trimble S8 Total Station Data Sheet* [Online]. Available:
http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-390412/022543-410D_TrimbleS8_DS_0210_LR.pdf [Accessed].

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. 2010. *Monitoring Brochure* [Online]. Available:
<http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-458906/> [Accessed].

UBIQUITI NETWORKS. 2010. *Bullet 2HP Datasheet* [Online]. Milpitas, CA. Available:
http://www.signalforsterker.no/pdf/bullet_hp.pdf [Accessed].

11 Vedlegg

11.1 Vedlegg i rapporten

Nummer	Beskrivelse
A	Terminologi
B	Prosjektplan
C	Prosjektlogg
D	Statusrapporter
E	Liste over korrespondanse
F	Relevant korrespondanse
G	Brosjyre Åkneset
H	English summary
I	Beregninger Bevegelse
J	Beregninger Stabilitet
K	Rapport Nettutjevning
L	Logg, bevegelsestesting
M	Antenneoversikt, Fugro
N	Prisliste

11.2 Elektroniske vedlegg

Logget data og beregningsgrunnlag kan gjøres tilgjengelig ved forespørsel.

11.3 Vedlegg A - Terminologi

Uttrykk	Betydning
Sanntid	Med sanntid menes her en løsning som kan levere resultat tilnærmet samtidig som data kommer inn. Tidsintervallet er 0-5 sekunder.
Brønnhodeplattform	Brønnhodeplattform er betegnelsen på en undervannsenhet som plasseres over en olje- og gassbrønn. Disse blir ofte fjernstyrt fra større plattformenheter, eller fra land.
Jack-up-rigg	En jack-up-rigg er en mobil plattform som ved hjelp av nedsenkbare føtter står på havbunnen.
Ex-klassifisering	Klassifisering av områder (soner) med eksplosjonsfare. Offshoreinstallasjoner er inndelt i soner etter hvilken eksplosjonsfare som opptrer i området. Klassifiseringen sier hva som er tillatt av utstyr innenfor de ulike sonene.
Radom	En radom er en kuppelformet beskyttelseskappe. Brukes over antenner.
FTP	File Transfer Protocol. Standard filoverføringsprotokoll som benyttes for å overføre filer mellom en klient og en server.
IP	Nettprotokoll brukt ved adressering av enheter i et nettverk. Alle systemer som sender eller mottar data via nettverk, har en unik IP-adresse.
UPS	Uninterruptible Power Supply. Batteri som slås på dersom hovedstrømforsyningen skulle falle bort. Dette sikrer at logging av data opprettholdes selv under strømbrudd.
Spikes	Med spikes menes det her klart definerte grove feil i observasjonsmaterialet.
Fix	Med fix (heltallsløsning) menes at et måleverktøy har kalkulert seg fram til antall hele bølgelengder på bærebølgen mellom antenne og satellitt.
Cycle slip	En cycle slip forekommer dersom det oppstår et avbrudd i målt bærebølge (mister <i>lock</i>), slik at en må kalkulere antall hele bølgelengder mellom antenne og satellitt på nytt.
DOP	Dilution of Precision beskriver det geometriske bidraget til usikkerheten rundt nøyaktigheten til en posisjon.

11.4 Vedlegg B – Prosjektplan

HØGSKOLEN I GJØVIK

Prosjektplan Bacheloroppgave 2010

Bevegelsesmonitorering på
offshoreinstallasjoner



Jonas Karl Lian Hansen og Dag Atle Skår

29.01.2010

1 Innhold

1	Innhold.....	2
2	Innledning.....	3
2.1	Bakgrunn	3
3	Organisering	3
3.1	Gruppen.....	3
3.2	Oppdragsgiver	3
3.3	Veileder	4
3.4	Ressurspersoner	4
3.4.1	Fugro Survey AS.....	4
3.4.2	Statoil.....	4
4	Prosjektets oppbygning og mål	5
4.1	Problem	5
4.2	Problemstilling	5
4.2.1	Definisjoner	5
4.3	Problemformulering og -løsning	5
4.3.1	Overordnet fremgangsmåte.....	5
4.3.2	Rammebetingelser	6
4.3.3	Vurderingskriterier	6
4.4	Målformulering.....	6
4.4.1	For oppdragsgiver.....	6
4.4.2	For studentene	6
4.5	Utfordringer.....	7
5	Prosjektplan.....	7
5.1	Arbeidsmetode.....	7
5.1.1	Fase 1 - Litteraturstudier og produksjon av teorigrunnlag	7
5.1.2	Fase 2 - Metoder	7
5.1.3	Fase 3 - Testing/analyse av resultat	7
5.1.4	Fase 4 - Konklusjon og ferdigstilling	7
5.2	Ressurser	8
5.3	Rapportering og kvalitetskontroll.....	8
5.4	Kommunikasjonsmedier	8
5.5	Tidsplan	9
6	Litteratur.....	9

7	Vedlegg.....	9
---	--------------	---

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

Denne bacheloroppgaven er en avsluttende oppgave i bachelor i geomatikk, årskullet 2007-2010.

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Fugro Survey AS (FSAS). FSAS er en avdeling i Fugro Group, som er verdensledende innen offshore surveying. Selskapet leverer posisjoneringssystemer med høy presisjon, samt topografisk, hydrografisk og geologisk kartlegging.

Oppgaven er basert på en forespørsel fra Statoil til Fugro Survey AS, mottatt i august 2009. Statoil ønsker en løsning som er i stand til å overvåke de relative bevegelsene mellom en fast og en flyttbar offshoreinstallasjon. Forespørselen gjelder mer spesifikt brønnhodeplattformen Sleipner B og jack-up-riggen West Epsilon.

3 Organisering

3.1 Gruppen

Prosjektgruppen består av Jonas Karl Lian Hansen og Dag Atle Skår, begge studerer geomatikk ved Høgskolen i Gjøvik.

Jonas Karl Lian Hansen (grupeleder)

E-post: jonasklh@gmail.com

Telefon: 922 25 075

Kvalifikasjoner: Generell studiekompetanse, ett semester informatikk ved NTNU, 5 år arbeidserfaring fra Sjøforsvaret, sommerjobb som stikningsassistent i Veidekke, sommerjobb (gyrokalibrering/kartlegging) i Fugro Survey AS.

Dag Atle Skår

E-post: dagatleskaar@gmail.com

Telefon: 473 12 517

Kvalifikasjoner: Generell studiekompetanse, arbeidserfaring fra byggebransjen, to års sommerjobb som landmåler for Mjøsplan AS.

3.2 Oppdragsgiver

Fugro Survey AS

Hoffsveien 1C

P.O. Box 490 Skøyen

N-0213 Oslo

Telefon: 22 13 46 00

Fax: 22 13 46 46

Vår kontaktperson ved FSAS er Anders Tandberg, a.tandberg@fugro.no.

Høgskolen i Gjøviks standardkontrakt med eksterne oppdragsgivere benyttes. Dersom konfidensiell informasjon er nødvendig i arbeidet med bacheloroppgaven, stiller FSAS med kontrakt som regulerer dette.

Fugro Survey AS har cirka 100 ansatte. Selskapet leverer blant annet navigasjons- og posisjoneringstjenester, kartlegging og geologiske tjenester. Det jobber hovedsakelig mot offshoremarkedet, men det lever også tjenester mot land. Selskapet har kontorer i Bergen og Oslo.

3.3 Veileder

Veileder, Høgskolen i Gjøvik:

George Preiss
Høgskolelektor
E-post: george.preiss@hig.no
Telefon: 61 13 52 83

3.4 Ressurspersoner

3.4.1 Fugro Survey AS

John Vint
Survey Manager
E-post: j.vint@fugro.no

Anders Tandberg
Project Manager
E-post: a.tandberg@fugro.no
Kompetanse: Landmåling, utstyr, erfaringer fra offshore surveying.

Ragnhild Lie
Data Analyst
E-post: r.lie@fugro.no
Kompetanse: Erfaringer rundt bevegelsesmonitorering.

3.4.2 Statoil

Bength Ericsson
E-post: beneri@statoil.com

4 Prosjektets oppbygning og mål

4.1 Problem

Når det utføres boreoperasjoner offshore, benyttes ofte flyttbare borerigger. Dersom riggene plasseres i nærheten av permanente installasjoner, kan disse forbindes ved hjelp av en bro. For å ivareta sikkerheten ved bruk av en slik løsning, er en avhengig av at de relative bevegelsene mellom installasjonene ikke er for store. Dette krever at disse bevegelsene overvåkes i sanntid.

Under hardt vær er det forventet at en borerigg kan bevege seg med opptil ± 1 meter i det horisontale planet. Rotasjon er også en mulig faktor. En forventer ikke at disse bevegelsene opptrer brått, men heller flytende.

Det trengs altså et system for monitorering av de relative bevegelsene mellom faste og flyttbare offshoreinstallasjoner. Systemet må levere tallfestede verdier for relativ bevegelse, ved et fast tidsintervall, over en lengre tidsperiode. I tillegg skal en kunne ha oppsyn med, og styre systemet eksternt. Ved uforutsette hendelser, som for eksempel strømstans, skal det ikke være nødvendig å operere utstyret lokalt.

For å komme frem til slike systemer, må en evaluere mulige målemetoder. Systemet som fremstår som best egnet, bør testes i praksis.

4.2 Problemstilling

Bacheloroppgavens problemstilling består i

... å sette sammen og evaluere systemer for overvåking av relativ bevegelse mellom en fast og en flyttbar offshoreinstallasjon, og deretter gjennomføre en praktisk test av det systemet som evalueres til å være best egnet.

4.2.1 Definisjoner

System:

Med system menes det her en kombinasjon av en eller flere målemetoder, utstyr og programvare.

Fast offshoreinstallasjon:

Med fast offshoreinstallasjon menes det her en permanent bunnfast konstruksjon.

Flyttbar offshoreinstallasjon:

Med flyttbar offshoreinstallasjon menes det her en mobil konstruksjon som kan kobles til faste installasjoner.

4.3 Problemformulering og -løsning

4.3.1 Overordnet fremgangsmåte

For å komme frem til mulige systemer som videre skal evalueres, vil vi gjennomføre litteraturstudier, for så å skissere flere alternativer. Det systemet vi evaluerer som best egnet, vil beskrives i detalj, og testes. Det vises til kapittel 5 for detaljer rundt gjennomføring.

4.3.2 Rammebetingelser

Systemene som skal evalueres, og dermed også systemet som skal testes, må operere innenfor følgende rammebetingelser:

- Systemet skal kunne monitorere relativ bevegelse i grunnriss (2D, X/Y), samt rotasjon.
- Systemet skal automatisk registrere observasjoner, slik at sanntidsdata kan leveres.
- Utstyret som benyttes må være ex-kllassifisert.
- Systemet skal kunne overvåkes og opereres eksternt.

4.3.3 Vurderingskriterier

Systemene skal evalueres på følgende grunnlag:

- Nøyaktighet.
- Pålitelighet.
- Tidskrav:
 - Datainnsamling.
 - Prosessering.
- Økonomi.

4.4 Målformulering

4.4.1 For oppdragsgiver

4.4.1.1 Effektmål

Mulighet til å kunne tilby monitoreringstjenester offshore, som beskrevet i prosjektplanens innledning.

4.4.1.2 Resultatmål

Prosjektet skal resultere i et system for monitorering av relativ bevegelse mellom en fast og en flyttbar offshoreinstallasjon.

4.4.2 For studentene

4.4.2.1 Effektmål

Studentene skal øke sin kompetanse innen oppmåling offshore; dette innebærer også økt utstyrs- og programvareforståelse. Studentene skal også tilegne seg erfaringer innen problemløsning i forbindelse med et utviklingsprosjekt.

I henhold til emnebeskrivelsen (Avdeling for teknologi, 2009) skal studentene også oppnå følgende:

- Planlegge, og utføre en selvstendig oppgave.
- Finne mulige og realistiske løsninger og dokumentere disse med sine fordeler og ulemper.
- Velge beste løsning og dokumentere valgets resonnement.
- Forstå fordeler og ulemper med arbeid i grupper.
- Forstå viktigheten av god planlegging og oppfølging.
- Vurdere alternative arbeidsformer, deriblant en metode- og problemorientert arbeidsform.
- Presentere oppgaver/prosjekter på ulike måter.

4.4.2.2 Resultatmål

Bacheloroppgaven skal resultere i en konkret løsning på problemstillingen innenfor rammebetingelsene beskrevet i prosjektplanens kapittel 4.3.2.

Opgaven dokumenteres i form av en rapport og en presentasjon; disse skal beskrive tilgjengelig teknologi og målemetoder, samt dokumentere veivalgene som har blitt tatt.

4.5 utfordringer

Vi anser at den største utfordringen er at vi ikke har noen tidligere kjennskap til oppmåling i et offshoremiljø. Vi ser for oss at å lære dette, uten praktisk erfaring, kan være vanskelig. Dette medfører altså at det er mye vi må sette oss inn i, og at vi vil være avhengige av både litteratur og ressurspersoner.

Før arbeidet med prosjektet starter, antas de største utfordringene ved selve overvåkingssystemet å være:

- Ex-klassifisering.
- Sikring av monitorering under og etter strømstans.
- Sikring av siktelinje ved bruk av optiske og elektromagnetiske instrumenter.
- Antenneplassering ved bruk av GNSS.
- Fjernkontroll, statusoppdatering og eventuell oversending av observasjoner over nettverk.
- Værforhold og slitasje på komponenter.

5 Prosjektplan

5.1 Arbeidsmetode

Arbeidet med bacheloroppgaven deles inn i fire faser.

5.1.1 Fase 1 - Litteraturstudier og produksjon av teorigrunnlag.

I denne fasen beskrives tilgjengelig utstyr, samt programvareløsninger som kan inngå i et monitoreringssystem. Vi vil ta for oss tradisjonelle landmålingsteknikker, som totalstasjonsmålinger og GNSS, i tillegg vil vi undersøke alternative løsninger som laser og radar.

5.1.2 Fase 2 - Metoder

I fase 2 vil vi beskrive monitoreringssystemer ut ifra teknikkene beskrevet i fase 1. Disse systemene vil så bli evaluert ut ifra kriteriene som er beskrevet i [kapittel 4.3.3](#). Ut ifra denne evalueringen vil vi bestemme oss for ett system. Dette systemet vil bli testet i fase 3.

5.1.3 Fase 3 - Testing/analyse av resultat

Det prosjekterte systemet testes. Hvilke tester som skal utføres er avhengige av evalueringene vi gjør i fase 1 og 2. Testfasen inkluderer både måling/observasjon, samt etterprosessering av datafangsten. Resultatene vurderes opp imot testkriterier som fastsettes før gjennomføring.

5.1.4 Fase 4 - Konklusjon og ferdigstilling

I denne fasen vil vi trekke konklusjoner ut ifra resultatene av fase 3. Her vil vi vurdere om vi har løst problemstillingen. I tillegg vil vi jobbe med ferdigstilling av selve rapporten, samt presentasjon og plakater. Dersom deler av rapporten skal produseres på engelsk, vil vi også jobbe med dette.

5.2 Ressurser

Siden oppgaven delvis består av å komme frem til systemer, er det vanskelig å anslå utstyrsbehovet på forhånd. Oppdragsgiver vil kunne bistå med egnet utstyr dersom dette er tilgjengelig. Dersom utstyr ikke er tilgjengelig vil oppdragsgiver videreformidle kontakt med leverandør. Utstyr fra Høgskolen i Gjøvik vil også være tilgjengelig ved behov.

For lagring av data, benyttes prosjektområdet på høgskolens lagringsservere.

FSAS har vært behjelpelige med utlån av noe faglitteratur.

Det tilstrebes å holde økonomiske utgifter på et minimum. Eventuelle utgifter føres opp i gruppens regnskap, og gjøres opp mellom studentene ved slutten av semesteret.

5.3 Rapportering og kvalitetskontroll

Rapportering og påfølgende oppfølging innebærer å:

- registrere status
- identifisere avvik, forklare årsakene og definere konsekvenser
- iverksette tiltak (Stene, 2003).

Slik kan en si at rapporteringen bidrar til kvalitetskontroll. Det vil mot slutten av hver fase leveres en statusrapport til oppdragsgiver og veileder. Rapporten vil gi en oversikt over hvilke temaer som er dekket i det aktuelle tidsrommet, samt hvilke beslutninger som har blitt tatt.

Denne rapporteringen kommer i tillegg til løpende kontakt med oppdragsgiver og veileder; eventuelle møter avtales underveis ved behov. Som et supplement til dette, etableres det en hjemmeside for bacheloroppgaven. Denne oppdateres jevnlig med informasjon om aktiviteter, samt generell fremdrift. Hjemmesiden finnes på <http://hovedprosjekter.hig.no/v2010/tol/geo/bevegelse/>.

Som en del av kvalitetssikringen vil vi også sette fokus på å dokumentere arbeid, beslutninger og kommunikasjon på en ryddig måte. For møtereferater og statusrapporter vil vi benytte forhåndsbestemte maler, som vedlagt.

Den fullstendige rapporten for bacheloroppgaven leveres i henhold til retningslinjene for gjennomføring av bacheloroppgave (Gjøvik, 2009).

5.4 Kommunikasjonsmedier

For kommunikasjon mellom gruppen og oppdragsgiver/veileder benyttes følgende kommunikasjonsmedier:

- E-post
- Telefon
- Møter

Skriftlig kommunikasjon sendes til begge gruppe medlemmene og arkiveres.

5.5 Tidsplan

Aktivitet	Tidsrom
Prosjektplanlegging	Uke 3 og 4
Etablering av hjemmeside	Uke 5
Utarbeidelse av teori /state-of-the-art	Uke 6 - 8
Utarbeidelse av systemer/metoder	Uke 9 -11
Testing av system	Uke 12-15
Analyse av testresultater	Uke 16 -17
Ferdigstilling	Uke 18 -20
Arbeid med plakat/presentasjon	Uke 21 - 22

6 Litteratur

AVDELING FOR TEKNOLOGI, Ø. O. L. 2009. *Emnebeskrivelse, TØL3901, Bacheloroppgave 20 SP, 2009 / 2010* [Online]. Høgskolen i Gjøvik. Available:

http://www.hig.no/studiehaandbok/studiehaandboeker/2009_2010/emner/avdeling_for_teknologi_oekonomi_og_ledelse/toel3901_bacheloroppgave_20 [Accessed].

GJØVIK, H. I. 2009. *Retningslinjer for bacheloroppgaver ved Høgskolen i Gjøvik* [Online]. Available:

<http://www.hig.no/student/bacheloroppgave/retningslinjer> [Accessed].

STENE, M. 2003. *Vitenskapelig forfatterskap, hvordan lykkes med skriftlige studentoppgaver*, [Oslo], Kolle forl.

7 Vedlegg

1. Gant-diagram.
2. Forslag til bacheloroppgave.
3. Gruppereregler.
4. Prosjektavtale
5. Mal for møterefertat.
6. Mal for statusrapport.

Vedlegg 1 – Gant-diagram



Vedlegg 2 – Forslag til bacheloroppgave

Forslag til bacheloroppgave geomatikk

Problemstilling/ tema

Bevegelsesmonitorering av plattformer(leveling/innsynking)

Bakgrunn

Oppgaven er basert på en forespørsel fra StatoilHydro ASA sendt til Fugro Survey AS i august 2009. StatoilHydro ønsker en løsning som er i stand til å monitorere de relative bevegelsene mellom to plattformer, Sleipner B og West Epsilon.

Oppgaven går altså ut på å beskrive en metode for bevegelsesmonitorering av plattformer, samt testing/bruk av denne. Dette vil gi oss erfaringer med tanke på: planlegging, instrumentvalg og plassering i tillegg til testing av løsningen.

Mer utfyllende beskrivelse

Oppgaven utføres i utgangspunktet i samarbeid med FSAS og Statoil; hvor mye Statoil vil være involvert avgjøres ilt uke 46-47. Dersom Statoil ikke blir med på samarbeidet vil vi komme frem til en problemstilling rundt det samme emnet, med unntak av de spesifikke plattformene.

Aktuelle samarbeidspartnere/ oppdragsgivere

Samarbeidet vil foregå med Fugro Survey AS. Samarbeid med Statoil er ennå usikkert, og avgjøres ved senere tidspunkt.

Kontaktperson ved Fugro Survey AS er Knut Landstad(k.landstad@fugro.no) Tlf: 911 38 238

Navn på student (-er) som fremmer forslaget

Jonas Karl Lian Hansen og Dag Atle Skår

Vedlegg 4 – Prosjektavtale



HOGSKOLEN I GJØVIK

PROSJEKTAVTALE

mellom Høgskolen i Gjøvik (HiG) (utdanningsinstitusjon),

Eugro Survey AS
 _____ (oppdragsgiver), og

Dag Atle Skår
Jornis Karl Livin Høstev
 _____ (student(er))

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer.

1. Student(en)e skal gjennomføre prosjektet i perioden fra 18.01.10 til 03.06.10.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der HiG yter veiledning.

Oppdragsgiver yter avtalt prosjektbistand til fastsatte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. Oppdragsgiver plikter på forespørsel fra HiG å gi en vurdering av prosjektet vederlagsfritt.

2. Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
- Oppdragsgiver dekker selv gjennomføring av prosjektet når det gjelder f.eks. materiell, telefon/fax, reiser og nødvendig overnatting på steder langt fra HiG. Studentene dekker utgifter for trykking og ferdigstillelse av den skriftlige besvarelsen vedrørende prosjektet.
 - Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.
3. HiG står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.
4. Den totale besvarelsen med tegninger, modeller og apparatur så vel som programlisting, kildekode, disketter, taper mv. som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, gis det en kopi av til HiG, som vederlagsfritt kan benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av HiG til andre formål, og ikke overlates til utenforstående uten etter avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmær hvor ansatte ved HiG og/eller studenter har interesser.

Besvarelser med karakter C eller bedre registreres og plasseres i skolens bibliotek. Det legges også ut en elektronisk prosjektbesvarelse uten vedlegg på bibliotekets del av skolens Internett-sider. Dette avhenger av at studentene skriver under på en egen avtale hvor de gir biblioteket tillatelse til at deres hovedprosjekt blir gjort tilgjengelig i papir og nettgave (jfr. Lov om opphavsrett). Oppdragsgiver og veileder godtar slik

offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til studenter og dekan om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring.

5. Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og student(er) bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.
6. Ut over den offentliggjøring som er nevnt i punkt 4 har studenten(e) ikke rett til å publisere sin besvarelse, det være seg helt eller delvis eller som del i annet arbeide, uten samtykke fra oppdragsgiver. Tilsvarende samtykke må foreligge i forholdet mellom student(er) og faglærer/veileder for det materialet som faglærer/veileder stiller til disposisjon.
7. Studenten(e) leverer 3 - tre - eksemplarer av oppgavebesvarelsen med vedlegg til Studenttorget. I tillegg leveres et eksemplar til oppdragsgiver. HiG kan stille til disposisjon ytterligere eksemplar(er) for oppdragsgiver mot at den/ene godtgjør produksjonskostnadene.
8. Denne avtalen utferdighes med et eksemplar til hver av partene. På vegne av HiG er det dekan som godkjenner avtalen.
9. I det enkelte tilfelle kan det inngås egen avtale mellom oppdragsgiver, student(er) og HiG som nærmere regulerer forhold vedrørende bl.a. eiendomsrett, videre bruk, konfidensialitet, kostnadsdekning og økonomisk utnyttelse av resultatene.
Dersom oppdragsgiver og student(er) ønsker en videre eller ny avtale, skjer dette uten HiG som partner.
10. Når HiG også opptar som oppdragsgiver trer HiG inn i konsulent både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.
11. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene i mellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift, etter bestemmelsene i tvistemålsloven av 13.8.1915 nr. 6, kapittel 32.

12. Deltakende personer ved prosjektgjennomføringen:

HiGs veileder (navn): George Pouss

Oppdragsgivers kontaktperson (navn): Anders Tandberg

Student(er) (signatur): Lorus Skuden dato 26.01.10
Ray Ole Skir dato 26.01.10
 _____ dato _____
 _____ dato _____

Oppdragsgiver (signatur): Anders Tandberg dato 28.01.10

Dekan (signatur): _____ dato _____

Revidert 11.10.07, Ivar Moe

Vedlegg 5 – Mal for møterefertat

[Tittel for møtet]		
1.25.2010	[Tidspunkt for møtet]	[Sted for møtet]
Møte innkalt av:		
Møtetype		
Møteleder		
Protokollfører		
Tidtager		
Deltakere		
[Emne for saksliste]		
[Avsatt tid]	[Foredragsholder]	
Diskusjon		
Konklusjoner		
Gjøremål	Ansvarlig person	Tidsfristdatoer
[Emne for saksliste]		
[Avsatt tid]	[Foredragsholder]	
Diskusjon		
Konklusjoner		
Gjøremål	Ansvarlig person	Tidsfristdatoer
[Emne for saksliste]		
[Avsatt tid]	[Foredragsholder]	
Diskusjon		
Konklusjoner		
Gjøremål	Ansvarlig person	Tidsfristdatoer

Vedlegg 6 – Mal for statusrapportering

Statusrapport - Bevegelsesovervåkning

1. Tema

2. Fremdrift

3. utfordringer og beslutninger

4. Videre arbeid

Dag Atle Skår

Jonas Karl Lian Hansen

11.5 Vedlegg C – Prosjektlogg

Uke	Arbeid	Timer
3	Planlegging, møte med Fugro i Oslo.	55
4	Ferdigstilling av prosjektplan, møte med veileder	60,5
5	Opprettet webside	10
6	Litteraturstudier	21,5
7	Litteraturstudier	39,5
8	Litteraturstudier	64,5
9	Litteraturstudier/utarbeidelse av metode	24,5
10	Litteraturstudier/utarbeidelse av metode	51
11	Litteraturstudier/utarbeidelse av metode	65
12	Litteraturstudier/utarbeidelse av metode	65
13	Påskeferie	0
14	Påskeferie	0
15	Forberedelser til testing	54
16	Forberedelser til testing, testing i Oslo	82
17	Testing i Oslo, Innføring i Leica GNSS Spider	44
18	Import/datatolking	90
19	Prosessering	90
20	Arbeid med rapport	90
21	Arbeid med rapport	40
	Sum timer:	946,5

11.6 Vedlegg D – Statusrapporter

Statusrapport – Bacheloroppgave 2010

Dato: 26.02.2010

Statusrapport - Bevegelsesmonitorering

1. Tema

Fase 1 - Litteraturstudier og produksjon av teorigrunnlag.

2. Fremdrift

I løpet av de siste tre ukene har vi sett på tilgjengelig utstyr og programvareløsninger for monitorering. Vi har ikke funnet mye informasjon om bruk av monitorering i offshoreøyemed. Det finnes imidlertid en del stoff om monitorering generelt, med spesiell fokus på overvåkning av landmasser og gruver/tuneller.

Følgende systemer har blitt beskrevet: GNSS, totalstasjon, radarsystemer (RADius og RadaScan), lasersystemer (Fanbeam og CyScan). Vi har også sett på tilgjengelige softwareløsninger.

I tillegg har vi jobbet med rapportens innledning.

3. utfordringer og beslutninger

Det har til tider vært utfordrende å finne relevant informasjon. Før vi begynte å produsere teorigrunnlag, ble vi enige om hvilken detaljeringsgrad vi skulle benytte innenfor de ulike emnene. I prosjektplanen definerer vi målgruppen på følgende måte:

"Rapportens målgruppe er fagpersoner innen geomatikk, med arbeidsområde offshore, samt andre med interesse for offshoremåling og -monitorering."

Med bakgrunn i dette besluttet vi å begrense beskrivelsene av kjente målesystemer og -løsninger. Her skal det i større grad benyttes referanser til eksisterende litteratur.

4. Videre arbeid

Fase 2 – Metoder

I fase 2 skal vi beskrive hele systemer, sammensatt av metodene og systemene beskrevet i fase 1. I denne fasen ser vi for oss mer kontakt med utstyrsleverandører og ressurspersoner.

Dag Atle Skår

Jonas Karl Lian Hansen

Statusrapport - Bevegelsesmonitorering

1. Tema

Fase 2 – Metoder

2. Fremdrift

I løpet av de siste tre ukene har vi sett på konkrete løsninger for monitorering. Vi har sett nærmere på GNSS, totalstasjon, radarsystemer (RADIUS og RadaScan) og lasersystemer (Fanbeam og CyScan). Ulike programvareløsninger har også blitt vurdert.

Vi har også sett på løsninger (programvare) utviklet av Fugro. ProTrack, EHP og Geodin er interessante alternativer. ProTrack mangler støtte for GLONASS, noe vi er litt bekymret over.

Vi har forsøkt å kontakte utstyrsleverandører, men har ikke fått svar fra disse. På grunn av dette har vi ikke kommet frem til en konkret ustyrspakke. Dette gjøres så snart som mulig.

3. utfordringer og beslutninger

Det har vært utfordrende å finne ut hva slags utstyr som egner seg best til formålet, på grunn av manglende innspill fra leverandører.

Vi har kommet frem til at en GNSS-løsning sannsynligvis er det beste, og enkleste, alternativet.

4. Videre arbeid

Fase 3 - Testing/analyse av resultat

Etter å ha bestemt oss for en konkret løsning, skal denne testes. Testkriterier må også bestemmes. Testfasen inkluderer både måling og observasjon, samt etterprosessering av datafangsten.

Dag Atle Skår

Jonas Karl Lian Hansen

Statusrapport - Bevegelsesmonitorering

1. Tema

Fase 3 – Testing/analyse av resultat

2. Fremdrift

Testing av GNSS løsningen ble utført i perioden 14. - 23. mars ved Fugro Surveys kontorer i Oslo. Her ble det satt opp en sanntidsløsning i Starfix Protrack(basert på tre mottakere), samt gjennomført simulering av bevegelser og logging av data til etterprosessering. Leica Spider ble forsøkt satt opp som sanntidsløsning uten hell. Leica Spider og Leica QC har derfor blitt testet ved reprosessering av loggede observasjoner i ettertid.

Ved å sammenligne etterprosesserte fasitkoordinater på de 3 stasjonene mot logget data fra både ProTrack og Spider, har vi fått analyserbare resultater.

3. utfordringer og beslutninger

Hovedutfordringen ved gjennomføring av testen var å sette seg inn i bruk av Leica Spider/QC.

4. Videre arbeid

Fase 4 – Konklusjon og ferdigstilling

Vi skal nå trekke konklusjoner basert på testresultatene. I tillegg skal rapport, presentasjon og plakat ferdigstilles.

Dag Atle Skår

Jonas Karl Lian Hansen

11.7 Vedlegg E – Liste over korrespondanse

Dato	Kontakt	Emne
04.11.09	Knut Landstad, FSAS, Oslo	Bekreftelse om samarbeid med FSAS.
05.11.09	Knut Landstad, FSAS, Oslo	Bekreftelse på valg av tema
09.11.09	Knut Landstad, FSAS, Oslo	Oppgavetekst godkjennes
08.01.10	Knut Landstad, FSAS, Oslo	Orientering om oppstart bacheloroppgave
18.01.10	John Vint, FSAS, Bergen	Avklaringer rundt gjennomføring
20.01.10	John Vint, FSAS, Bergen	Videre spesifiseringer rundt problemstilling
20.01.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Erfaringer rundt monitorering
24.01.10	John Vint, FSAS, Bergen	Muligheter for møte i Bergen
25.01.10	John Vint, FSAS, Bergen	Diskusjon rundt oppstart, veileder, mulig samarbeid med Statoil
25.01.10	Anders Tandberg, FSAS, Oslo	Diskusjon rundt oppstart
25.01.10	Knut Landstad, FSAS, Oslo	Diskusjon rundt oppstart
26.01.10	John Vint, FSAS, Bergen	Videre planlegging av oppgaveforløp
28.01.10	John Vint, FSAS, Bergen	Planlegging
29.01.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Prosjektplanlegging
08.02.10	Anders Tandberg, FSAS, Oslo	Kontrakt, Prosjektplan
22.02.10	John Vint, FSAS, Bergen	Nøyaktighet
11.03.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Utstyr
11.03.10	Anders Tandberg, FSAS, Oslo	Utstyr
17.03.10	Anders Tandberg, FSAS, Oslo	Utstyr/Programvare
22.03.10	Anders Tandberg, FSAS, Oslo	Status
23.03.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Programvare
25.03.10	Ben Ståle Johnsen, Norgeodesi AS	Utstyr/Programvare
06.04.10	Jon Bråten, Leica Geosystems AS	Utstyr/Programvare
06.04.10	Rolf Knoph, Blinken AS	Utstyr/Programvare
06.04.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Utstyr/Programvare - Testing
06.04.10	Kristian Lous Bøhle, Norgeodesi AS	Utstyr/Programvare
07.04.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Utstyr/Programvare - Testing
08.04.10	Knut Landstad, FSAS, Oslo	Geos
09.04.10	Vidar Bjørkedal, KM Seatex	Radius, priser
12.04.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Testing
21.04.10	Bength Eriksen, Statoil ASA	Forventet bevegelse på plattformer++
22.04.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Rovervelt
30.04.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Prosessering/Programvare
04.05.10	Jon Bråten, Leica Geosystems AS	Bruk av bilder i bacheloroppgaven/priser
04.05.10	Dag Dahlby, Satel Norge AS	Bruk av bilder i bacheloroppgaven/priser
04.05.10	Runar Yri, Leica Geosystems AS	Programvare
07.05.10	Anders Tandberg, FSAS, Oslo	Prosessering/programvare
10.05.10	Runar Yri, Leica Geosystems AS	Programvare
10.05.10	Ben Ståle Johnsen, Norgeodesi AS	Bruk av bilder i bacheloroppgaven/priser
11.05.10	Rolf Knoph, Blinken AS	Bruk av bilder i bacheloroppgaven/priser
11.05.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Bruk av bilder i bacheloroppgaven/Programvare

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

12.05.10	Jon Bråten, Leica Geosystems AS	Priser
12.05.10	Keith S. Park, Measurement Devices Ltd.	Fanbeam, Nøyaktighet, Priser, Bruk av bilder i bacheloroppgaven
12.05.10	Jon Bråten, Leica Geosystems AS	Utstyr
17.05.10	Ray McGlynn, Fugro GEOS	Informasjon om offshore monitorering i Fugro GEOS.
18.05.10	Jon Bråten, Leica Geosystems AS	Priser
19.05.10	Rolf Knoph, Blinken AS	Priser
19.05.10	Ragnhild Lie, FSAS, Oslo	Endelige avklaringer

11.8 Vedlegg F - Relevant korrespondanse

----- Forwarded message -----

From: "Bength Eriksen" <BENERI@statoilhydro.com>
To: "Vint, John" <j.vint@fugro.no>
Date: Mon, 12 Oct 2009 13:19:46 +0100
Subject: RE: Bevegelses monitorering West Epsilon og Sleipner B
John,

1. What we want to is to monitor movment of conductor when drilling on wellhead slot B1, B2, B8 and B4. So it's not only one point we are interessted in.
2. The magnintude we are expecting is approx. +/- 1 meter relative.
3. Most of Sleipner B i classified as zone 2. (see attachment). Since the area of interesst is below cantelliver, it's not the best idea to use GPS antennas. It's a lot of obstructions around and in periods of low satellites coverage, low precision could be sees as movment, not just low precision. The best locatin for GPS antennas on West Epsilon is on helideck. This are is approx. 100 meters from area of interest. A small magnitude of movment could be escalated when computed nearby conductor. One way is to mount GPS antennas on top of leg 2 and 3, but movement due to "slack" in guides holding legs are not easy to estimate. So I wouldn't think that use of GPS antennas to monitoring coductor movement is the best solution.
4. As attached
5. If needed, than it shouldn't be a problem to use StatoilHydro network. I just have to contact the right people.

John, we already discussed this, for now Fugro Geos have mountet their equipment and monitoring structural movment. Drilling superwisor want to have something even more precise than today, and not so space-requiring. It's not actual to be mounting any new equipment until 2010, so we have time to come up with a functional solution. Drilling supervisor also have to decide if it's necessary to continue with structural monitoring.

Best regards,
Bength Eriksen | Senior Surveyor,
TNE GET GOP STAV

StatoilHydro ASA
NO-4035 Stavanger

Telephone: +4793692070
E-mail: beneri@statoilhydro.com
Visitor address: Grenseveien 21, Forus

www.statoilhydro.com

From: Vint, John
Sent: 12 August 2009 10:55
To: 'BENERI@statoilhydro.com'
Cc: 'Landstad, Knut'; Tandberg, Anders; Kjenner, Per; Rundhovde, Svein Ove
Subject: RE: Bevegelses monitorering West Epsilon og Sleipner B

Bength,

With reference to your email enquiry and subsequent telephone conversation with Knut Landstad. We had a meeting in Oslo yesterday to discuss this enquiry which resulted in that we will handle this from Bergen and set up the quotation in relationship to our rigmove contract with StatoilHydro.

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

In order that we obtain a better understanding of your exact requirements, your input on the following points would be appreciated:

1. Is there a requirement to monitor the relative movement at specific points (i.e. either side of the bridge landing) or in general. I would have thought that any platform rotations would be insignificant (or non-existent) such that monitoring points on the two helidecks would be the best solution.
2. Do you have an estimated magnitude of the movements you're expecting ?
3. You state that equipment may have to be mounted in EX classified areas. The EX classification of optical equipment (e.g. total stations and lasers) has been investigated by us earlier and is difficult / very expensive to achieve. The use of GPS is better in this area. Any comments ?
4. Do you have a diagram showing the gas classification zones of the platforms.
5. Any transfer of data from the platforms to shore (StatoilHydro or Fugro) will require access to the StatoilHydro network offshore, will this be a problem ?

Please call should you wish to discuss any of these points prior to answering.

Best Regards
John Vint
Survey Manager

Telephone: +47 55 34 94 03, Mobile: +47 900 33 478
Email: j.vint@fugro.no, Web Page: www.fugro.no
Address: Fugro Survey AS, Nygårdsviken 1, 5164 Laksevåg, Norway
Switchboard: +47 55 34 94 00, Duty (24 hrs): +47 91 10 96 20
VAT No.: NO 937 107 978

From: Bengt Eriksen [<mailto:BENERI@statoilhydro.com>]
Sent: Tuesday, August 04, 2009 3:53 PM
To: Landstad, Knut
Subject: Bevegelses monitorering West Epsilon og Sleipner B

Hei.
Boreoperasjonsledelsen for Sleipner B ønsker å monitorere den relative bevegelsen mellom Sleipner B og West Epsilon.
Planen er at West Epsilon skal ligge ved siden av Sleipner B fram til desember 2010. Det er ikke bestemt at man skal monitorere bevegelsene hele denne perioden.

I første omgang er det interessant å gjøre monitorering i et par tre måneder for å se trenden i bevegelsene.

Det største problemet med dette prosjektet er at utstyret mest sannsynlig må stå i et klassifiser område, noe som krever at utstyret er Ex

klassifisert.

Løsningen som man kommer opp med må og være slik at dersom man skulle få et black out på platformen, så må utstyret kunne slås på uten at man må sende ut en ekstra mann for å bare trykke på "on" for å si det slik. Man må og kunne plassere instrumentet slik at dersom det blir brudd i "line of sight" så må instrumentet kunne søke seg tilbake til reflektor uten at man trenger å gjøre dette fysisk.

Dersom dere ønsker å prøve dere på et slikt prosjekt, så er det ønskelig at dere kommer opp med en ide, som jeg kan presentere for boreoperasjons ledelsen, og hvis de synes dette virker bra, så kan vi ta dette videre å se om vi klarer å få gjennomført dette.

Sender med et oversiktsbilde over Sleipner B. Dersom dere ønsker en shape over Sleipner B/West Epsilon, så kan dere ta kontakt med Fugro Survey, ved Christian M Borge, på kontoret i Bergen.

Jeg tar ferie fra torsdag av, men jeg skal bare bygge veranda og male huset, så dersom dere har spørsmål, så er det bare å ringe, hvis jeg tar telefonen så er det fordi jeg har tid å prate.

Jeg kommer til å ha oppfølgingen på dette prosjektet for Statoilhydro, hvis det kommer i gang.

Best regards,

Bength Eriksen | Senior Surveyor,
TNE GET GOP STAV

StatoilHydro ASA
NO-4035 Stavanger

Telephone: +4793692070

E-mail: beneri@statoilhydro.com

Visitor address: Grenseveien 21, Forus

www.statoilhydro.com

The information contained in this message may be CONFIDENTIAL and is intended for the addressee only. Any unauthorised use, dissemination of the information or copying of this message is prohibited. If you are not the addressee, please notify the sender immediately by return e-mail and delete this message.
Thank you.

The information contained in this message may be CONFIDENTIAL and is intended for the addressee only. Any unauthorised use, dissemination of the information or copying of this message is prohibited. If you are not the addressee, please notify the sender immediately by return e-mail and delete this message.
Thank you.

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

From: Vint, John <j.vint@fugro.no>
To: Landstad, Knut
Sent: Tue Jan 19 22:04:56 2010
Subject: RE: Oppstart bacheloroppgave / prosjektplan.
Knut,

I've talked to Bength twice now and he doesn't appear any closer to getting a decision from the drilling department on the project, it doesn't look like it will happen in the near future.

Looking back through my emails I haven't gotten any more information apart from the first request from Bength to yourself (attached) and my email of 12 August (attached) still remains unanswered in writing, although I have discussed this with Bength. I could probably followed this up more closely !

As such I suggest we focus on the requirements from Statoil in the email to yourself (inserted below) to see if we can come up with systems and techniques for such monitoring. My ideas as follows:

- Evaluate the pros and cons of different systems for the task as described by Bength:
 - o GNSS based system - antennae placed in open locations - probably the easiest.
 - o Land Survey based system - total station / prisms / lasers - placed close to the walkway.
 - o + others
- Review techniques, procedures, presentation of results and accuracies with respect to time required to collect and process data.
- Economy in the differing techniques.
- Etc.

Time is short so if I can be of further assistance then please let me know.

Best Regards
John Vint
Survey Manager

Telephone: +47 55 34 94 03, Mobile: +47 900 33 478
Email: j.vint@fugro.no, Web Page: www.fugro.no
Address: Fugro Survey AS, Nygårdsviken 1, 5164 Laksevåg, Norway
Switchboard: +47 55 34 94 00, Duty (24 hrs): +47 91 10 96 20
VAT No.: NO 937 107 978

Bength Eriksen <beneri@statoil.com> [hide](#)
 from [details](#) 2
 1 Apr
 to "Dag Atle Skår (dagatleskaar@gmail.com)"
 <dagatleskaar@gmail.com>,
 "Jonas Karl Lian Hansen (jonasklh@gmail.com)"
 <jonasklh@gmail.com>

date 21 April 2010 16:31
 subject RE: Angående bacheloroppgave med Fugro Survey As.
 mailed-statoil.com
 by

Hei Jonas og Dag.
 Beklager at det har gått så lang tid før dere har fått svar men jeg har vært på ferie nå i en måned.
 Jeg var i tillegg ut av de som var "askefast" men er nå tilbake på kontoret.

Vedrørende deres spørsmål.

1. Vi har hatt en forventning om at Sleipner B kan bevege seg så mye som 0,5 meter.
 West Epsilon har tidligere ligget ved siden av Sleipner B og da hadde gangbruene som knyttet disse to sammen en en dimensjonal bevegelse på opptil 1 meter.
 Dette kunne sees fordi løpehjulene på gangbroen hadde laget spor. Dette ble opplyst av de som tidligere jobbet ombord der sist WE var inntil.
 Nå må det og nevnes at den gang var det brukt en ekstra stålramme og et boretårn som var plassert på Sleipner B som veide omkring 350 tonn, noe som forsterker enhver bevegelse plattformen har.
 Dette er ikke tilfellet denne gangen.

2. Slik jeg ser det vil slike bevegelser skje i takt med svell fra sjøen som trykker på plattformen.
 Da dette ikke har vært målt før eller vært forsket på vil jeg si at frekvensen fra amplitude til amplitude, altså en hel svingning vil variere mellom 8-12 sekunder.
 Ved mye vind vil jeg anta at denne perioden øker litt da vinden vil lage ressonans med bevegelsene til riggen.

3. Det er fullt mulig å plassere utstyr i randsonen på helikopter dekk. Her må man bare være forsiktig og ikke plassere utstyr for høyt, d.v.s 10-15 cm over.
 Det er vanlig under ett riggflytt at GPS antenne står på helikopterdekk, så det skulle være mulig. Jeg antar her at du snakker om helikopterdekk på plattformen, ikke på den flyttbare riggen.
 Det er slik at når en jack-up rig flytter inntil en annen plattform så blir helikopterdekk på plattformen satt ut av drift. D.v.s at det kun skal landes på den flyttbare innretningen.
 Men i ytterste nødstilfelle må man kunne lande her også, men det er ikke planlagt med dette.

Jeg ser at dere allerede har tatt hensyn til at utstyret må være ex-godkjent.
 En annen ting å tenke på er at det man i ovedsak ønsker å ha kontroll på er hvor mye en borestreng rører på seg. Man er her redd for at dersom en plattform beveger seg for mye så vil borestrengen under operasjon dunke inn i veggen på plattformen. Når det gjelder gangbruene og overførslene av kabler så er ikke dette like interessant for dette har man allerede kompensert for.
 En annen ting å ha i tankene er at det er veldig kraftige kompressorer og punper på en plattform. Dette skaper en veldig merkbar vibrasjon i instrumentene man bruker. Dersom utstyret skal stå lenge må man være sikker

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

på at de tåler en slik påkjenning.
Jeg har selv erfart at en landmålingskikkert kan ha problem med å måle en avstand på grunn av vibrasjonene.

Lykke til med prosjektet.
Hvis dere har flere spørsmål så er det bare å ta kontakt.

Best regards,

Bength Eriksen

Senior Surveyor
TNE GET GOP
Statoil ASA

m: +47 93 69 20 70
f: +47 51 99 00 50
e: beneri@statoil.com

Visitor address: Grenseveien 21, Forus
Incorporation number: NO 923 609 016 MVA

www.statoil.com

P Please consider the environment before printing this email

From: Jonas Karl Lian Hansen [<mailto:jonasklh@gmail.com>]
Sent: 25. mars 2010 14:12
To: Bength Eriksen
Subject: Angående bacheloroppgave med Fugro Survey As.

- Hide quoted text -
Hei!

Vi jobber for tiden med en bacheloroppgave for Fugro Survey AS. Oppgaven er (løst) basert på din forespørsel send til Knut Landstad (4. august 2009), angående overvåkning på West Epsilon og Sleipner B. Problemstillingen har blitt noe endret, slik at det vi nå ønsker å undersøke, er systemer for å overvåke den relative bevegelsen mellom to plattformer av sikkerhetshensyn som (vist i sitert e-post). I den forbindelse har vi noen spørsmål.

1. Hvor mye bevegelse forventes det å være i permanente installasjoner som Sleipner B?
2. Med hvilken hastighet skjer bevegelsene (både permanent installasjon og jack-up-rigg)? Slik vi skjønner det, dreier det seg om svaiende bevegelser, men med hvilken frekvens (ca)?
3. Hvordan er mulighetene for å plassere utstyr ved helipads?

På forhånd takk for hjelpen!

Mvh
Jonas Karl Lian Hansen og Dag Atle Skår

11.9 Vedlegg G – Monitoreringsbrosjyre

AUTOMATISK GEO-OVERVÅKING



I situasjoner hvor en trenger høy sikkerhet, repeterende målinger og å redusere kostandene ved mye manuell måling, vil et automatisk overvåkingsystem være en god løsning. Fugro Survey har siden 2005 utviklet løsninger og systemer for automatisering av instrumenter, data administrasjon, analyser, visualisering, alarmer og webpresentasjon av data i sanntid.

Generelt

Overvåkingsystemet er bygget opp for å behandle de fleste typer sensorer og data for så og automatisk sende disse videre til en sentral lagrings- og analyse database. Videre vil en kunne se dataene ved egne innsyns/GIS løsninger via web eller få automatiske rapporter via mail. Oppstår unormale målinger eller utstyr slutter vil dette kunne varsles via mail eller SMS.

Det integrerte monitoringsystemet er modulbasert og bygget på standard hyllevarer og vil derfor kunne skaleres etter de behov.

Bruksområder

Systemet er bygget slik at det kan ta imot data fra de aller fleste digitale måleinstrument. Sammen med mer spesialutviklede målemetoder vil systemet være veldig godt egnet for kontroll av:

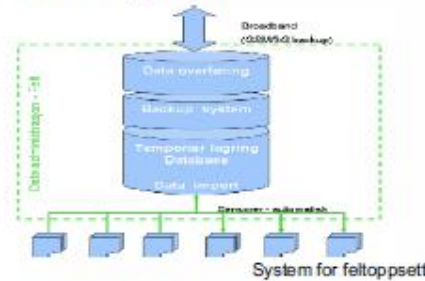
- bevegelse / endringer
- masse- og volumendringer
- helning- og vinkelavvik
- geotekniske observasjoner
- hydrografiske observasjoner
- klima

Områder hvor systemet er veldig godt egnet:

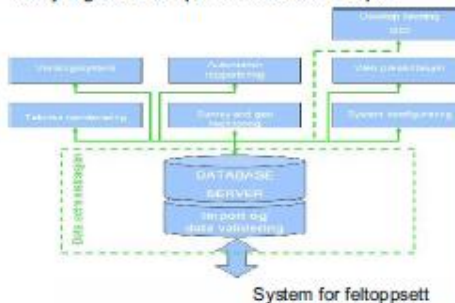
- utbygging i tettbebygde områder
- ras og usikre områder
- dammer og konstruksjoner
- vei, tunell og anlegg
- utilgjengelige områder

Administrasjon og presentasjon av data

En viktig del av systemet er dataoverføring, administrasjon, presentasjon og varsling. Systemet er bygget opp av flere forskjellige moduler for å gjøre dette.



Når data er overført til serveren har en flere forskjellige måter å presentere dataene på.



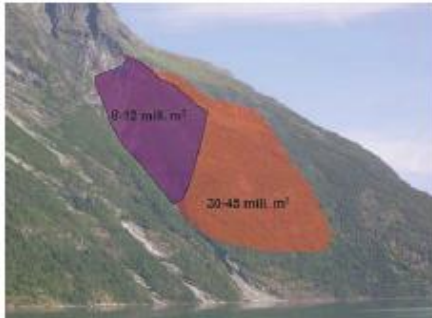
Presentasjon er lagt opp via et websystem, automatisk genererte pdfrapporter, varsling via SMS og mail.

AUTOMATISK GEO-OVERVÅKING



Aknes/Tafjord monitoreringsprosjekt

Ved Storfjorden og Tafjord ligger to potensielle rasområder, Akneset og Heggurdaksla. Akneset er det mest kritiske med et volum på opp mot 100 millioner kubikk, noe som vil kunne forårsake en tsunami i områdene rundt.



I 2006 fikk Fugro Survey ansvaret for å bygge opp både en del av den tekniske overvåking-løsningen sammen med et integrert overvåkingssystem for administrasjon, visualisering og varsling basert på ca 150 sensorer.

Sensorer

Som en del av systemet har Fugro Survey levert et GPS- robotasjons- og lasersystem for sandtidsmonitoring av bevegelse av det potensielle rasområdet.



Montering av GPS nett

Integrert overvåkingssystem

En viktig del av overvåkingssystemet er håndtering av data fra alle sensorerne, presentasjon og varsling i sanntid.

Fugro Survey AS
Hoffsveien 1C,
Pb 490 Skøyen
N-0213 Oslo
E-mail: laserskanning@fugro.no
www.fugro.no
Tlf: 22134600

Fugro Survey AS is a member of the Fugro Group, with offices throughout the world

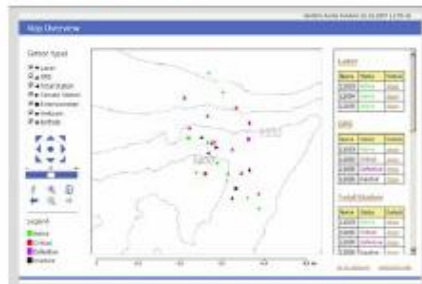
Vår løsning er bygd opp av mange moduler som kan endres etter type instrumenter og funksjonalitet.

I felt har en egen modul som tar i mot data fra forskjellige sensorer og sender videre til en sentral database.



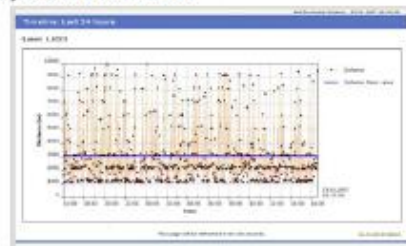
Kommunikasjon fra sensorerne

Presentasjon via et websystem med GIS funksjonalitet hvor en har oversikt over alle sensorer og resultater.



Kart og oversikt over sensorer

Plot fra sensorer oppdateres etterhvert som nye data kommer inn.



11.10 Vedlegg H – English Extended Summary

GJØVIK UNIVERSITY COLLEGE

Monitoring relative motion offshore

Extended summary

Jonas Karl Lian Hansen and Dag Atle Skår

19.05.2010

This document contains an extended summary of the bachelor thesis written by Jonas Karl Lian Hansen and Dag Atle Skår. The thesis was written as the final project in the Bachelor of Geomatics programme at Gjøvik University College, during the spring of 2010.

1 Background

This summary is based on a bachelor thesis written by Jonas Karl Lian Hansen and Dag Atle Skår. The work was performed during the spring of 2010 at Gjøvik University College. The thesis is based on a request from Statoil ASA to Fugro Survey AS. Statoil requested information on whether Fugro Survey AS could supply a system capable of monitoring the relative motions between the well head platform Sleipner B, and the jack-up-rig West Epsilon. Although the thesis is based on this specific request, monitoring systems have been evaluated on general offshore suitability.

The values to be monitored were 2D movement and rotation. It is expected that the movement will be swaying rather than sudden. It is also expected that the motion will take 8-12 seconds from amplitude to amplitude. During storms, the platforms can move up to ± 1 meter, relative to one another.

2 Possible solutions

The following systems have been evaluated for use in offshore motion monitoring:

- GNSS.
- Total Station.
- Kongsberg Seatex, RADIUS.
- Guidance Navigation Ltd., RadaScan.
- Measurement Devices Ltd., Fanbeam.
- Guidance Navigation Ltd., CyScan.

3 Evaluation

3.1 Criteria

The systems have been evaluated based on the following criteria:

- Accuracy.
- Reliability.
- Time.
 - Data collection.

- Processing.

- Economy.

When it comes to the economy of the different solutions, only prices for the main components were presented.

3.2 Evaluation results

Only GNSS and total stations are capable of delivering the desired accuracy of ± 5 cm (1σ). Of these solutions, GNSS is believed to be the best suited for offshore use. The main reason for excluding the use of total stations is previous experiences with these types of instruments in an offshore environment. Total stations are very sensitive to environmental influences such as weather and vibrations. Because of this, reliability is low. Both the users and the manufacturers of land surveying instruments agree that total stations are not suitable for this task. GNSS antennas and receivers, on the other hand, have no moving parts, and have a record of being much more stable.

Although GNSS is evaluated as the preferred solution, there are several factors one has to be aware of. The antennas have to be placed in a way that results in good geometry, and in positions that provide an unobstructed view of the sky. On offshore platforms, multipath can be a significant error source, and as such, measures have to be made to avoid this. When using GNSS, software and processing can be as important as the actual instruments; this is discussed later in this summary.

To transfer observations from receives/antennas to the processing unit, the use of radio links or Wi-Fi is recommended. This removes the need for installing cables. Wireless solutions are widely used and known to be reliable. Many modern GNSS receivers also have built in networking capabilities.

Several systems originally made for dynamic positioning (DP) have also been evaluated.

These systems are not able to compete with land surveying systems in terms of accuracy, but they all have good reliability, and often simple and rugged designs. DP systems could therefore provide valuable back-up solutions. Of the systems evaluated, Fanbeam is the best candidate. The system is already being used for monitoring the movements of semi-submersible accommodation and service rigs. Fanbeam has a quoted accuracy of ± 20 cm (1σ). Higher accuracies are expected at shorter distances, but this is limited by a range resolution of 10 cm.



Figure 1: Fanbeam MK IV (4.2)

4 Software/processing

To assess the suitability of different software/processing suites, a test was performed.

The following software was used:

- Leica GNSS Spider/QC
- Starfix.ProTrack
- Novatel Waypoint GrafNav/GrafNet

Three GNSS antennas/receivers were set up on the roof of the Fugro offices in Oslo, as shown in figure 2. The receivers were connected to a processing computer. The Starfix suite was used to log raw GNSS data, and Starfix.ProTrack was set up to monitor the vectors between the stations in real time (1 Hz). Logged data was later used to calculate a

simulated (reprocessed) real time solution using Leica GNSS Spider.

Data was collected for several days in order to be able to assess the reliability of the systems. In addition, several test were performed to assess the accuracy of a moving station.

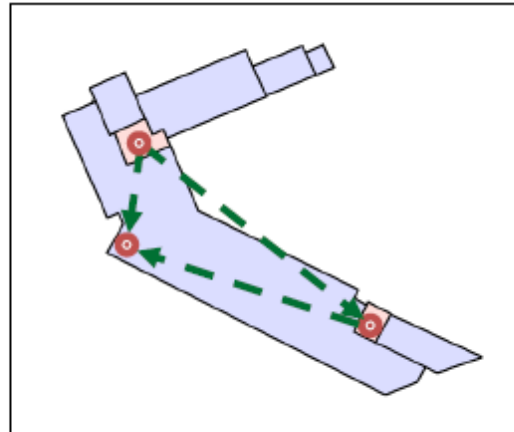


Figure 2: Sketch of test setup.

5 Results

Resulting standard deviations for the reliability tests for the period 00:00:32 – 10:10:00 on April 23rd 2010:

Starfix.ProTrack			
	Easting (m)	Northing (m)	Height (m)
St.Dev. 1σ	0,003	0,004	0,008
St.Dev. 3σ	0,009	0,013	0,023

Leica GNSS Spider			
	Easting (m)	Northing (m)	Height (m)
St.Dev. 1σ	0,023	0,032	0,066
St.Dev. 3σ	0,068	0,096	0,198

Resulting standard deviations for the motion testing performed 10:22:06 – 10:59:18 on April 23rd 2010:

Starfix.ProTrack, St.Devs. (1σ)			
Motion	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔH (m)
10 cm	0,007	0,009	0,014
25 cm	0,006	0,011	0,012
50 cm	0,006	0,012	0,012
75 cm	0,008	0,011	0,016
100 cm	0,011	0,011	0,018
200 cm	0,008	0,010	0,012

Leica GNSS Spider, St.Devs. (1σ)			
Motion	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔH (m)
10 cm	0,007	0,008	0,009
25 cm	0,005	0,009	0,010
50 cm	0,006	0,008	0,009
75 cm	0,006	0,006	0,012
100 cm	0,007	0,007	0,013
200 cm	0,006	0,008	0,010

6 Discussion

The testing revealed a problem in the Starfix suite. The system was not able to continuously log data for each second. For each minute, there were approximately 2 periods of 4-5 seconds without data. The error is believed to lie within the Starfix Time module. This also affected the reprocessing in Spider.

The results of the reliability test show that ProTrack is capable of delivering results with significantly lower standard deviations than Spider. The reason for this is that Spider uses more time to solve the ambiguities after periods of missing data. The first few seconds after the data flow is restored, Spider sometimes produces results of poor quality. ProTrack on the other hand, immediately regains good levels of accuracy after such a period.

During the motion testing, Spider did not suffer from the mentioned problems. Because

of this, the results from both software solutions are of the same approximate size.

ProTrack also suffers because of the gaps in the logged data. Because of these, the "Use single epoch solution" function had to be activated. When using this, ambiguities have to be solved for each epoch, independently. This eliminates the effect of cycle slips, but also makes the system more vulnerable during periods of low satellite availability. The effect of this is apparent in the logged results. Three times a day, when the number of available GPS satellites drops to 5, periods of up to 60 seconds of missing results are observed. 5 satellites should be enough to acquire a good solution. However, other factors such as noise on signals from satellites with low elevation angles could be causing the problems. Spider is able to maintain a fixed solution throughout these periods. This is probably due to the fact that Spider is GLONASS capable.

7 Conclusion

As mentioned earlier, a GNSS-based solution is assessed as the preferred method when it comes to offshore monitoring. Installing a backup system is also recommended; we believe Fanbeam would make a good choice.

Testing the software packages Leica GNSS Spider/QC and Starfix.ProTrack reveal several issues. Spider/QC cannot be used to perform monitoring where all of the GNSS-stations are moving. We also discovered that ProTrack was not able to deliver a continuous fixed solution. We believe making ProTrack GLONASS capable could improve performance.

11.11 Vedlegg I - Beregninger bevegelse

Run 1

Run 1 - Bevegelse: 10 cm									
GrafNav	Protrack			Differanse					
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:22:06	593781,387	6644090,510	67,834	593781,388	6644090,508	67,825	-0,001	0,002	0,009
10:22:07	593781,384	6644090,503	67,834	593781,385	6644090,505	67,826	-0,001	-0,002	0,008
10:22:08	593781,388	6644090,515	67,828	593781,388	6644090,513	67,818	0,000	0,002	0,010
10:22:09	593781,392	6644090,528	67,830	593781,392	6644090,527	67,821	0,000	0,001	0,009
10:22:10	593781,387	6644090,530	67,822	593781,388	6644090,528	67,812	-0,001	0,002	0,010
10:22:11	593781,395	6644090,538	67,822	593781,393	6644090,537	67,811	0,002	0,001	0,011
10:22:12	593781,396	6644090,552	67,819	593781,396	6644090,547	67,809	0,000	0,005	0,010
10:22:13	593781,397	6644090,565	67,815	593781,396	6644090,556	67,804	0,001	0,009	0,011
10:22:14	593781,399	6644090,575	67,829	593781,398	6644090,567	67,818	0,001	0,008	0,011
10:22:15	593781,404	6644090,590	67,835						
10:22:16	593781,405	6644090,599	67,826	593781,404	6644090,595	67,814	0,001	0,004	0,012
10:22:17	593781,400	6644090,588	67,827						
10:22:18	593781,394	6644090,577	67,828						
10:22:19	593781,389	6644090,566	67,829						
10:22:20	593781,384	6644090,554	67,830						
10:22:21	593781,379	6644090,543	67,831	593781,378	6644090,535	67,812	0,001	0,008	0,019
10:22:22	593781,371	6644090,529	67,840	593781,369	6644090,515	67,814	0,002	0,014	0,026
10:22:23	593781,358	6644090,499	67,820	593781,353	6644090,496	67,809	0,005	0,003	0,011
Standardavvik:							0,002	0,006	0,013
Gjennomsnittlig avvik:							0,001	0,004	0,012

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 50 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:25:49	593781,352	6644090,522	67,838	593781,352	6644090,506	67,821	0,000	0,016	0,017
10:25:50	593781,375	6644090,567	67,840						
10:25:51	593781,399	6644090,613	67,843						
10:25:52	593781,422	6644090,658	67,846						
10:25:53	593781,445	6644090,704	67,848						
10:25:54	593781,468	6644090,749	67,851						
10:25:55	593781,491	6644090,794	67,854						
10:25:56	593781,508	6644090,843	67,840	593781,508	6644090,827	67,825	0,000	0,016	0,015
10:25:57	593781,523	6644090,897	67,837	593781,523	6644090,881	67,820	0,000	0,016	0,017
10:25:58	593781,545	6644090,949	67,842	593781,545	6644090,934	67,828	0,000	0,015	0,014
10:25:59	593781,548	6644090,951	67,834	593781,543	6644090,935	67,818	0,005	0,016	0,016
10:26:00	593781,536	6644090,900	67,837	593781,534	6644090,883	67,823	0,002	0,017	0,014
10:26:01	593781,521	6644090,856	67,829	593781,520	6644090,846	67,824	0,001	0,010	0,005
10:26:02	593781,495	6644090,806	67,828	593781,493	6644090,794	67,821	0,002	0,012	0,007
10:26:03	593781,470	6644090,760	67,829	593781,468	6644090,746	67,819	0,002	0,014	0,010
10:26:04	593781,431	6644090,704	67,837	593781,429	6644090,687	67,821	0,002	0,017	0,016
10:26:05	593781,400	6644090,640	67,836	593781,400	6644090,629	67,830	0,000	0,011	0,006
10:26:06	593781,367	6644090,562	67,835	593781,367	6644090,552	67,828	0,000	0,010	0,007
10:26:07	593781,356	6644090,503	67,832	593781,355	6644090,491	67,823	0,001	0,012	0,009
10:26:08	593781,362	6644090,513	67,825	593781,362	6644090,503	67,817	0,000	0,010	0,008
10:26:09	593781,363	6644090,507	67,825	593781,364	6644090,498	67,827	-0,001	0,009	-0,002
10:26:10	593781,362	6644090,516	67,838	593781,362	6644090,499	67,828	0,000	0,017	0,010
Standardavvik:							0,002	0,014	0,012
Gjennomsnittlig avvik:							0,001	0,014	0,011

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 75 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:27:49	593781,364	6644090,505	67,828	593781,365	6644090,499	67,828	-0,001	0,006	0,000
10:27:50	593781,400	6644090,583	67,828						
10:27:51	593781,435	6644090,661	67,828						
10:27:52	593781,470	6644090,740	67,829						
10:27:53	593781,506	6644090,818	67,829						
10:27:54	593781,541	6644090,896	67,829						
10:27:55	593781,576	6644090,974	67,830	593781,575	6644090,968	67,826	0,001	0,006	0,004
10:27:56	593781,618	6644091,072	67,829	593781,618	6644091,062	67,821	0,000	0,010	0,008
10:27:57	593781,645	6644091,135	67,829	593781,648	6644091,125	67,823	-0,003	0,010	0,006
10:27:58	593781,660	6644091,171	67,829	593781,664	6644091,162	67,824	-0,004	0,009	0,005
10:27:59	593781,638	6644091,125	67,829	593781,644	6644091,120	67,825	-0,006	0,005	0,004
10:28:00	593781,613	6644091,059	67,835	593781,619	6644091,053	67,829	-0,006	0,006	0,006
10:28:01	593781,573	6644090,988	67,826	593781,575	6644090,981	67,815	-0,002	0,007	0,011
10:28:02	593781,529	6644090,887	67,826	593781,532	6644090,879	67,818	-0,003	0,008	0,008
10:28:03	593781,475	6644090,763	67,838	593781,478	6644090,755	67,828	-0,003	0,008	0,010
10:28:04	593781,434	6644090,670	67,833	593781,435	6644090,663	67,829	-0,001	0,007	0,004
10:28:05	593781,399	6644090,593	67,836	593781,400	6644090,585	67,833	-0,001	0,008	0,003
10:28:06	593781,355	6644090,505	67,831	593781,355	6644090,495	67,830	0,000	0,010	0,001
Standardavvik:							0,003	0,008	0,006
Gjennomsnittlig avvik:							-0,002	0,008	0,005

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 1 m									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:30:14	593781,359	6644090,494	67,830	593781,365	6644090,500	67,821	-0,006	-0,006	0,009
10:30:15	593781,411	6644090,626	67,826	593781,418	6644090,633	67,816	-0,007	-0,007	0,010
10:30:16	593781,449	6644090,727	67,828	593781,460	6644090,732	67,822	-0,011	-0,005	0,006
10:30:17	593781,506	6644090,842	67,826						
10:30:18	593781,562	6644090,957	67,823						
10:30:19	593781,618	6644091,072	67,821						
10:30:20	593781,675	6644091,186	67,819						
10:30:21	593781,731	6644091,301	67,817	593781,737	6644091,305	67,816	-0,006	-0,004	0,001
10:30:22	593781,766	6644091,378	67,821	593781,774	6644091,384	67,820	-0,008	-0,006	0,001
10:30:23	593781,754	6644091,354	67,818	593781,763	6644091,362	67,816	-0,009	-0,008	0,002
10:30:24	593781,706	6644091,257	67,826	593781,717	6644091,263	67,819	-0,011	-0,006	0,007
10:30:25	593781,650	6644091,115	67,820	593781,663	6644091,123	67,823	-0,013	-0,008	-0,003
10:30:26	593781,583	6644090,975	67,829	593781,595	6644090,984	67,828	-0,012	-0,009	0,001
10:30:27	593781,519	6644090,871	67,834	593781,529	6644090,873	67,829	-0,010	-0,002	0,005
10:30:28	593781,473	6644090,767	67,826	593781,480	6644090,770	67,825	-0,007	-0,003	0,001
10:30:29	593781,424	6644090,648	67,827	593781,433	6644090,651	67,824	-0,009	-0,003	0,003
10:30:30	593781,369	6644090,515	67,837	593781,378	6644090,516	67,830	-0,009	-0,001	0,007
10:30:31	593781,360	6644090,490	67,828	593781,372	6644090,495	67,820	-0,012	-0,005	0,008
Standardavvik:							0,010	0,006	0,006
Gjennomsnittlig avvik:							-0,009	-0,005	0,004

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 2m									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:31:48	593781,356	6644090,481	67,826	593781,368	6644090,494	67,821	-0,012	-0,013	0,005
10:31:49	593781,355	6644090,477	67,826	593781,365	6644090,487	67,822	-0,010	-0,010	0,004
10:31:50	593781,464	6644090,723	67,825						
10:31:51	593781,573	6644090,969	67,824						
10:31:52	593781,682	6644091,215	67,823						
10:31:53	593781,791	6644091,461	67,822						
10:31:54	593781,900	6644091,706	67,821						
10:31:55	593782,009	6644091,952	67,820	593782,024	6644091,966	67,815	-0,015	-0,014	0,005
10:31:56	593782,105	6644092,131	67,815						
10:31:57	593782,181	6644092,261	67,817	593782,190	6644092,273	67,812	-0,009	-0,012	0,005
10:31:58	593782,159	6644092,230	67,821	593782,169	6644092,241	67,814	-0,010	-0,011	0,007
10:31:59	593782,059	6644092,009	67,812	593782,067	6644092,019	67,808	-0,008	-0,010	0,004
10:32:00	593781,936	6644091,765	67,814	593781,947	6644091,781	67,808	-0,011	-0,016	0,006
10:32:01	593781,820	6644091,518	67,816	593781,831	6644091,535	67,810	-0,011	-0,017	0,006
10:32:02	593781,682	6644091,250	67,828	593781,693	6644091,265	67,824	-0,011	-0,015	0,004
10:32:03	593781,601	6644091,027	67,832	593781,615	6644091,047	67,826	-0,014	-0,020	0,006
10:32:04	593781,460	6644090,740	67,832						
10:32:05	593781,363	6644090,516	67,829						
10:32:06	593781,356	6644090,504	67,826						
10:32:07	593781,354	6644090,485	67,828	593781,363	6644090,500	67,830	-0,009	-0,015	-0,002
Standardavvik:							0,011	0,014	0,005
Gjennomsnittlig avvik:							-0,011	-0,014	0,005

Run 2

Run 2 - Bevegelse: 10 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:34:50	593781,354	6644090,488	67,840						
11:34:51	593781,354	6644090,491	67,840						
12:34:52	593781,355	6644090,493	67,841						
13:34:53	593781,355	6644090,496	67,841						
10:34:54	593781,356	6644090,499	67,841						
10:34:55	593781,356	6644090,501	67,842	593781,370	6644090,518	67,832	-0,014	-0,017	0,010
10:34:56	593781,362	6644090,521	67,838	593781,376	6644090,534	67,834	-0,014	-0,013	0,004
10:34:57	593781,364	6644090,525	67,834	593781,379	6644090,536	67,828	-0,015	-0,011	0,006
10:34:58	593781,372	6644090,536	67,839						
10:34:59	593781,377	6644090,542	67,830	593781,386	6644090,548	67,825	-0,009	-0,006	0,005
10:35:00	593781,377	6644090,542	67,831	593781,386	6644090,549	67,825	-0,009	-0,007	0,006
10:35:01	593781,390	6644090,559	67,835	593781,398	6644090,563	67,834	-0,008	-0,004	0,001
10:35:02	593781,394	6644090,564	67,833	593781,403	6644090,574	67,828	-0,009	-0,010	0,005
10:35:03	593781,390	6644090,562	67,835	593781,401	6644090,572	67,828	-0,011	-0,010	0,007
10:35:04	593781,383	6644090,549	67,833	593781,392	6644090,560	67,823	-0,009	-0,011	0,010
10:35:05	593781,381	6644090,540	67,839	593781,392	6644090,548	67,835	-0,011	-0,008	0,004
10:35:06	593781,373	6644090,530	67,844	593781,384	6644090,540	67,841	-0,011	-0,010	0,003
10:35:07	593781,365	6644090,516	67,836	593781,376	6644090,523	67,832	-0,011	-0,007	0,004
10:35:08	593781,361	6644090,505	67,834	593781,368	6644090,508	67,837	-0,007	-0,003	-0,003
10:35:09	593781,352	6644090,497	67,837	593781,360	6644090,505	67,837	-0,008	-0,008	0,000
Standardavvik:							0,011	0,010	0,006
Gjennomsnittlig avvik:							-0,010	-0,009	0,004

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 2 - Bevegelse: 25 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:37:50	593781,346	6644090,501	67,831	593781,354	6644090,510	67,834	-0,008	-0,009	-0,003
10:37:51	593781,354	6644090,515	67,831						
10:37:52	593781,363	6644090,529	67,832						
10:37:53	593781,372	6644090,542	67,832						
10:37:54	593781,380	6644090,556	67,832						
10:37:55	593781,389	6644090,570	67,832	593781,396	6644090,575	67,836	-0,007	-0,005	-0,004
10:37:56	593781,392	6644090,596	67,840	593781,403	6644090,604	67,836	-0,011	-0,008	0,004
10:37:57	593781,407	6644090,628	67,835	593781,418	6644090,638	67,830	-0,011	-0,010	0,005
10:37:58	593781,422	6644090,659	67,842	593781,431	6644090,668	67,840	-0,009	-0,009	0,002
10:37:59	593781,445	6644090,688	67,837	593781,452	6644090,694	67,838	-0,007	-0,006	-0,001
10:38:00	593781,458	6644090,699	67,829	593781,465	6644090,706	67,830	-0,007	-0,007	-0,001
10:38:01	593781,426	6644090,667	67,834	593781,437	6644090,681	67,832	-0,011	-0,014	0,002
10:38:02	593781,406	6644090,633	67,839	593781,414	6644090,641	67,839	-0,008	-0,008	0,000
10:38:03	593781,399	6644090,601	67,842	593781,409	6644090,613	67,838	-0,010	-0,012	0,004
10:38:04	593781,387	6644090,577	67,839	593781,399	6644090,592	67,833	-0,012	-0,015	0,006
10:38:05	593781,364	6644090,543	67,836	593781,374	6644090,556	67,836	-0,010	-0,013	0,000
10:38:06	593781,340	6644090,513	67,840	593781,349	6644090,522	67,836	-0,009	-0,009	0,004
10:38:07	593781,345	6644090,495	67,841	593781,352	6644090,506	67,838	-0,007	-0,011	0,003
10:38:08	593781,339	6644090,484	67,835	593781,349	6644090,499	67,834	-0,010	-0,015	0,001
10:38:09	593781,336	6644090,477	67,831	593781,345	6644090,491	67,831	-0,009	-0,014	0,000
10:38:10	593781,337	6644090,479	67,832	593781,346	6644090,493	67,832	-0,009	-0,014	0,000
Standardavvik:							0,009	0,011	0,003
Gjennomsnittlig avvik:							-0,009	-0,011	0,001

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 2 - Bevegelse: 50 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:39:49	593781,336	6644090,487	67,842	593781,346	6644090,497	67,835	-0,010	-0,010	0,007
10:39:50	593781,336	6644090,488	67,846	593781,345	6644090,498	67,837	-0,009	-0,010	0,009
10:39:51	593781,362	6644090,536	67,845						
10:39:52	593781,387	6644090,584	67,844						
10:39:53	593781,412	6644090,631	67,843						
10:39:54	593781,438	6644090,679	67,842						
10:39:55	593781,463	6644090,727	67,841	593781,474	6644090,739	67,834	-0,011	-0,012	0,007
10:39:56	593781,488	6644090,788	67,841	593781,496	6644090,799	67,834	-0,008	-0,011	0,007
10:39:57	593781,517	6644090,852	67,837	593781,527	6644090,861	67,830	-0,010	-0,009	0,007
10:39:58	593781,548	6644090,921	67,835	593781,558	6644090,930	67,828	-0,010	-0,009	0,007
10:39:59	593781,558	6644090,946	67,834	593781,566	6644090,955	67,831	-0,008	-0,009	0,003
10:40:00	593781,541	6644090,900	67,844	593781,550	6644090,910	67,836	-0,009	-0,010	0,008
10:40:01	593781,518	6644090,825	67,835	593781,525	6644090,834	67,827	-0,007	-0,009	0,008
10:40:02	593781,490	6644090,779	67,833	593781,498	6644090,788	67,826	-0,008	-0,009	0,007
10:40:03	593781,464	6644090,725	67,833	593781,473	6644090,735	67,831	-0,009	-0,010	0,002
10:40:04	593781,434	6644090,663	67,838	593781,442	6644090,673	67,832	-0,008	-0,010	0,006
10:40:05	593781,398	6644090,586	67,840	593781,404	6644090,592	67,832	-0,006	-0,006	0,008
10:40:06	593781,366	6644090,514	67,839	593781,379	6644090,529	67,828	-0,013	-0,015	0,011
10:40:07	593781,350	6644090,486	67,841	593781,359	6644090,495	67,829	-0,009	-0,009	0,012
Standardavvik:							0,009	0,010	0,008
Gjennomsnittlig avvik:							-0,009	-0,010	0,007

Run 3

Run 3 - Bevegelse: 10 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:48:46	593781,347	6644090,485	67,849	593781,353	6644090,495	67,828	-0,006	-0,010	0,021
10:48:47	593781,355	6644090,494	67,843	593781,357	6644090,503	67,830	-0,002	-0,009	0,013
10:48:48	593781,360	6644090,508	67,846	593781,366	6644090,518	67,830	-0,006	-0,010	0,016
10:48:49	593781,369	6644090,514	67,845	593781,381	6644090,528	67,822	-0,012	-0,014	0,023
10:48:50	593781,370	6644090,521	67,848	593781,381	6644090,534	67,823	-0,011	-0,013	0,025
10:48:51	593781,374	6644090,534	67,848						
10:48:52	593781,379	6644090,546	67,848						
10:48:53	593781,383	6644090,559	67,848						
10:48:54	593781,387	6644090,572	67,848						
10:48:55	593781,392	6644090,585	67,848	593781,398	6644090,592	67,827	-0,006	-0,007	0,021
10:48:56	593781,374	6644090,564	67,847	593781,384	6644090,578	67,820	-0,010	-0,014	0,027
10:48:57	593781,370	6644090,543	67,850	593781,382	6644090,558	67,822	-0,012	-0,015	0,028
10:48:58	593781,357	6644090,531	67,856						
10:48:59	593781,353	6644090,522	67,846						
10:49:00	593781,349	6644090,505	67,849						
10:49:01	593781,347	6644090,489	67,855						
10:49:02	593781,341	6644090,479	67,849						
10:49:03	593781,344	6644090,485	67,851						
10:49:04	593781,348	6644090,493	67,847						
10:49:05	593781,347	6644090,493	67,847						
Standardavvik:							0,009	0,012	0,022
Gjennomsnittlig avvik:							-0,008	-0,011	0,022

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 25 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:50:48	593781,346	6644090,486	67,839	593781,352	6644090,500	67,818	-0,006	-0,014	0,021
10:50:49	593781,346	6644090,489	67,844	593781,351	6644090,502	67,825	-0,005	-0,013	0,019
10:50:50	593781,362	6644090,518	67,850	593781,367	6644090,531	67,831	-0,005	-0,013	0,019
10:50:51	593781,377	6644090,546	67,848						
10:50:52	593781,392	6644090,574	67,847						
10:50:53	593781,407	6644090,602	67,845						
10:50:54	593781,421	6644090,630	67,844						
10:50:55	593781,436	6644090,658	67,842	593781,441	6644090,668	67,826	-0,005	-0,010	0,016
10:50:56	593781,452	6644090,696	67,840	593781,454	6644090,706	67,823	-0,002	-0,010	0,017
10:50:57	593781,470	6644090,730	67,834	593781,473	6644090,741	67,822	-0,003	-0,011	0,012
10:50:58	593781,451	6644090,700	67,841	593781,454	6644090,711	67,827	-0,003	-0,011	0,014
10:50:59	593781,430	6644090,652	67,843	593781,434	6644090,662	67,825	-0,004	-0,010	0,018
10:51:00	593781,408	6644090,605	67,841	593781,413	6644090,617	67,822	-0,005	-0,012	0,019
10:51:01	593781,381	6644090,572	67,845	593781,387	6644090,582	67,826	-0,006	-0,010	0,019
10:51:02	593781,366	6644090,552	67,838	593781,374	6644090,562	67,820	-0,008	-0,010	0,018
10:51:03	593781,355	6644090,528	67,838	593781,361	6644090,538	67,821	-0,006	-0,010	0,017
10:51:04	593781,347	6644090,492	67,848	593781,355	6644090,506	67,829	-0,008	-0,014	0,019
10:51:05	593781,349	6644090,492	67,851	593781,357	6644090,505	67,829	-0,008	-0,013	0,022
10:51:06	593781,350	6644090,495	67,848	593781,356	6644090,506	67,827	-0,006	-0,011	0,021
10:51:07	593781,351	6644090,497	67,851	593781,358	6644090,509	67,830	-0,007	-0,012	0,021
Standardavvik:							0,006	0,012	0,018
Gjennomsnittlig avvik:							-0,005	-0,011	0,018

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 75 cm									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:54:55	593781,343	6644090,485	67,862	593781,352	6644090,499	67,836	-0,009	-0,014	0,026
10:54:56	593781,342	6644090,489	67,863	593781,352	6644090,505	67,836	-0,010	-0,016	0,027
10:54:57	593781,348	6644090,491	67,867						
10:54:58	593781,393	6644090,553	67,866	593781,401	6644090,565	67,843	-0,008	-0,012	0,023
10:54:59	593781,435	6644090,639	67,874	593781,446	6644090,651	67,846	-0,011	-0,012	0,028
10:55:00	593781,477	6644090,731	67,868	593781,486	6644090,742	67,843	-0,009	-0,011	0,025
10:55:01	593781,501	6644090,798	67,860	593781,509	6644090,809	67,839	-0,008	-0,011	0,021
10:55:02	593781,546	6644090,888	67,861	593781,558	6644090,902	67,831	-0,012	-0,014	0,030
10:55:03	593781,591	6644090,976	67,866	593781,602	6644090,987	67,838	-0,011	-0,011	0,028
10:55:04	593781,630	6644091,079	67,858	593781,638	6644091,090	67,833	-0,008	-0,011	0,025
10:55:05	593781,661	6644091,149	67,863	593781,669	6644091,161	67,834	-0,008	-0,012	0,029
10:55:06	593781,650	6644091,132	67,862	593781,659	6644091,140	67,832	-0,009	-0,008	0,030
10:55:07	593781,621	6644091,053	67,867						
10:55:08	593781,594	6644090,984	67,869	593781,604	6644090,995	67,834	-0,010	-0,011	0,035
10:55:09	593781,541	6644090,878	67,868	593781,550	6644090,888	67,838	-0,009	-0,010	0,030
10:55:10	593781,483	6644090,769	67,872	593781,490	6644090,777	67,844	-0,007	-0,008	0,028
10:55:11	593781,439	6644090,686	67,870	593781,447	6644090,694	67,846	-0,008	-0,008	0,024
10:55:12	593781,389	6644090,605	67,878	593781,399	6644090,612	67,856	-0,010	-0,007	0,022
10:55:13	593781,345	6644090,495	67,868	593781,356	6644090,508	67,837	-0,011	-0,013	0,031
10:55:14	593781,348	6644090,498	67,874	593781,359	6644090,510	67,843	-0,011	-0,012	0,031
10:55:15	593781,349	6644090,499	67,868	593781,360	6644090,511	67,838	-0,011	-0,012	0,030
10:55:16	593781,347	6644090,498	67,869	593781,358	6644090,510	67,841	-0,011	-0,012	0,028
10:55:17	593781,347	6644090,497	67,870						
10:55:18	593781,347	6644090,497	67,870						
Standardavvik:							0,010	0,011	0,028
Gjennomsnittlig avvik:							-0,010	-0,011	0,028

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 1 m									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:56:54	593781,350	6644090,496	67,866						
10:56:55	593781,350	6644090,496	67,865	593781,360	6644090,511	67,837	-0,010	-0,015	0,028
10:56:56	593781,389	6644090,537	67,860	593781,400	6644090,554	67,828	-0,011	-0,017	0,032
10:56:57	593781,440	6644090,637	67,866						
10:56:58	593781,482	6644090,718	67,858						
10:56:59	593781,538	6644090,864	67,850						
10:57:00	593781,606	6644090,994	67,844						
10:57:01	593781,655	6644091,116	67,848						
10:57:02	593781,705	6644091,228	67,842						
10:57:03	593781,747	6644091,341	67,840						
10:57:04	593781,754	6644091,369	67,838						
10:57:05	593781,715	6644091,273	67,853						
10:57:06	593781,660	6644091,152	67,855	593781,668	6644091,168	67,831	-0,008	-0,016	0,024
10:57:07	593781,589	6644090,981	67,848	593781,599	6644090,997	67,819	-0,010	-0,016	0,029
10:57:08	593781,529	6644090,867	67,845	593781,542	6644090,888	67,811	-0,013	-0,021	0,034
10:57:09	593781,462	6644090,721	67,856	593781,473	6644090,741	67,828	-0,011	-0,020	0,028
10:57:10	593781,400	6644090,609	67,860	593781,407	6644090,620	67,844	-0,007	-0,011	0,016
10:57:11	593781,354	6644090,487	67,870						
10:57:12	593781,353	6644090,489	67,861						
10:57:13	593781,357	6644090,494	67,862						
10:57:14	593781,350	6644090,485	67,860						
10:57:15	593781,352	6644090,482	67,868						
10:57:16	593781,353	6644090,481	67,854						
10:57:17	593781,352	6644090,481	67,856						
Standardavvik:							0,010	0,017	0,028
Gjennomsnittlig avvik:							-0,010	-0,017	0,027

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 2m									
GrafNav				Protrack			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:58:53	593781,366	6644090,490	67,845						
10:58:54	593781,366	6644090,489	67,847						
10:58:55	593781,366	6644090,488	67,848	593781,365	6644090,494	67,842	0,001	-0,006	0,006
10:58:56	593781,357	6644090,476	67,836	593781,358	6644090,480	67,831	-0,001	-0,004	0,005
10:58:57	593781,358	6644090,471	67,838						
10:58:58	593781,357	6644090,477	67,846	593781,354	6644090,476	67,847	0,003	0,001	-0,001
10:58:59	593781,370	6644090,510	67,848	593781,368	6644090,514	67,847	0,002	-0,004	0,001
10:59:00	593781,464	6644090,702	67,843	593781,463	6644090,707	67,838	0,001	-0,005	0,005
10:59:01	593781,583	6644090,952	67,838	593781,582	6644090,956	67,831	0,001	-0,004	0,007
10:59:02	593781,711	6644091,237	67,855	593781,712	6644091,239	67,841	-0,001	-0,002	0,014
10:59:03	593781,846	6644091,521	67,847	593781,847	6644091,522	67,830	-0,001	-0,001	0,017
10:59:04	593781,994	6644091,809	67,829	593781,995	6644091,807	67,814	-0,001	0,002	0,015
10:59:05	593782,134	6644092,045	67,825	593782,137	6644092,043	67,807	-0,003	0,002	0,018
10:59:06	593782,185	6644092,228	67,828	593782,187	6644092,227	67,814	-0,002	0,001	0,014
10:59:07	593782,196	6644092,244	67,825	593782,198	6644092,246	67,814	-0,002	-0,002	0,011
10:59:08	593782,118	6644092,073	67,825	593782,119	6644092,078	67,819	-0,001	-0,005	0,006
10:59:09	593781,992	6644091,863	67,831	593781,992	6644091,867	67,824	0,000	-0,004	0,007
10:59:10	593781,854	6644091,551	67,839	593781,854	6644091,553	67,830	0,000	-0,002	0,009
10:59:11	593781,728	6644091,298	67,850	593781,727	6644091,298	67,841	0,001	0,000	0,009
10:59:12	593781,632	6644091,055	67,842	593781,634	6644091,057	67,831	-0,002	-0,002	0,011
10:59:13	593781,511	6644090,828	67,853	593781,514	6644090,832	67,840	-0,003	-0,004	0,013
10:59:14	593781,407	6644090,607	67,839	593781,409	6644090,609	67,826	-0,002	-0,002	0,013
10:59:15	593781,342	6644090,510	67,851	593781,342	6644090,513	67,834	0,000	-0,003	0,017
10:59:16	593781,354	6644090,523	67,846	593781,354	6644090,524	67,831	0,000	-0,001	0,015
10:59:17	593781,355	6644090,521	67,847						
10:59:18	593781,356	6644090,519	67,848						
Standardavvik:							0,002	0,003	0,011
Gjennomsnittlig avvik:							0,000	-0,002	0,010

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 25 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:23:56	593781,356	6644090,504	67,825	593781,356	6644090,502	67,828	0,000	0,002	-0,003
10:23:57	593781,361	6644090,509	67,829	593781,357	6644090,504	67,826	0,004	0,005	0,003
10:23:58	593781,368	6644090,522	67,824	593781,365	6644090,518	67,825	0,003	0,004	-0,001
10:23:59	593781,380	6644090,550	67,832	593781,377	6644090,546	67,830	0,003	0,004	0,002
10:24:00	593781,389	6644090,581	67,834	593781,388	6644090,577	67,832	0,001	0,004	0,002
10:24:01	593781,404	6644090,614	67,835	593781,402	6644090,605	67,827	0,002	0,009	0,008
10:24:02	593781,417	6644090,637	67,829	593781,416	6644090,624	67,815	0,001	0,013	0,014
10:24:03	593781,432	6644090,669	67,838	593781,434	6644090,661	67,825	-0,002	0,008	0,013
10:24:04	593781,447	6644090,695	67,834	593781,449	6644090,689	67,823	-0,002	0,006	0,011
10:24:05	593781,463	6644090,733	67,838	593781,465	6644090,725	67,824	-0,002	0,008	0,014
10:24:06	593781,461	6644090,737	67,835	593781,463	6644090,731	67,825	-0,002	0,006	0,010
10:24:07	593781,451	6644090,709	67,842	593781,450	6644090,702	67,832	0,001	0,007	0,010
10:24:08	593781,434	6644090,674	67,835	593781,433	6644090,668	67,825	0,001	0,006	0,010
10:24:09	593781,425	6644090,644	67,834	593781,423	6644090,637	67,825	0,002	0,007	0,009
10:24:10	593781,411	6644090,614	67,838	593781,411	6644090,608	67,829	0,000	0,006	0,009
10:24:11	593781,390	6644090,595	67,837	593781,389	6644090,587	67,826	0,001	0,008	0,011
10:24:12	593781,360	6644090,542	67,821	593781,358	6644090,534	67,817	0,002	0,008	0,004
10:24:13	593781,355	6644090,520	67,821	593781,354	6644090,513	67,820	0,001	0,007	0,001
Standardavvik:							0,002	0,007	0,009
Gjennomsnittlig avvik:							0,001	0,007	0,007

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 50 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:25:49	593781,352	6644090,522	67,838	593781,353	6644090,513	67,829	-0,001	0,009	0,009
10:25:50	593781,375	6644090,567	67,840						
10:25:51	593781,399	6644090,613	67,843						
10:25:52	593781,422	6644090,658	67,846						
10:25:53	593781,445	6644090,704	67,848						
10:25:54	593781,468	6644090,749	67,851						
10:25:55	593781,491	6644090,794	67,854	593781,491	6644090,783	67,837	0,000	0,011	0,017
10:25:56	593781,508	6644090,843	67,840	593781,508	6644090,831	67,826	0,000	0,012	0,014
10:25:57	593781,523	6644090,897	67,837	593781,521	6644090,882	67,821	0,002	0,015	0,016
10:25:58	593781,545	6644090,949	67,842	593781,545	6644090,936	67,827	0,000	0,013	0,015
10:25:59	593781,548	6644090,951	67,834	593781,551	6644090,940	67,821	-0,003	0,011	0,013
10:26:00	593781,536	6644090,900	67,837	593781,538	6644090,893	67,831	-0,002	0,007	0,006
10:26:01	593781,521	6644090,856	67,829	593781,523	6644090,852	67,831	-0,002	0,004	-0,002
10:26:02	593781,495	6644090,806	67,828	593781,497	6644090,800	67,830	-0,002	0,006	-0,002
10:26:03	593781,470	6644090,760	67,829	593781,471	6644090,753	67,823	-0,001	0,007	0,006
10:26:04	593781,431	6644090,704	67,837	593781,434	6644090,694	67,826	-0,003	0,010	0,011
10:26:05	593781,400	6644090,640	67,836	593781,402	6644090,630	67,823	-0,002	0,010	0,013
10:26:06	593781,367	6644090,562	67,835	593781,370	6644090,551	67,826	-0,003	0,011	0,009
10:26:07	593781,356	6644090,503	67,832	593781,358	6644090,495	67,826	-0,002	0,008	0,006
10:26:08	593781,362	6644090,513	67,825	593781,364	6644090,507	67,822	-0,002	0,006	0,003
10:26:09	593781,363	6644090,507	67,825	593781,365	6644090,501	67,824	-0,002	0,006	0,001
10:26:10	593781,362	6644090,516	67,838	593781,364	6644090,509	67,835	-0,002	0,007	0,003
Standardavvik:							0,002	0,009	0,010
Gjennomsnittlig avvik:							-0,001	0,009	0,008

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 1									
m									
GrafNav			Spider			Differanse			
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:30:14	593781,359	6644090,494	67,830	593781,361	6644090,499	67,832	-0,002	-0,005	-0,002
10:30:15	593781,411	6644090,626	67,826	593781,411	6644090,624	67,825	0,000	0,002	0,001
10:30:16	593781,449	6644090,727	67,828	593781,450	6644090,727	67,834	-0,001	0,000	-0,006
10:30:17	593781,506	6644090,842	67,826						
10:30:18	593781,562	6644090,957	67,823						
10:30:19	593781,618	6644091,072	67,821						
10:30:20	593781,675	6644091,186	67,819						
10:30:21	593781,731	6644091,301	67,817	593781,738	6644091,306	67,821	-0,007	-0,005	-0,004
10:30:22	593781,766	6644091,378	67,821	593781,771	6644091,381	67,827	-0,005	-0,003	-0,006
10:30:23	593781,754	6644091,354	67,818	593781,761	6644091,356	67,818	-0,007	-0,002	0,000
10:30:24	593781,706	6644091,257	67,826	593781,710	6644091,260	67,838	-0,004	-0,003	-0,012
10:30:25	593781,650	6644091,115	67,820	593781,655	6644091,112	67,820	-0,005	0,003	0,000
10:30:26	593781,583	6644090,975	67,829	593781,587	6644090,973	67,834	-0,004	0,002	-0,005
10:30:27	593781,519	6644090,871	67,834	593781,522	6644090,871	67,839	-0,003	0,000	-0,005
10:30:28	593781,473	6644090,767	67,826	593781,481	6644090,771	67,823	-0,008	-0,004	0,003
10:30:29	593781,424	6644090,648	67,827	593781,429	6644090,650	67,834	-0,005	-0,002	-0,007
10:30:30	593781,369	6644090,515	67,837	593781,371	6644090,518	67,851	-0,002	-0,003	-0,014
10:30:31	593781,360	6644090,490	67,828	593781,365	6644090,494	67,832	-0,005	-0,004	-0,004
Standardavvik:							0,005	0,003	0,006
Gjennomsnittlig avvik:							-0,004	-0,002	-0,004

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 1 - Bevegelse: 2m									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:31:48	593781,356	6644090,481	67,826	593781,364	6644090,491	67,830	-0,008	-0,010	-0,004
10:31:49	593781,355	6644090,477	67,826	593781,364	6644090,490	67,827	-0,009	-0,013	-0,001
10:31:50	593781,464	6644090,723	67,825						
10:31:51	593781,573	6644090,969	67,824						
10:31:52	593781,682	6644091,215	67,823						
10:31:53	593781,791	6644091,461	67,822						
10:31:54	593781,900	6644091,706	67,821						
10:31:55	593782,009	6644091,952	67,820	593782,017	6644091,963	67,823	-0,008	-0,011	-0,003
10:31:56	593782,105	6644092,131	67,815	593782,114	6644092,138	67,811	-0,009	-0,007	0,004
10:31:57	593782,181	6644092,261	67,817	593782,190	6644092,271	67,819	-0,009	-0,010	-0,002
10:31:58	593782,159	6644092,230	67,821	593782,167	6644092,240	67,820	-0,008	-0,010	0,001
10:31:59	593782,059	6644092,009	67,812	593782,065	6644092,019	67,815	-0,006	-0,010	-0,003
10:32:00	593781,936	6644091,765	67,814	593781,944	6644091,778	67,815	-0,008	-0,013	-0,001
10:32:01	593781,820	6644091,518	67,816	593781,827	6644091,529	67,812	-0,007	-0,011	0,004
10:32:02	593781,682	6644091,250	67,828	593781,690	6644091,259	67,829	-0,008	-0,009	-0,001
10:32:03	593781,601	6644091,027	67,832	593781,609	6644091,036	67,833	-0,008	-0,009	-0,001
10:32:04	593781,460	6644090,740	67,832	593781,466	6644090,750	67,831	-0,006	-0,010	0,001
10:32:05	593781,363	6644090,516	67,829	593781,370	6644090,525	67,835	-0,007	-0,009	-0,006
10:32:06	593781,356	6644090,504	67,826	593781,362	6644090,512	67,832	-0,006	-0,008	-0,006
10:32:07	593781,354	6644090,485	67,828	593781,359	6644090,494	67,832	-0,005	-0,009	-0,004
Standardavvik:							0,008	0,010	0,003
Gjennomsnittlig avvik:							-0,007	-0,010	-0,001

Run 2

Run 2 - Bevegelse: 10 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:34:50	593781,354	6644090,488	67,840						
11:34:51	593781,354	6644090,491	67,840						
12:34:52	593781,355	6644090,493	67,841						
13:34:53	593781,355	6644090,496	67,841						
10:34:54	593781,356	6644090,499	67,841						
10:34:55	593781,356	6644090,501	67,842	593781,368	6644090,515	67,842	-0,012	-0,014	0,000
10:34:56	593781,362	6644090,521	67,838	593781,374	6644090,532	67,836	-0,012	-0,011	0,002
10:34:57	593781,364	6644090,525	67,834	593781,379	6644090,538	67,836	-0,015	-0,013	-0,002
10:34:58	593781,372	6644090,536	67,839	593781,383	6644090,545	67,836	-0,011	-0,009	0,003
10:34:59	593781,377	6644090,542	67,830	593781,389	6644090,550	67,829	-0,012	-0,008	0,001
10:35:00	593781,377	6644090,542	67,831	593781,389	6644090,553	67,832	-0,012	-0,011	-0,001
10:35:01	593781,390	6644090,559	67,835	593781,401	6644090,568	67,834	-0,011	-0,009	0,001
10:35:02	593781,394	6644090,564	67,833	593781,402	6644090,574	67,832	-0,008	-0,010	0,001
10:35:03	593781,390	6644090,562	67,835	593781,402	6644090,572	67,831	-0,012	-0,010	0,004
10:35:04	593781,383	6644090,549	67,833	593781,394	6644090,559	67,825	-0,011	-0,010	0,008
10:35:05	593781,381	6644090,540	67,839	593781,393	6644090,549	67,838	-0,012	-0,009	0,001
10:35:06	593781,373	6644090,530	67,844	593781,384	6644090,538	67,843	-0,011	-0,008	0,001
10:35:07	593781,365	6644090,516	67,836	593781,377	6644090,527	67,832	-0,012	-0,011	0,004
10:35:08	593781,361	6644090,505	67,834	593781,373	6644090,518	67,833	-0,012	-0,013	0,001
10:35:09	593781,352	6644090,497	67,837	593781,364	6644090,509	67,834	-0,012	-0,012	0,003
Standardavvik:							0,012	0,011	0,003
Gjennomsnittlig avvik:							-0,012	-0,011	0,002

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 2 - Bevegelse: 25 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:37:50	593781,346	6644090,501	67,831	593781,354	6644090,509	67,837	-0,008	-0,008	-0,006
10:37:51	593781,354	6644090,515	67,831						
10:37:52	593781,363	6644090,529	67,832						
10:37:53	593781,372	6644090,542	67,832						
10:37:54	593781,380	6644090,556	67,832						
10:37:55	593781,389	6644090,570	67,832	593781,395	6644090,574	67,835	-0,006	-0,004	-0,003
10:37:56	593781,392	6644090,596	67,840	593781,402	6644090,603	67,839	-0,010	-0,007	0,001
10:37:57	593781,407	6644090,628	67,835	593781,417	6644090,638	67,836	-0,010	-0,010	-0,001
10:37:58	593781,422	6644090,659	67,842	593781,430	6644090,668	67,843	-0,008	-0,009	-0,001
10:37:59	593781,445	6644090,688	67,837	593781,452	6644090,693	67,839	-0,007	-0,005	-0,002
10:38:00	593781,458	6644090,699	67,829	593781,464	6644090,705	67,831	-0,006	-0,006	-0,002
10:38:01	593781,426	6644090,667	67,834	593781,435	6644090,677	67,834	-0,009	-0,010	0,000
10:38:02	593781,406	6644090,633	67,839	593781,414	6644090,643	67,842	-0,008	-0,010	-0,003
10:38:03	593781,399	6644090,601	67,842	593781,408	6644090,610	67,840	-0,009	-0,009	0,002
10:38:04	593781,387	6644090,577	67,839	593781,396	6644090,585	67,834	-0,009	-0,008	0,005
10:38:05	593781,364	6644090,543	67,836	593781,373	6644090,552	67,838	-0,009	-0,009	-0,002
10:38:06	593781,340	6644090,513	67,840	593781,350	6644090,525	67,843	-0,010	-0,012	-0,003
10:38:07	593781,345	6644090,495	67,841	593781,352	6644090,505	67,842	-0,007	-0,010	-0,001
10:38:08	593781,339	6644090,484	67,835	593781,347	6644090,495	67,836	-0,008	-0,011	-0,001
10:38:09	593781,336	6644090,477	67,831	593781,345	6644090,488	67,835	-0,009	-0,011	-0,004
10:38:10	593781,337	6644090,479	67,832	593781,345	6644090,490	67,834	-0,008	-0,011	-0,002
Standardavvik:							0,008	0,009	0,003
Gjennomsnittlig avvik:							-0,008	-0,009	-0,001

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 2 - Bevegelse: 50 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:39:49	593781,336	6644090,487	67,842	593781,345	6644090,493	67,838	-0,009	-0,006	0,004
10:39:50	593781,336	6644090,488	67,846	593781,345	6644090,493	67,840	-0,009	-0,005	0,006
10:39:51	593781,362	6644090,536	67,845						
10:39:52	593781,387	6644090,584	67,844						
10:39:53	593781,412	6644090,631	67,843						
10:39:54	593781,438	6644090,679	67,842						
10:39:55	593781,463	6644090,727	67,841	593781,472	6644090,736	67,835	-0,009	-0,009	0,006
10:39:56	593781,488	6644090,788	67,841	593781,497	6644090,797	67,839	-0,009	-0,009	0,002
10:39:57	593781,517	6644090,852	67,837	593781,525	6644090,860	67,832	-0,008	-0,008	0,005
10:39:58	593781,548	6644090,921	67,835	593781,558	6644090,929	67,834	-0,010	-0,008	0,001
10:39:59	593781,558	6644090,946	67,834	593781,566	6644090,953	67,833	-0,008	-0,007	0,001
10:40:00	593781,541	6644090,900	67,844	593781,550	6644090,908	67,839	-0,009	-0,008	0,005
10:40:01	593781,518	6644090,825	67,835	593781,525	6644090,832	67,830	-0,007	-0,007	0,005
10:40:02	593781,490	6644090,779	67,833	593781,498	6644090,784	67,830	-0,008	-0,005	0,003
10:40:03	593781,464	6644090,725	67,833	593781,470	6644090,733	67,831	-0,006	-0,008	0,002
10:40:04	593781,434	6644090,663	67,838	593781,441	6644090,673	67,837	-0,007	-0,010	0,001
10:40:05	593781,398	6644090,586	67,840	593781,405	6644090,595	67,838	-0,007	-0,009	0,002
10:40:06	593781,366	6644090,514	67,839	593781,375	6644090,522	67,829	-0,009	-0,008	0,010
10:40:07	593781,350	6644090,486	67,841	593781,359	6644090,495	67,834	-0,009	-0,009	0,007
Standardavvik:							0,008	0,008	0,005
Gjennomsnittlig avvik:							-0,008	-0,008	0,004

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 2 - Bevegelse: 2m									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:45:48	593781,333	6644090,479	67,851	593781,339	6644090,487	67,837	-0,006	-0,008	0,014
10:45:49	593781,334	6644090,480	67,854	593781,340	6644090,487	67,843	-0,006	-0,007	0,011
10:45:50	593781,336	6644090,481	67,854	593781,345	6644090,491	67,841	-0,009	-0,010	0,013
10:45:51	593781,453	6644090,725	67,851						
10:45:52	593781,569	6644090,969	67,848						
10:45:53	593781,686	6644091,214	67,844						
10:45:54	593781,802	6644091,458	67,841						
10:45:55	593781,919	6644091,702	67,838	593781,927	6644091,712	67,831	-0,008	-0,010	0,007
10:45:56	593782,016	6644091,922	67,827	593782,025	6644091,930	67,815	-0,009	-0,008	0,012
10:45:57	593782,097	6644092,069	67,835	593782,108	6644092,081	67,822	-0,011	-0,012	0,013
10:45:58	593782,176	6644092,205	67,828	593782,185	6644092,215	67,815	-0,009	-0,010	0,013
10:45:59	593782,150	6644092,198	67,824	593782,157	6644092,204	67,817	-0,007	-0,006	0,007
10:46:00	593782,101	6644092,032	67,835	593782,111	6644092,043	67,826	-0,010	-0,011	0,009
10:46:01	593781,959	6644091,837	67,831	593781,968	6644091,847	67,820	-0,009	-0,010	0,011
10:46:02	593781,831	6644091,565	67,841	593781,841	6644091,573	67,821	-0,010	-0,008	0,020
10:46:03	593781,699	6644091,299	67,844	593781,709	6644091,307	67,830	-0,010	-0,008	0,014
10:46:04	593781,609	6644091,028	67,850	593781,620	6644091,035	67,837	-0,011	-0,007	0,013
10:46:05	593781,475	6644090,801	67,863	593781,487	6644090,812	67,847	-0,012	-0,011	0,016
10:46:06	593781,390	6644090,578	67,856	593781,399	6644090,589	67,838	-0,009	-0,011	0,018
10:46:07	593781,346	6644090,505	67,852	593781,356	6644090,517	67,836	-0,010	-0,012	0,016
10:46:08	593781,346	6644090,502	67,851	593781,353	6644090,508	67,841	-0,007	-0,006	0,010
10:46:09	593781,345	6644090,504	67,852	593781,351	6644090,510	67,843	-0,006	-0,006	0,009
10:46:10	593781,343	6644090,502	67,852	593781,351	6644090,510	67,838	-0,008	-0,008	0,014
10:46:11	593781,344	6644090,503	67,855	593781,353	6644090,512	67,839	-0,009	-0,009	0,016
10:46:12	593781,381	6644090,552	67,857	593781,390	6644090,561	67,839	-0,009	-0,009	0,018
10:46:13	593781,378	6644090,547	67,850	593781,386	6644090,555	67,833	-0,008	-0,008	0,017
10:46:14	593781,346	6644090,490	67,852	593781,355	6644090,501	67,837	-0,009	-0,011	0,015
Standardavvik:							0,009	0,009	0,014
Gjennomsnittlig avvik:							-0,009	-0,009	0,013

Run 3

Run 3 - Bevegelse: 10 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:48:46	593781,347	6644090,485	67,849	593781,353	6644090,493	67,834	-0,006	-0,008	0,015
10:48:47	593781,355	6644090,494	67,843	593781,358	6644090,504	67,835	-0,003	-0,010	0,008
10:48:48	593781,360	6644090,508	67,846	593781,366	6644090,517	67,836	-0,006	-0,009	0,010
10:48:49	593781,369	6644090,514	67,845	593781,378	6644090,524	67,832	-0,009	-0,010	0,013
10:48:50	593781,370	6644090,521	67,848	593781,378	6644090,529	67,831	-0,008	-0,008	0,017
10:48:51	593781,374	6644090,534	67,848						
10:48:52	593781,379	6644090,546	67,848						
10:48:53	593781,383	6644090,559	67,848						
10:48:54	593781,387	6644090,572	67,848						
10:48:55	593781,392	6644090,585	67,848	593781,398	6644090,591	67,833	-0,006	-0,006	0,015
10:48:56	593781,374	6644090,564	67,847	593781,382	6644090,574	67,829	-0,008	-0,010	0,018
10:48:57	593781,370	6644090,543	67,850	593781,378	6644090,551	67,831	-0,008	-0,008	0,019
10:48:58	593781,357	6644090,531	67,856	593781,364	6644090,540	67,839	-0,007	-0,009	0,017
10:48:59	593781,353	6644090,522	67,846	593781,359	6644090,529	67,832	-0,006	-0,007	0,014
10:49:00	593781,349	6644090,505	67,849	593781,354	6644090,514	67,835	-0,005	-0,009	0,014
10:49:01	593781,347	6644090,489	67,855	593781,350	6644090,496	67,837	-0,003	-0,007	0,018
10:49:02	593781,341	6644090,479	67,849	593781,346	6644090,485	67,834	-0,005	-0,006	0,015
10:49:03	593781,344	6644090,485	67,851	593781,349	6644090,490	67,835	-0,005	-0,005	0,016
10:49:04	593781,348	6644090,493	67,847	593781,354	6644090,498	67,829	-0,006	-0,005	0,018
10:49:05	593781,347	6644090,493	67,847	593781,353	6644090,498	67,829	-0,006	-0,005	0,018
Standardavvik:							0,006	0,008	0,016
Gjennomsnittlig avvik:							-0,006	-0,008	0,015

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 25 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:50:48	593781,346	6644090,486	67,839	593781,352	6644090,500	67,818	-0,006	-0,014	0,021
10:50:49	593781,346	6644090,489	67,844	593781,351	6644090,502	67,825	-0,005	-0,013	0,019
10:50:50	593781,362	6644090,518	67,850	593781,367	6644090,531	67,831	-0,005	-0,013	0,019
10:50:51	593781,377	6644090,546	67,848						
10:50:52	593781,392	6644090,574	67,847						
10:50:53	593781,407	6644090,602	67,845						
10:50:54	593781,421	6644090,630	67,844						
10:50:55	593781,436	6644090,658	67,842	593781,441	6644090,668	67,826	-0,005	-0,010	0,016
10:50:56	593781,452	6644090,696	67,840	593781,454	6644090,706	67,823	-0,002	-0,010	0,017
10:50:57	593781,470	6644090,730	67,834	593781,473	6644090,741	67,822	-0,003	-0,011	0,012
10:50:58	593781,451	6644090,700	67,841	593781,454	6644090,711	67,827	-0,003	-0,011	0,014
10:50:59	593781,430	6644090,652	67,843	593781,434	6644090,662	67,825	-0,004	-0,010	0,018
10:51:00	593781,408	6644090,605	67,841	593781,413	6644090,617	67,822	-0,005	-0,012	0,019
10:51:01	593781,381	6644090,572	67,845	593781,387	6644090,582	67,826	-0,006	-0,010	0,019
10:51:02	593781,366	6644090,552	67,838	593781,374	6644090,562	67,820	-0,008	-0,010	0,018
10:51:03	593781,355	6644090,528	67,838	593781,361	6644090,538	67,821	-0,006	-0,010	0,017
10:51:04	593781,347	6644090,492	67,848	593781,355	6644090,506	67,829	-0,008	-0,014	0,019
10:51:05	593781,349	6644090,492	67,851	593781,357	6644090,505	67,829	-0,008	-0,013	0,022
10:51:06	593781,350	6644090,495	67,848	593781,356	6644090,506	67,827	-0,006	-0,011	0,021
10:51:07	593781,351	6644090,497	67,851	593781,358	6644090,509	67,830	-0,007	-0,012	0,021
Standardavvik:							0,006	0,012	0,018
Gjennomsnittlig avvik:							-0,005	-0,011	0,018

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 50 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:52:45	593781,344	6644090,498	67,852	593781,350	6644090,505	67,839	-0,006	-0,007	0,013
10:52:46	593781,342	6644090,497	67,853	593781,348	6644090,505	67,841	-0,006	-0,008	0,012
10:52:47	593781,340	6644090,496	67,843	593781,347	6644090,505	67,831	-0,007	-0,009	0,012
10:52:48	593781,339	6644090,493	67,843	593781,344	6644090,498	67,832	-0,005	-0,005	0,011
10:52:49	593781,370	6644090,542	67,859	593781,377	6644090,547	67,846	-0,007	-0,005	0,013
10:52:50	593781,408	6644090,618	67,849	593781,415	6644090,626	67,834	-0,007	-0,008	0,015
10:52:51	593781,437	6644090,677	67,849						
10:52:52	593781,466	6644090,737	67,849						
10:52:53	593781,494	6644090,797	67,849						
10:52:54	593781,523	6644090,856	67,849						
10:52:55	593781,552	6644090,916	67,849	593781,559	6644090,924	67,838	-0,007	-0,008	0,011
10:52:56	593781,558	6644090,939	67,846	593781,565	6644090,947	67,834	-0,007	-0,008	0,012
10:52:57	593781,529	6644090,871	67,844	593781,536	6644090,878	67,831	-0,007	-0,007	0,013
10:52:58	593781,487	6644090,788	67,851	593781,493	6644090,797	67,838	-0,006	-0,009	0,013
10:52:59	593781,441	6644090,721	67,843	593781,446	6644090,731	67,832	-0,005	-0,010	0,011
10:53:00	593781,423	6644090,651	67,851	593781,427	6644090,658	67,838	-0,004	-0,007	0,013
10:53:01	593781,402	6644090,603	67,853	593781,407	6644090,609	67,845	-0,005	-0,006	0,008
10:53:02	593781,367	6644090,544	67,850	593781,374	6644090,553	67,841	-0,007	-0,009	0,009
10:53:03	593781,343	6644090,494	67,847	593781,350	6644090,503	67,837	-0,007	-0,009	0,010
10:53:04	593781,344	6644090,491	67,845	593781,352	6644090,501	67,834	-0,008	-0,010	0,011
Standardavvik:							0,006	0,008	0,012
Gjennomsnittlig avvik:							-0,006	-0,008	0,012

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 75 cm									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:54:55	593781,343	6644090,485	67,862	593781,348	6644090,496	67,844	-0,005	-0,011	0,018
10:54:56	593781,342	6644090,489	67,863	593781,347	6644090,500	67,844	-0,005	-0,011	0,019
10:54:57	593781,348	6644090,491	67,867	593781,354	6644090,503	67,847	-0,006	-0,012	0,020
10:54:58	593781,393	6644090,553	67,866	593781,397	6644090,562	67,848	-0,004	-0,009	0,018
10:54:59	593781,435	6644090,639	67,874	593781,441	6644090,645	67,855	-0,006	-0,006	0,019
10:55:00	593781,477	6644090,731	67,868	593781,483	6644090,740	67,850	-0,006	-0,009	0,018
10:55:01	593781,501	6644090,798	67,860	593781,505	6644090,805	67,845	-0,004	-0,007	0,015
10:55:02	593781,546	6644090,888	67,861	593781,553	6644090,896	67,840	-0,007	-0,008	0,021
10:55:03	593781,591	6644090,976	67,866	593781,597	6644090,983	67,845	-0,006	-0,007	0,021
10:55:04	593781,630	6644091,079	67,858	593781,634	6644091,085	67,839	-0,004	-0,006	0,019
10:55:05	593781,661	6644091,149	67,863	593781,664	6644091,154	67,840	-0,003	-0,005	0,023
10:55:06	593781,650	6644091,132	67,862	593781,655	6644091,135	67,839	-0,005	-0,003	0,023
10:55:07	593781,621	6644091,053	67,867	593781,625	6644091,055	67,845	-0,004	-0,002	0,022
10:55:08	593781,594	6644090,984	67,869	593781,599	6644090,989	67,844	-0,005	-0,005	0,025
10:55:09	593781,541	6644090,878	67,868	593781,545	6644090,882	67,846	-0,004	-0,004	0,022
10:55:10	593781,483	6644090,769	67,872	593781,486	6644090,773	67,852	-0,003	-0,004	0,020
10:55:11	593781,439	6644090,686	67,870	593781,442	6644090,690	67,852	-0,003	-0,004	0,018
10:55:12	593781,389	6644090,605	67,878	593781,394	6644090,608	67,861	-0,005	-0,003	0,017
10:55:13	593781,345	6644090,495	67,868	593781,349	6644090,499	67,845	-0,004	-0,004	0,023
10:55:14	593781,348	6644090,498	67,874	593781,353	6644090,503	67,851	-0,005	-0,005	0,023
10:55:15	593781,349	6644090,499	67,868	593781,354	6644090,503	67,846	-0,005	-0,004	0,022
10:55:16	593781,347	6644090,498	67,869	593781,352	6644090,503	67,849	-0,005	-0,005	0,020
10:55:17	593781,347	6644090,497	67,870						
10:55:18	593781,347	6644090,497	67,870						
Standardavvik:							0,005	0,007	0,020
Gjennomsnittlig avvik:							-0,005	-0,006	0,020

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 1									
m									
GrafNav	Spider			Differanse					
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:56:54	593781,350	6644090,496	67,866						
10:56:55	593781,350	6644090,496	67,865	593781,354	6644090,502	67,848	-0,004	-0,006	0,017
10:56:56	593781,389	6644090,537	67,860	593781,393	6644090,546	67,841	-0,004	-0,009	0,019
10:56:57	593781,440	6644090,637	67,866	593781,445	6644090,644	67,851	-0,005	-0,007	0,015
10:56:58	593781,482	6644090,718	67,858	593781,489	6644090,727	67,840	-0,007	-0,009	0,018
10:56:59	593781,538	6644090,864	67,850	593781,547	6644090,877	67,833	-0,009	-0,013	0,017
10:57:00	593781,606	6644090,994	67,844	593781,613	6644091,006	67,829	-0,007	-0,012	0,015
10:57:01	593781,655	6644091,116	67,848	593781,663	6644091,127	67,835	-0,008	-0,011	0,013
10:57:02	593781,705	6644091,228	67,842	593781,713	6644091,241	67,826	-0,008	-0,013	0,016
10:57:03	593781,747	6644091,341	67,840	593781,755	6644091,356	67,822	-0,008	-0,015	0,018
10:57:04	593781,754	6644091,369	67,838	593781,763	6644091,384	67,820	-0,009	-0,015	0,018
10:57:05	593781,715	6644091,273	67,853	593781,724	6644091,288	67,838	-0,009	-0,015	0,015
10:57:06	593781,660	6644091,152	67,855	593781,666	6644091,166	67,839	-0,006	-0,014	0,016
10:57:07	593781,589	6644090,981	67,848	593781,596	6644090,995	67,829	-0,007	-0,014	0,019
10:57:08	593781,529	6644090,867	67,845	593781,538	6644090,882	67,826	-0,009	-0,015	0,019
10:57:09	593781,462	6644090,721	67,856	593781,471	6644090,739	67,840	-0,009	-0,018	0,016
10:57:10	593781,400	6644090,609	67,860	593781,408	6644090,623	67,848	-0,008	-0,014	0,012
10:57:11	593781,354	6644090,487	67,870	593781,361	6644090,500	67,852	-0,007	-0,013	0,018
10:57:12	593781,353	6644090,489	67,861	593781,361	6644090,501	67,844	-0,008	-0,012	0,017
10:57:13	593781,357	6644090,494	67,862	593781,366	6644090,506	67,845	-0,009	-0,012	0,017
10:57:14	593781,350	6644090,485	67,860	593781,358	6644090,496	67,841	-0,008	-0,011	0,019
10:57:15	593781,352	6644090,482	67,868	593781,359	6644090,493	67,850	-0,007	-0,011	0,018
10:57:16	593781,353	6644090,481	67,854	593781,362	6644090,495	67,833	-0,009	-0,014	0,021
10:57:17	593781,352	6644090,481	67,856						
Standardavvik:							0,008	0,013	0,017
Gjennomsnittlig avvik:							-0,008	-0,012	0,017

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

Run 3 - Bevegelse: 2m									
GrafNav				Spider			Differanse		
Time	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height	Easting	Northing	Height
10:58:53	593781,366	6644090,490	67,845						
10:58:54	593781,366	6644090,489	67,847						
10:58:55	593781,366	6644090,488	67,848	593781,369	6644090,499	67,839	-0,003	-0,011	0,009
10:58:56	593781,357	6644090,476	67,836	593781,360	6644090,483	67,828	-0,003	-0,007	0,008
10:58:57	593781,358	6644090,471	67,838	593781,360	6644090,479	67,830	-0,002	-0,008	0,008
10:58:58	593781,357	6644090,477	67,846	593781,358	6644090,480	67,842	-0,001	-0,003	0,004
10:58:59	593781,370	6644090,510	67,848	593781,371	6644090,516	67,843	-0,001	-0,006	0,005
10:59:00	593781,464	6644090,702	67,843	593781,465	6644090,707	67,835	-0,001	-0,005	0,008
10:59:01	593781,583	6644090,952	67,838	593781,584	6644090,957	67,828	-0,001	-0,005	0,010
10:59:02	593781,711	6644091,237	67,855	593781,714	6644091,239	67,840	-0,003	-0,002	0,015
10:59:03	593781,846	6644091,521	67,847	593781,847	6644091,520	67,830	-0,001	0,001	0,017
10:59:04	593781,994	6644091,809	67,829	593781,996	6644091,808	67,811	-0,002	0,001	0,018
10:59:05	593782,134	6644092,045	67,825	593782,138	6644092,044	67,806	-0,004	0,001	0,019
10:59:06	593782,185	6644092,228	67,828	593782,190	6644092,230	67,812	-0,005	-0,002	0,016
10:59:07	593782,196	6644092,244	67,825	593782,199	6644092,247	67,813	-0,003	-0,003	0,012
10:59:08	593782,118	6644092,073	67,825	593782,119	6644092,079	67,815	-0,001	-0,006	0,010
10:59:09	593781,992	6644091,863	67,831	593781,992	6644091,866	67,822	0,000	-0,003	0,009
10:59:10	593781,854	6644091,551	67,839	593781,855	6644091,552	67,828	-0,001	-0,001	0,011
10:59:11	593781,728	6644091,298	67,850	593781,728	6644091,296	67,841	0,000	0,002	0,009
10:59:12	593781,632	6644091,055	67,842	593781,634	6644091,055	67,829	-0,002	0,000	0,013
10:59:13	593781,511	6644090,828	67,853	593781,513	6644090,828	67,842	-0,002	0,000	0,011
10:59:14	593781,407	6644090,607	67,839	593781,410	6644090,609	67,825	-0,003	-0,002	0,014
10:59:15	593781,342	6644090,510	67,851	593781,344	6644090,513	67,833	-0,002	-0,003	0,018
10:59:16	593781,354	6644090,523	67,846	593781,355	6644090,524	67,831	-0,001	-0,001	0,015
10:59:17	593781,355	6644090,521	67,847						
10:59:18	593781,356	6644090,519	67,848						
Standardavvik:							0,002	0,004	0,012
Gjennomsnittlig avvik:							-0,002	-0,003	0,012

Standardavvik - Målinger under bevegelse

Starfix.ProTrack

Run 1			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,002	0,006	0,013
25 cm	0,002	0,010	0,014
50 cm	0,002	0,014	0,012
75 cm	0,003	0,008	0,006
100 cm	0,010	0,006	0,006
200 cm	0,011	0,014	0,005

Run 2			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,011	0,010	0,006
25 cm	0,009	0,011	0,003
50 cm	0,009	0,010	0,008
75 cm	0,012	0,014	0,014
100 cm	0,014	0,010	0,021
200 cm	0,011	0,011	0,019

Run 3			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,009	0,012	0,022
25 cm	0,006	0,012	0,018
50 cm	0,009	0,011	0,017
75 cm	0,010	0,011	0,028
100 cm	0,010	0,017	0,028
200 cm	0,002	0,003	0,011

Gjennomsnitt			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,007	0,009	0,014
25 cm	0,006	0,011	0,012
50 cm	0,006	0,012	0,012
75 cm	0,008	0,011	0,016
100 cm	0,011	0,011	0,018
200 cm	0,008	0,010	0,012

Leica Spider

Run 1			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,003	0,005	0,007
25 cm	0,002	0,007	0,009
50 cm	0,002	0,009	0,010
75 cm	0,003	0,004	0,005
100 cm	0,005	0,003	0,006
200 cm	0,008	0,010	0,003

Run 2			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,012	0,011	0,003
25 cm	0,008	0,009	0,003
50 cm	0,008	0,008	0,005
75 cm	0,010	0,009	0,010
100 cm	0,010	0,005	0,017
200 cm	0,009	0,009	0,014

Run 3			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,006	0,008	0,016
25 cm	0,006	0,012	0,018
50 cm	0,006	0,008	0,012
75 cm	0,005	0,007	0,020
100 cm	0,008	0,013	0,017
200 cm	0,002	0,004	0,012

Gjennomsnitt			
Bevegelse	ΔE	ΔN	ΔH
10 cm	0,007	0,008	0,009
25 cm	0,005	0,009	0,010
50 cm	0,006	0,008	0,009
75 cm	0,006	0,006	0,012
100 cm	0,007	0,007	0,013
200 cm	0,006	0,008	0,010

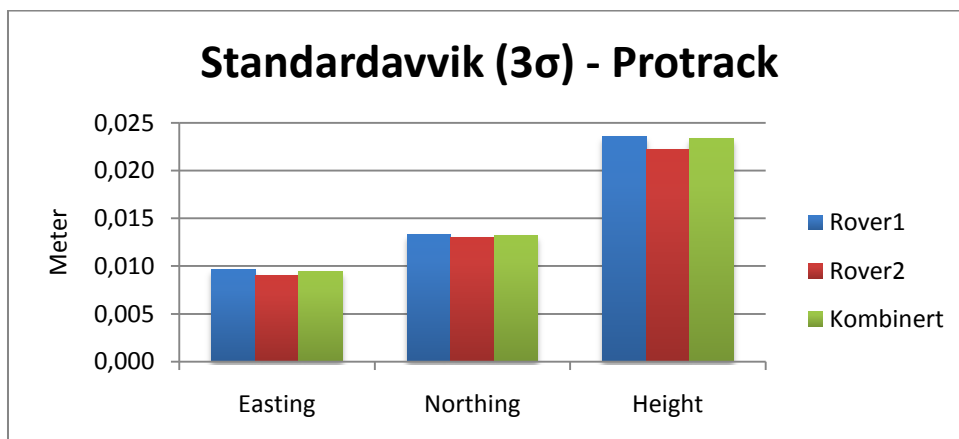
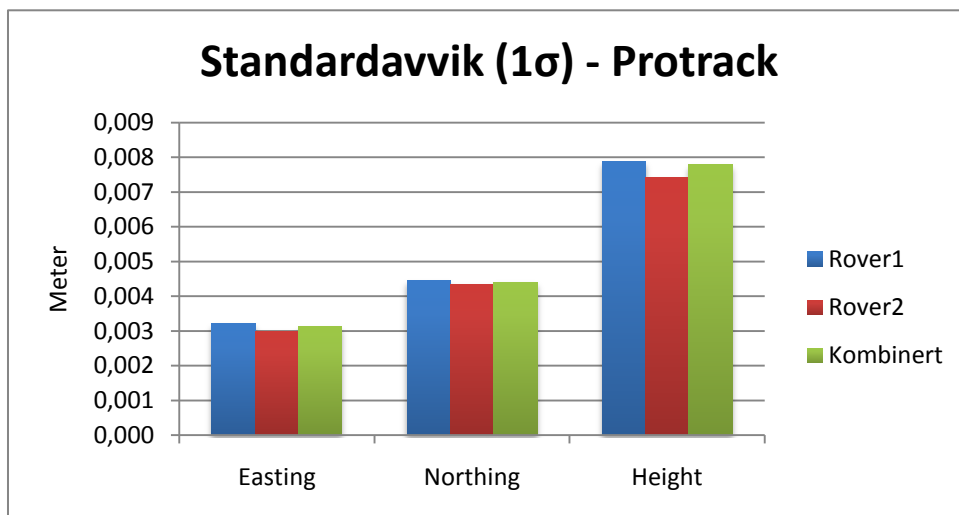
11.12 Vedlegg J - Beregninger, stabilitet.

Pålitelighetsanalyse - Standardavvik - ProTrack

Rover 1			
Størrelse	Easting	Northing	Height
StDev 1s	0,003	0,004	0,008
StDev 3s	0,010	0,013	0,024
Maks	0,017	0,028	0,059

Rover 2			
Størrelse	Easting	Northing	Height
StDev 1s	0,003	0,004	0,007
StDev 3s	0,009	0,013	0,022
Maks	0,016	0,019	0,036

Kombinert			
Størrelse	Easting	Northing	Height
StDev 1s	0,003	0,004	0,008
StDev 3s	0,009	0,013	0,023
Maks	0,017	0,028	0,059

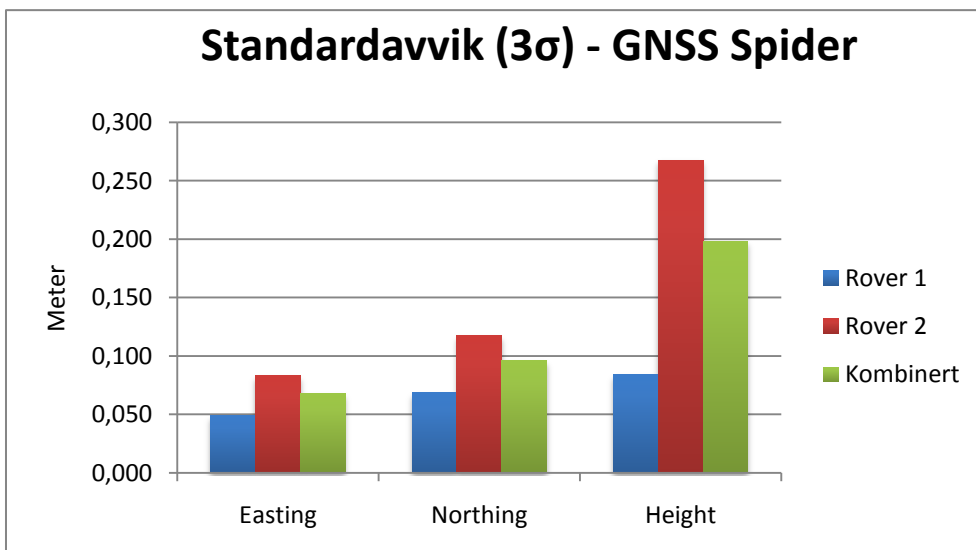
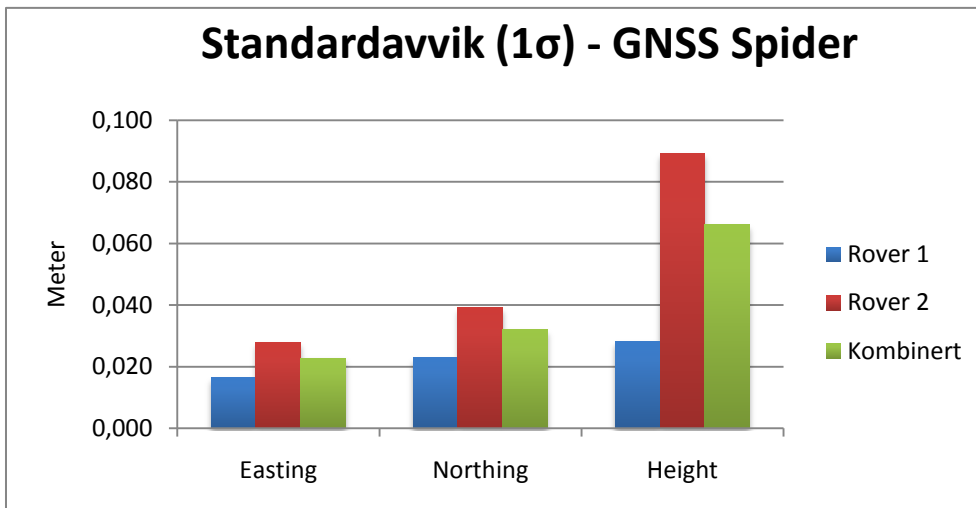


Standardavvik

Rover 1			
Størrelse	Easting	Northing	Height
StDev 1s	0,016	0,023	0,028
StDev 3s	0,049	0,069	0,084
Maks	0,012	0,086	0,397

Rover 2			
Størrelse	Easting	Northing	Height
StDev 1s	0,028	0,039	0,089
StDev 3s	0,083	0,117	0,268
Maks	0,015	0,280	0,822

Kombinert			
Størrelse	Easting	Northing	Height
StDev 1s	0,023	0,032	0,066
StDev 3s	0,068	0,096	0,198
Maks	0,015	0,280	0,822



11.13 Vedlegg K – Rapport Nettutjevning

```
*****
* NETWORK - WEIGHTED GPS NETWORK ADJUSTMENT      *
*                                                 *
* (c) Copyright NovAtel Inc., (2009)            *
*                                                 *
* Version: 8.20.0522                             *
*                                                 *
* FILE: C:\Monitoring\Processing\Net (no antenna)\NetNoAntenna.net
*****
```

DATE(m/d/y): Tue. 5/04/10 TIME: 19:48:40

```
DATUM:           'WGS84'
GRID:            UTM, Zone 32
SCALE_FACTOR:    1.0000
CONFIDENCE LEVEL: 39.40 % (Scale factor is 1.0009)
```

INPUT CONTROL/CHECK POINTS

STA_ID	TYPE	-- LATITUDE --	-- LONGITUDE --	ELLHGT -	HZ-SD	V-SD
Basestation	GCP-3D	59 55 25.40690	10 40 39.66430	71.424	0.00300	0.00300

INPUT VECTORS

SESSION NAME	VECTOR(m)	----- Covariance (m) [unscaled] -----
	DX/DY/DZ	standard deviations in brackets
Basestation to Rover1 (1)	16.6213	7.5844e-010 (0.0000)
	34.2872	9.9394e-011 3.5512e-010 (0.0000)
	-13.1023	6.7223e-010 1.5334e-010 2.2453e-009 (0.0000)
Basestation to Rover2 (1)	10.7544	1.2609e-009 (0.0000)
	-0.6827	1.4447e-010 5.8499e-010 (0.0000)
	-10.5597	1.1309e-009 2.2518e-010 3.7591e-009 (0.0001)
Rover1 to Rover2 (1)	-5.8673	1.3310e-009 (0.0000)
	-34.9700	1.7483e-010 6.1855e-010 (0.0000)
	2.5425	1.1746e-009 2.6523e-010 3.9039e-009 (0.0001)

OUTPUT VECTOR RESIDUALS (East, North, Height - Local Level)

SESSION NAME	-- RE --	-- RN --	-- RH --	- PPM -	DIST -	STD
	(m)	(m)	(m)		(km)	(m)
Basestation to Rover1 (1)	0.0000	-0.0001	0.0001	2.392	0.0	0.0001
Basestation to Rover2 (1)	-0.0000	0.0001	-0.0001	10.502	0.0	0.0001
Rover1 to Rover2 (1)	0.0000	-0.0001	0.0001	4.766	0.0	0.0001

RMS	0.0000	0.0001	0.0001			

\$ - This session is flagged as a 3-sigma outlier

CONTROL POINT RESIDUALS (ADJUSTMENT MADE)

Bevegelsesmonitorering på offshoreinstallasjoner

```

STA. NAME    -- RE --    -- RN --    -- RH --
              (m)         (m)         (m)
Basestation  0.0000      0.0000      -0.0000
-----
RMS          0.0000      0.0000      0.0000
    
```

OUTPUT STATION COORDINATES (LAT/LONG/HT)

```

STA_ID      -- LATITUDE -- -- LONGITUDE -- - ELLHGT -
Basestation 59 55 25.40690  10 40 39.66430  71.4240
Rover1     59 55 24.56037  10 40 41.63482  71.4553
Rover2     59 55 24.94394  10 40 39.49286  67.5189
    
```

OUTPUT STATION COORDINATES (GRID)

```

STA_ID      - EASTING - - NORTHING - - ELLHGT -
              (m)         (m)         (m)
Basestation 593786.0125 6644104.9070 71.4240
Rover1     593817.2709 6644079.5006 71.4553
Rover2     593783.7136 6644090.5208 67.5189
    
```

OUTPUT VARIANCE/COVARIANCE

```

                2
STA_ID      SE/SN/SUP ----- CX matrix (m )-----
              (39.40 %) (not scaled by confidence level)
              (m)         (ECEF, XYZ cartesian)
Basestation  0.0030  9.0000e-006
              0.0030 -5.6900e-018 9.0000e-006
              0.0030 -1.2469e-018 4.2814e-018 9.0000e-006

Rover1       0.0030  9.0006e-006
              0.0030 7.5845e-011 9.0003e-006
              0.0030 5.2045e-010 1.1690e-010 9.0017e-006

Rover2       0.0030  9.0008e-006
              0.0030 9.5041e-011 9.0004e-006
              0.0030 7.0123e-010 1.4693e-010 9.0023e-006
    
```

VARIANCE FACTOR = 9.8529

Note: Values < 1.0 indicate statistics are pessimistic, while
values > 1.0 indicate optimistic statistics. Entering this
value as the network adjustment scale factor will bring
variance factor to one.

11.14 Vedlegg L – Logg, bevegelsestesting

Bevegelsestesting ble gjennomført fredag 23. april 2010 på taket av Fugros hovedkontor i Oslo.

Run 1

Bevegelse	Tid (lokal)
10 cm	12:20
25 cm	12:23
50 cm	12:25
75 cm	12:27
100 cm	12:29
200 cm	12:31

Run 2

Bevegelse	Tid (lokal)
10 cm	12:34
25 cm	12:37
50 cm	12:39
75 cm	12:41
100 cm	12:43
200 cm	12:45

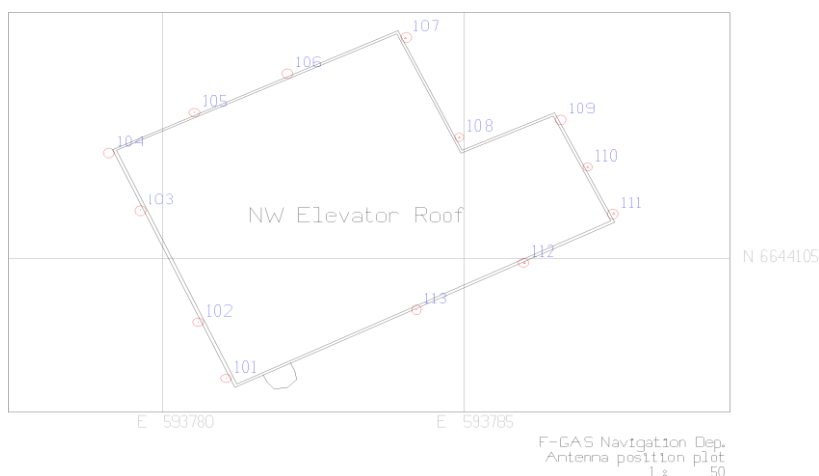
Run 3

Bevegelse	Tid (lokal)
10 cm	12:48
25 cm	12:50
50 cm	12:52
75 cm	12:54
100 cm	12:56
200 cm	12:58

11.15 Vedlegg M – Antenneoversikt, Fugro Oslo.

NAVIGATION DEPARTMENT ANTENNA POINTS

Datum: EUREF89 (WGS84)



Point No.	Latitude			Longitude			Ell. Hgt. m	Ort. Hgt. m
	Deg	Min	Sec	Deg	Min	Sec		
101	59	55	25,3410	10	40	39,3414	71,421	32,014
102	59	55	25,3753	10	40	39,3132	71,414	32,007
103	59	55	25,4439	10	40	39,2542	71,394	31,987
104	59	55	25,4793	10	40	39,2228	71,373	31,966
105	59	55	25,5025	10	40	39,3155	71,396	31,989
106	59	55	25,5248	10	40	39,4166	71,405	31,998
107	59	55	25,5450	10	40	39,5442	71,413	32,006
108	59	55	25,4840	10	40	39,5985	71,407	32,000
109	59	55	25,4930	10	40	39,7082	71,757	32,350
110	59	55	25,4642	10	40	39,7354	71,753	32,346
111	59	55	25,4355	10	40	39,7613	71,750	32,343
112	59	55	25,4069	10	40	39,6643	71,424	32,017
113	59	55	25,3799	10	40	39,5476	71,433	32,026

Point No.	Latitude		Longitude		Ell. Hgt. m	Ort. Hgt. m
	Deg	Sec	Deg	Sec		
101	59,92370583		10,67759484		71,421	32,014
102	59,92371537		10,67758701		71,414	32,007
103	59,92373442		10,67757062		71,394	31,987
104	59,92374424		10,67756188		71,373	31,966
105	59,92375069		10,67758764		71,396	31,989
106	59,92375690		10,67761571		71,405	31,998
107	59,92376249		10,67765117		71,413	32,006
108	59,92374555		10,67766624		71,407	32,000
109	59,92374805		10,67769672		71,757	32,350
110	59,92374006		10,67770427		71,753	32,346
111	59,92373209		10,67771148		71,750	32,343
112	59,92372414		10,67768452		71,424	32,017
113	59,92371665		10,67765210		71,433	32,026

11.16 Vedlegg N – Prisliste

Prisene i tabellen er hentet fra de ulike utstyrsleverandørene i løpet av våren 2010.

Leverandør	Utstyr	Pris
Trimble	R8 GNSS mottaker	200 000 eks. mva
	S8 Totalstasjon	375 000 eks. mva
Topcon	GR3 GNSS mottaker	139 000 NOK
	GPT9001A Totalstasjon	199 999 NOK
	GB3 GNSS mottaker	122 000 NOK
Leica Geosystems	GS15 Viva GNSS mottaker	157 605 NOK
	GMX902 GG GNSS mottaker	68 850 NOK
	AX1202 GG Antenne	16 000 NOK
	TM30 Totalstasjon	332 448 NOK
	Programvaren Leica Spider	137 572 NOK
	Programvaren Leica QC	34 680 NOK
Fugro	Starfix Suite	0 NOK
KM Seatex	RADius 1000 m/1stk 700 Transponder	533 000 NOK
	Transponder 700	80 000 NOK
Measurement Devices Ltd.	Fanbeam	365 000 NOK
Satel Norge	Satellite 3AS(d) 1sett	18 000 NOK
Pacific Crest	ADL Vantage	Ikke mottatt
Real VNC	VNC(Virtual Network Computing)	300 NOK
Ubiquiti Networks	Wi-Fi antenne	1299 NOK
AAEON	AEC-6910 (prosesserings-pc)	8380 NOK