

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 1 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

SATELLITTBASERT POSISJONSBESTEMMELSE

Versjon 2.1 - Desember 2009

Henvendelser kan rettes til:

Statens kartverk Geodesi
 Besøksadresse: Kartverksveien 21
 Postadresse: 3507 HØNEFOSS

Telefon: 32 11 81 00
 Telefaks: 32 11 81 01
 E-post: firmapost@statkart.no

Standard Geografisk informasjon *Satellittbasert posisjonsbestemmelse* gir anbefalinger om hvordan posisjonsbestemmelse med satellitter bør utføres i kart- og oppmålingsarbeider.

Hensikten med *Satellittbasert posisjonsbestemmelse* er å bidra til at brukerne innen kart- og oppmålingsbransjen lettere og mer entydig skal kunne bruke ulike satellittmetoder til posisjonsbestemmelse.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 2 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Forord

Etter ønske fra Brukerforum for standardisering, som ledes av Sverre Steen fra Statens kartverk, ble det våren 1998 nedsatt en arbeidsgruppe som skulle utarbeide en standard for satellittbaserte posisjonsbestemmelser. Arbeidsgruppen besto av:

Per Christian Bratheim	Statens kartverk, Geodesidivisjonen
Asbjørn Eilefsen	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Hallstein Vegard Elden	Sande kommune, teknisk etat (første utgave)
Bjørn Geirr Harsson	Statens kartverk, Geodesidivisjonen
Per Erik Opseth	Statens kartverk, Geodesidivisjonen (revidert utgave)
Trygve Skadberg	Fjellanger Widerøe Kart AS (første utgave)
Pål Skogedal	Asker kommune, teknisk etat og Statens kartverk
Petter Solli	Terratec AS (revidert utgave)
Jon Glenn Gjevestad Svendsen	Norges Landbrukshøgskole, Institutt for Matematiske realfag og teknologi
John Sundsby (leder)	Statens kartverk, Geodesidivisjonen

Versjon 1.0 av standarden, utgitt i 2000, var på to høringsrunder, en våren 1999 og en ved årsskiftet 1999/2000. I 2001 ble noen definisjoner endret slik at de stemte overens med definisjonene i *Geodatastandard*. I 2003/2004 ble standarden revidert, grunnet nye metoder og endring av gamle metoder. Et nytt kapittel med generelle retningslinjer for bruk av GNSS ble lagt inn. Den reviderte versjonen var på høring i mars/april 2004. Versjon 2.1, desember 2009, har noen mindre justeringer.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 3 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Innhold

FORORD	2
INNHold	3
1 ORIENTERING	5
2 OMFANG	5
3 REFERANSER	6
4 DEFINISJON AV TERMER OG FORKORTELSER	6
5 METODER FOR SATELLITTBASERT POSISJONSBESTEMMELSE	7
5.1 GENERELL OVERSIKT OVER METODER.....	7
5.2 OVERSIKT OVER METODER SOM BENYTTET KODEMÅLING.....	8
5.3 OVERSIKT OVER METODER SOM BENYTTET FASEMÅLING.....	10
5.4 VALG AV METODE FOR POSISJONSBESTEMMELSE.....	13
5.5 MULIGE MÅLEMETODER I FORHOLD TIL KRAVENE I GRUNNLAGSNETT.....	14
6 GENERELLE RETNINGSLINJER FOR BRUK AV GNSS	16
6.1 FAKTORER SOM PÅVIRKER ALL MÅLING MED GNSS.....	16
6.2 SATELLITDEKNING.....	16
6.3 SATELLITGEOMETRI.....	16
6.3.1 Forstyrrelser i atmosfæren.....	16
6.3.2 Flerveisinterferens (multipath).....	17
6.4 KVALITETSSIKRING AV MÅLEARBEIDET.....	17
6.4.1 Grove feil.....	17
6.4.2 Systematiske feil	17
6.4.3 Korrelerte målinger.....	17
6.5 TRANSFORMASJON MELLOM KOORDINATSYSTEMER.....	18
6.5.1 Direkte bestemmelse i et beregningsprogram med utjevning og analyse av vektorkomponenter	18
6.5.2 Estimering av en matematisk sammenheng mellom WGS84/EUREF89 og det lokale koordinatsystemet.....	18
6.5.3 Høydebestemmelse.....	19
6.5.4 Kontrollfunksjoner.....	19
6.5.5 Spesielt om transformasjoner ved bruk av nettverks-RTK.....	19
7 RETNINGSLINJER FOR KODEMÅLING	21
7.1 ENKELTPUNKTBESTEMMELSE I SANNTID.....	21
7.2 DIFFERENSIELL KODEMÅLING MED EN BASESTASJON.....	21
7.2.1 Planlegging og feltarbeid.....	21
7.2.2 Posisjonsberegning i ettertid	22
7.2.3 Etterarbeid ved sanntidsmåling.....	23
7.3 DIFFERENSIELL KODEMÅLING I ET GNSS-NETTVERK.....	23
8 RETNINGSLINJER FOR FASEMÅLING	23
8.1 PRECIS ENKELTPUNKTBESTEMMELSE.....	23
8.2 KLASSISK STATISK MÅLING.....	24
8.2.1 Planlegging	24
8.2.2 Feltarbeid.....	26
8.2.3 Beregning.....	26
8.2.4 Rapportering.....	27
8.3 KORTTIDSSTATISK MÅLING	27
8.4 TRADISJONELL RTK (REAL TIME KINEMATIC).....	28
8.4.1 Planlegging	28
8.4.2 Feltarbeid.....	30

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 4 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

8.4.3 Beregning og rapportering.....	32
8.5 NETTVERKS-RTK (REAL TIME KINEMATIC).....	32
8.5.1 Planlegging	32
8.5.2 Feltarbeid.....	33
8.5.3 Beregning og rapportering.....	34
8.6 OPPSUMMERING RTK.....	35
TILLEGG A (NORMATIVT) - TERMER OG FORKORTELSER	36
TILLEGG B (NORMATIVT) - ETABLERING AV NYE FASTMERKER	52
TILLEGG C (NORMATIVT) - MAL FOR RAPPORTERING	53
TILLEGG D (INFORMATIVT) - EKSEMPEL PÅ MÅLEBOK/LOGGBOK	56
TILLEGG E (INFORMATIVT) - SPESIELT OM BRUK AV SATELLITMETODER TIL HØYDEBESTEMMELSE	57
TILLEGG F (INFORMATIVT) - LITTERATUR OG AKTUELLE INTERNETTSIDER	59

Tabelliste

Metoder som benytter kodemåling.....	8
Metoder som benytter fasemåling.....	10
Valg av metode for posisjonsbestemmelse.....	13
Mulige målemetoder i forhold til kravene i Grunnlagsnett.....	14
Eksempel på nettgeometri.....	24
Hva er RTK egnet til, og hvordan kan man gjennomføre målingene?.....	35

Figurliste

- Eksempel på nett.....	25
- Eksempel på "enkelt nett".....	29
- Eksempel på enkeltvektorer.....	29
- Eksempel på måling med VRS.....	33

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 5 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

1 Orientering

Mange brukere har ønsket retningslinjer for måling med satellittbaserte metoder. I de siste årene har det russiske satellittnavigasjonssystemet GLONASS blitt tatt i bruk som et supplement til GPS. Andre satellittsystemer er også blitt aktuelle for bruk til posisjonsbestemmelse. Europa arbeider for tiden med et nytt sivilt navigasjonssystem som har fått navnet GALILEO. Standarden er derfor kalt *Satellittbasert posisjonsbestemmelse* istedenfor *GPS-måling*, som var det opprinnelig planlagte navnet.

GNSS (Global Navigation Satellite System) brukes som felles betegnelse på globale navigasjons- og stedfestingssystemer som kan brukes til å bestemme posisjonen for en satellittantenne/-mottaker hvor som helst på jorden.

Standarden er bygget opp etter retningslinjene for standardiseringsarbeidet i Kartverket. Dette innledende kapitlet gir informasjon om innholdet i standarden og bakgrunnen for at den er utarbeidet. Kapittel 2 presiserer hva standarden handler om, og avgrensner bruksområdet, mens kapitlene 3 og 4 har referanser, henholdsvis henviser til Tillegg A for termer og deres definisjoner. Kapittel 5 omhandler metoder for satellittbasert posisjonsbestemmelse og gir tabelloversikter over metoder brukt ved kode- og fasemåling. I dette kapitlet finnes også tabeller med råd om hvilke metoder som bør brukes, avhengig av hvilken nøyaktighet man er ute etter. Kapittel 6 gir generelle retningslinjer for bruk av GNSS. Kortfattede retningslinjer for kodemåling er gitt i kapittel 7. Mer detaljerte retningslinjer for fasemåling følger i kapittel 8. Standarden har flere normative og informative tillegg.

2 Omfang

Metodene for satellittbasert posisjonsbestemmelse varierer mye, men gjennomføringen av posisjonsbestemmelsen kan deles inn i fire faser:

- Planlegging
- Feltarbeid
- Beregning
- Rapportering

I standarden er det satt opp generelle retningslinjer for hver fase, og i tillegg er det tatt med noen praktiske råd. For detaljer vedrørende utstyr og instrumentbehandling henvises det til dokumentasjon fra utstysrleverandører.

Standarden omfatter ikke høypresisjonsmåling, f.eks. for jordskorpebevegelser, men fokuserer på praktisk bruk av satellittbasert posisjonsbestemmelse for landmåling og innmåling av objekter for kartlegging og registrering.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 6 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

3 Referanser

I teksten er det referert til følgende standarder, som er nødvendige for å kunne forstå og bruke hele standarden *Satellittbaserte posisjonsbestemmelser*:

Standard Geografisk informasjon *Fastmerkenummerering og fastmerkeregister* [FF], versjon 2.2 - desember 2009.

Standard Geografisk informasjon *Grunnlagsnett* [GN], versjon 1.1 - desember 2009.

Standard Geografisk informasjon *Koordinatbaserte referansesystemer* [KRS], versjon 2.1 – desember 2009.

Standard Geografisk informasjon *Stedfesting av eiendoms- og råderettsgrenser*, 2000.

Standard Geografisk informasjon *Kart og geodata*, versjon 1.0 - 2003.

Se også Tillegg F (informativt) - Litteratur og aktuelle internettsider.

4 Definisjon av termer og forkortelser

Forkortelser og termer brukt i standarden finnes forklart i Tillegg A (normativt) - Termer og forkortelser.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 7 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

5 Metoder for satellittbasert posisjonsbestemmelse

5.1 Generell oversikt over metoder

I prinsippet finnes det to hovedmetoder for måling med GNSS, henholdsvis enkeltpunktbestemmelse, hvor kun én mottaker er nødvendig for å gjøre en posisjonsbestemmelse, og differensiell (relativ) GNSS, hvor posisjonsbestemmelsen gjennomføres ved måling relativt til en annen mottaker, eller flere.

Enkeltpunktbestemmelse går ut på at mottakeren bestemmer sin/antennens posisjon kun ved hjelp av målinger mot de satellitter den får signaler fra.

Enkeltpunktbestemmelse i sanntid gir en nøyaktighet i grunnriss på 15 m eller bedre, ved bruk av en enkelt håndholdt mottaker. En annen variant av enkeltpunktbestemmelse kalles gjerne presis enkeltpunktbestemmelse og krever at det logges data kontinuerlig i et døgn med en to-frekvent GNSS-mottaker. Metoden krever etterberegning av de innsamlede data og har et nøyaktighetspotensial på 2-4 mm. Den er nærmere beskrevet i underkapitlene 5.3 og 8.1.

Kreves det høyere nøyaktighet i sanntid enn det som er oppnåelig ved enkeltpunktbestemmelse, må målingene gjøres ved differensiell GNSS. Her blir målingene mot satellittene korrigert med data fra en annen mottaker (basestasjon) i et kjentpunkt, eller fra et nettverk av basestasjoner.

Grovt sett kan vi si at det finnes to observasjonstyper, henholdsvis kodeobservasjoner (kodemåling) og faseobservasjoner (fasemåling). De målte observasjoner kan behandles (beregnes) på mange forskjellige måter, hvorav noen gir posisjonsbestemmelse i sanntid, mens andre gir posisjonsbestemmelse i ettertid. De forskjellige metodene er tabellert i underkapitlene 5.2 og 5.3.

Enkelte GNSS-mottakere er i stand til å kombinere kodemåling og fasemåling. Teknikken kalles faseglattet kode og er en forbedret variant av den tradisjonelle kodemålingsteknikken.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen		Standard	1
Dokument tittel:	Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon:	Side 8 av 60 2.1
		Iverksettingsdato:	01.12.2009

5.2 Oversikt over metoder som benytter kodemåling

Tabell 1 Metoder som benytter kodemåling

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighetspotensial (2σ , 95%) i grunnriss	Kommentar
Enkeltpunktbestemmelse i sanntid.	En mottaker, f.eks. håndholdt, beregner sin egen posisjon, med utgangspunkt i avstandsmålinger mellom satellitter og mottaker.	1	1-200 sek De fleste mottakere kan midle målinger over tid. Ved statisk måling vil derfor resultatet bli bedre med økt observasjonstid.	15 m eller bedre	Posisjonsbestemmelse i sanntid.
Tradisjonell differensiell kodemåling med én basestasjon.	En mottaker (rover) beregner sin egen posisjon, med utgangspunkt i korrigerede avstandsmålinger mellom satellitter og mottaker. Avstandsmålingene korrigeres differensielt, ved hjelp av data fra en annen mottaker (base) i nærheten.	2	1-200 sek De fleste mottakere kan midle målinger over tid. Ved statisk måling vil derfor resultatet bli bedre med økt observasjonstid.	0,5-5 m Oppnåelig nøyaktighet avtar med økende avstand mellom rover og base. Mottakere som benytter teknikken faseglattet kode, gir bedre resultater enn de som kun benytter kodemålinger.	Posisjonsbestemmelse i sanntid og/eller i ettertid. Sanntidsbruk krever kommunikasjon mellom rover og base.
Differensiell kode-måling i et GNSS-nettverk.	En mottaker (rover) beregner sin egen posisjon, med utgangspunkt i korrigerede avstandsmålinger mellom	1 + tilgang til data fra et nettverk av basestasjoner.	1-200 sek En mottaker kan midle målinger over tid. Ved statisk måling vil derfor	0,5-1 m Mottakere som benytter teknikken faseglattet kode, gir bedre	Posisjonsbestemmelse i sanntid og/eller i ettertid. Sanntidsbruk krever

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 9 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighetspotensial (2σ , 95%) i grunnriss	Kommentar
	satellitter og mottaker. Avstandsmålingene korrigeres differensielt, ved hjelp av data fra nettverkets kontrollsenter.		resultatet bli bedre med økt observasjonstid.	resultater enn de som kun benytter kodemålinger.	kommunikasjon mellom rover og kontrollsenter.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1 Iverksettingsdato: 01.12.2009	Side 10 av 60

5.3 Oversikt over metoder som benytter fasemåling

Tabell 2 Metoder som benytter fasemåling

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighets – potensial (2σ , 95%) i grunnriss	Kommentar
Presis enkelt-punkt-bestemmelse.	<p>Tofrekvente GNSS-rådata logges på døgnbasis.</p> <p>I tillegg til observasjonsdata (faseobservasjoner) brukes nøyaktige satellittbane-parametre og satellittklokke-korreksjoner, som direkte eller indirekte kan gi posisjon i en global referanseramme, f.eks. ITRF.</p> <p>Det spesielle ved presis enkeltpunkt-bestemmelse er at referanseramme-realiseringsen gjøres globalt.</p> <p>Dersom en ønsker å få referert koordinatene til EUREF89, må det gjennomføres en transformasjon fra ITRF common epoch.</p>	1	1 døgn	2-4 mm	Posisjonsbestemmelse i ettertid.
Klassisk statistisk.	<p>Samtidig måling med to GNSS-mottakere i hvert sitt punkt.</p> <p>Målingene logges internt i hver av mottakerne.</p>	2	20-120 min	5 mm + 1 ppm	<p>Vektorbestemmelse i ettertid.</p> <p>Avstanden mellom de to mottakerne</p>

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1 Iverksettingsdato: 01.12.2009	Side 11 av 60

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighets – potensial (2σ , 95%) i grunnriss	Kommentar
	Etter endt måling samstilles de to datasettene i et beregningsprogram hvor vektoren mellom de to punktene bestemmes.				bør normalt ikke overskride 50 km. Brukes blant annet ved måling i Landsnettet og Stamnettet.
Korttids-statisk.	Samtidig måling med to tofrekvente GNSS-mottakere i hvert sitt punkt. Målingene logges internt i hver av mottakerne. Etter endt måling samstilles de to datasettene i et beregningsprogram hvor vektoren mellom de to punktene bestemmes.	2	5-20 min	10 mm + 1 ppm	Vektorbestemmelse i ettertid. Avstanden mellom de to mottakerne bør normalt ikke overskride 10 km.
Tradisjonell RTK (Real Time Kinematic)	Samtidig måling med to tofrekvente GNSS-mottakere i hvert sitt punkt (base og rover). Basestasjonen settes opp i et punkt med kjente koordinater. Basestasjonen sender sine GNSS-målinger til roveren. Roveren samstiller egne GNSS-målinger med GNSS-målingene	2	Minimum 1 epoke. Ved statisk måling kan midling over noen sekunder til en viss grad forbedre resultatet.	10-20 mm + 2 ppm	Vektor og/eller posisjonsbestemmelse i sanntid. Avstanden mellom base og rover bør normalt ikke overskride 10 km. Oppnåelig nøyaktighet synker når avstanden øker.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 12 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighets – potensial (2σ , 95%) i grunnriss	Kommentar
	fra basestasjonen og benytter dette til å bestemme vektoren mellom de to mottakerne.				Det kreves kommunikasjon mellom rover og base for overføring av data.
Nettverks-RTK (Real Time Kinematic)	<p>Måling med en tofrekvent GNSS-mottaker (rover) som mottar data fra et nettverk av basesestasjoner.</p> <p>Et kontrollcenter vil med utgangspunkt i data fra et nettverk av permanente basestasjoner generere korreksjonsdata i form av GNSS-målinger for brukerens posisjon.</p> <p>Roveren samstiller egne GNSS-målinger med referansedata fra kontrollcenteret og benytter disse til å bestemme vektoren mellom referansen og roveren.</p>	1 + tilgang til data fra et nettverk av basestasjoner	<p>Minimum 1 epoke.</p> <p>Ved statisk måling kan midling over noen sekunder til en viss grad forbedre resultatet.</p>	10-20 mm + 1 ppm	<p>Vektor og/eller posisjonsbestemmelse i sanntid.</p> <p>Det kreves kommunikasjon mellom rover og kontrollcenter for overføring av data.</p>

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 13 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

5.4 Valg av metode for posisjonsbestemmelse

Basert på Tabell 1 og Tabell 2 kan man stille opp Tabell 3, som gir en rettesnor for valg av metode, avhengig av nøyaktighetskrav i grunnriss.

Tabell 3 Valg av metode for posisjonsbestemmelse

Anslått grunnrissnøyaktighet i meter:

Fasemåling		Kodemåling		
Klassisk statisk	RTK Korttids statisk Presis enkeltpunkt- bestemmelse	Diffe- rensiell faseglattet	Differensiell	Enkeltpunkt- bestemmelse i sanntid, f.eks. med håndholdt mottaker
	0.01	0.1	0.5	1
				15

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 14 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

5.5 Mulige målemetoder i forhold til kravene i *Grunnlagsnett*

De angitte målemetoder gjelder krav i grunnriss, ikke høyde.

Tabell 4 Mulige målemetoder i forhold til kravene i *Grunnlagsnett*

Område	Klassisk statistisk	Korttidsstatisk	Tradisjonell og nettverks-RTK
Stamnett $p = 3$ ppm $k = 3$ mm	Avstand: 10-50 km Måletid: >240 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: To-frekvent Geometri: Trekantnett Minimum antall uavh. vektorer: 5		
Landsnett $p = 6$ ppm $k = 6$ mm	Avstand: 3-10 km Måletid: 60-120 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: En-frekvent Geometri: Trekantnett Minimum antall uavh. vektorer: 4		
Områdetype 1 Byområde $p = 10$ ppm $k = 10$ mm	Avstand: < 10 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: En-frekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 3	Avstand: < 10 km Måletid: 10-20 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: To-frekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 3	
Områdetype 2 Tettbygd/ utbyggings- områder $p = 20$ ppm $k = 20$ mm	Avstand: < 10 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: En-frekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 10 km Måletid: 10-20 min Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: To-frekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 10 km Måletid: > 30 sek Heltallsløsning: Fixed Mottakertype: To-frekvent Geometri: Enkeltvektorer Minimum antall uavh. vektorer: 3
Områdetype 3 Spredtbygd/dyrket mark/skog $p = 50$ ppm $k = 50$ mm	Avstand: < 30 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed/ Float Mottakertype: En-frekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 30 km Måletid: 5-20 min Heltallsløsning: Fixed/ Float Mottakertype: To-frekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 30 km Måletid: > 5 min Heltallsløsning: Fixed/ Float Mottakertype: To-frekvent Geometri: Enkeltvektorer Minimum antall uavh. vektorer: 2

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 15 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Område	Klassisk statisk	Korttidsstatisk	Tradisjonell og nettverks-RTK
Områdetype 4 Fjell/ekstensiv arealutnyttning $p = 100$ ppm $k = 100$ mm	Avstand: < 50 km Måletid: 30-60 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Enfrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 50 km Måletid: 5-20 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Nett Minimum antall uavh. vektorer: 2	Avstand: < 50 km Måletid: > 5 min Heltallsløsning: Fixed/Float Mottakertype: Tofrekvent Geometri: Enkeltvektorer Minimum antall uavh. vektorer: 2

* Parametrene p og k er hentet fra Standard Geografisk informasjon *Grunnlagsnett*.

** Ved Korttidsstatisk og RTK forutsettes det at både kode- og faseobservasjoner benyttes i beregningen. Ved klassisk statisk kan faseobservasjoner benyttes alene.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 16 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

6 Generelle retningslinjer for bruk av GNSS

6.1 Faktorer som påvirker all måling med GNSS

Ved all måling med GNSS er det flere faktorer som kan påvirke kvaliteten til målingene. Det er viktig å være klar over dette, da det kan være farlig å stole blindt på den posisjonen mottakeren oppgir.

6.2 Satellittdekning

Antall synlige satellitter varierer gjennom døgnet. I perioder med få satellitter kan målinger med GNSS bli vanskeligere og i noen tilfeller umulig. Ved bruk av planleggingsprogram, der man legger inn en almanakk lastet ned fra en mottaker eller fra Internett, kan man på forhånd oppdage vanskelige perioder.

Statisk måling krever at minimum 4 satellitter er synlige (Bør være 5-6). Kinematisk fasemåling krever at minimum 5 satellitter er synlige (Bør være 6-7).

6.3 Satellittgeometri

Hvor god satellittgeometrien er, gjenspeiles av verdien som kalles "Dilution of Precision" (DOP). DOP-verdien gir en indikasjon på satellittgeometrien for de tilgjengelige satellittene. Med en god geometri vil en feil i observasjonene i mindre grad forplante seg til feil i bestemmelse av punktets posisjon. Se Tillegg A – Termer og forkortelser (normativt).

Dårlig satellittgeometri vises gjennom en høy PDOP-verdi, mens en lav PDOP-verdi representerer god satellittgeometri. Satellittgeometrien vil variere med satellittdekningen gjennom døgnet.

PDOP < 4,0 :	god nøyaktighet på posisjonene
PDOP 4,0 – 8,0:	akseptabel posisjonsnøyaktighet
PDOP > 8,0 :	dårlig nøyaktighet på posisjonene

Generelt vil måling med RTK være mindre robust overfor svak satellittgeometri enn de klassiske statiske måleteknikkene. Ved svak satellittgeometri øker sannsynligheten for gal heltallsløsning, samt at effekten av en eventuell gal heltallsløsning på koordinatene blir svært stor.

Ved RTK-måling bør derfor PDOP-verdien være mindre enn 4,0

6.3.1 Forstyrrelser i atmosfæren

Signalene som sendes fra satellittene, påvirkes ved passering gjennom ionosfæren og troposfæren. Av disse er det ionosfæren som har størst påvirkning. Satellitter som står lavt på himmelen, påvirkes mest, siden signalet fra dem har en lengre vei gjennom ionosfæren. Derfor bør man måle med en grense for høydevinkelen, slik at satellittene som står nær horisonten, ikke tas med i beregningene. Nedre grense for høydevinkelen bør normalt være på 10-15 grader.

I perioder er ionosfæren mer aktiv enn vanlig. Målinger med GNSS kan da bli vanskelig.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 17 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

GNSS-brukere bør derfor merke seg dager med slik aktivitet, og ta sine forholdsregler i disse periodene. Det finnes tjenester tilgjengelig på Internett som gir varsler om høy ionosfærisk aktivitet. Se Tillegg F - Litteratur og aktuelle Internettsider (informativt).

6.3.2 Flerveisinterferens (multipath)

Ved flerveisinterferens mottar antennen satellittsignaler som er reflektert fra bygninger, biler eller andre gjenstander i nærheten, i tillegg til eller i stedet for signaler direkte fra satellittene. I slike tilfeller registrerer ikke mottakeren riktige avstander mellom satellittene og antennen. Under planleggingen av målingene må derfor operatøren være oppmerksom på mulige refleksjonskilder. En god antenne vil redusere effekten noe.

6.4 Kvalitetssikring av målearbeidet

Ved all landmåling, både med GNSS og andre metoder, er det den som utfører arbeidet, som har ansvaret for at nødvendig kvalitetssikring er utført og at resultatet oppfyller kravene. Kravene varierer med hvilken type punkt som skal måles og hvilken nøyaktighet som skal oppnås. Det er viktig å måle med kontroll, slik at nøyaktigheten kan dokumenteres.

Aktuelle problemstillinger som landmåleren må være oppmerksom på, er muligheten for korrelerte målinger og grove eller systematiske feil.

For å redusere muligheten for feil bør det gjennomføres uavhengige målinger. Gjentatte målinger vil avdekke målinger som skiller seg ut med store avvik i forhold til de øvrige.

6.4.1 Grove feil

Grove feil skyldes ofte menneskelig svikt. Eksempler på slike feil er:

- Avlesningsfeil (f.eks. i antennehøyden)
- Oppstilling i feil punkt eller bruk av feil koordinater
- Unøyaktig oppstilling av utstyret (ikke sentrisk over bolt)
- Feil i datumparametre

6.4.2 Systematiske feil

Systematiske feil er feil i selve målingene som skyldes ukontrollerte faktorer.

Systematiske feil vil som regel gjentas innenfor samme måleserie og er vanskelige å oppdage.

Eksempler på systematiske feil er:

- Effekten av ionosfære og troposfære
- Flerveisinterferens
- Feil initialisering/falsk fix (kinematisk måling)
- Signaler fra sterke radiosendere, mobiltelefoner, etc.
- Skjerming fra vegetasjon, bygninger eller andre fysiske hindringer

6.4.3 Korrelerte målinger

Generelt vil RTK-målinger være korrelerte i tid, noe som bryter med forutsetningene for pålitelighetsanalysens krav om uavhengige målinger. Disse korrelasjonene vil imidlertid avta over tid, slik at man kan redusere korrelasjonen betraktelig ved å la det gå noe tid mellom hver måling. Hvor mye korrelasjonene avtar, avhenger bl.a. av lokale forhold.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 18 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Erfaring viser at følgende prosedyrer for RTK-målinger i mange tilfeller vil kunne gi rimelige betingelser for en pålitelighetsanalyse:

1. To målinger: Minimum 45 minutter mellom hver måling eller
2. Tre målinger: Minimum 15 minutter mellom hver måling

6.5 Transformasjon mellom koordinatsystemer

For informasjon om koordinatsystemer henvises det til Standard Geografisk informasjon *Koordinatbaserte referansesystemer [KRS]*. Se Kapittel 3 Referanser.

Måling i lokale koordinatsystemer vil nesten alltid føre til en forringelse av kvaliteten på resultatene. Man får derfor full nytte av måling i sanntid først etter overgang til EUREF89. Sanntidsmåling i lokalt koordinatsystem (f. eks NGO48) forutsetter at man er i stand til å gjennomføre en transformasjon fra WGS84 eller EUREF89 til det lokale systemet. Ved inhomogene nett og store måleområder vil transformasjonsparametrene ofte passe dårlig.

Transformasjon til lokalt koordinatsystem kan gjøres på to prinsipielt forskjellige måter:

6.5.1 Direkte bestemmelse i et beregningsprogram med utjevning og analyse av vektorkomponenter

Vektorkomponentene tas inn i et utjevningsprogram, og de nymålte punktene bestemmes i forhold til lokalt system. Ukjente størrelser som må estimeres før eller under beregning, er målestokks- og rotasjonsukjente i grunnriss og loddavviksukjente i høyde. Disse parametrene kan legges direkte inn dersom de er kjente, eller estimeres under beregning. Ved estimering vil det være nødvendig med målinger i tilstrekkelig antall fastmerker, slik at de ukjente kan estimeres.

6.5.2 Estimering av en matematisk sammenheng mellom WGS84/EUREF89 og det lokale koordinatsystemet

Vi trenger transformasjonspunkter med kjente koordinater i begge referansesystemer. Basert på disse koordinatsettene beregnes det en matematisk sammenheng. Skal transformasjonen innbefatte høydekomponenten, er det nødvendig å kjenne både ortometrisk og ellipsoidisk høyde.

Den vanligste fremgangsmåten er å benytte en 7-parameter-transformasjon eller adskilt transformasjon i grunnriss og høyde. Det enkleste er likevel å benytte en 3-parameter-transformasjon (et datumskift). Slik transformasjon kan benyttes ved bruk av én lokal referansestasjon i et lokalt homogent nett og måling av korte vektorer. Begrensningene ved 3-parameter-transformasjon tilsier at fremgangsmåten må brukes med forsiktighet.

a) Beregning av transformasjonsparametre

Velg ut et tilstrekkelig antall transformasjonspunkter (minimum 5). Antall punkter velges ut fra formen og størrelsen på måleområdet. Punktene skal være jevnt fordelt i måleområdet og helst dekke hele området i utstrekning nord-sør og øst-vest. Beregning av transformasjonsparametrene kan utføres i prosesseringsprogram fra utstyrsleverandør, eller direkte i satellittmottakerne.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 19 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Kjenner vi koordinatene i begge referansesystemene, kan disse benyttes. Koordinater relatert til EUREF89 kan fremskaffes ved sanntidsmåling i transformasjonspunktene.

b) Bruk av kjente transformasjonsparametre

- En 7- eller 3-parameter-transformasjon kan legges direkte inn i måleutstyret.
- Punktene kan også transformeres direkte med et offisielt transformasjonsbibliotek, som regel en fylkes- eller kommuneformel.

6.5.3 Høydebestemmelse

All måling med GNSS gir ellipsoidiske høyder eller høydeforskjeller. For å bestemme høyder i det nasjonale høydedatum, NN1954, må de målte høydeforskjellene eller de beregnede høydene korrigeres. Se figur E.1 i Tillegg E (informativt) - Spesielt om bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse .

Dette kan gjøres på følgende måter:

- Beregning av loddavviksukjente i et utjevningsprogram.
- 7-parameter-transformasjonsformel på grunnlag av fellespunkter. Fellespunktene har EUREF89-koordinater kombinert med ellipsoidiske høyder og koordinater i lokalt system kombinert med høyder i NN1954 (eller lokale høyder).
- Måling i EUREF89 ved at transformasjonsparametrene bare endrer høydene. Denne metoden har lett for å være unøyaktig, særlig i store måleområder og i områder med stor variasjon i geoidehøyden.
- Ellipsoidiske høyder transformeres til NN1954 ved bruk av en høydereferansemodell.
- Noen mottakere har nå en høydereferansemodell innebygget, slik at ellipsoidiske høyder kan korrigeres til NN1954 i sanntid.

6.5.4 Kontrollfunksjoner

Generelt sett er det viktig med tilstrekkelig antall transformasjonspunkter og hensiktsmessig plassering av disse. Ved mange overbestemmelser minker faren for grove feil. Uansett må det også utføres kvalitetssjekk ved f.eks.:

- Kontroll av transformasjonen ved å vurdere transformasjonsparametrene og restfeil i transformasjonspunktene.
- Oppsøking av et antall grunnlagspunkter i måleområdet for å kontrollere transformasjonen. Dette bør være grunnlagspunkter som ikke har inngått i beregningen av transformasjonsparametrene.

6.5.5 Spesielt om transformasjoner ved bruk av nettverks-RTK

Ved måling med nettverks-RTK kan man utføre transformasjon fra EUREF89 til NGO1948 (eller et annet lokalt system) på to forskjellige måter.

Metoden det anbefales å bruke, innebærer å utføre alle målinger i EUREF89. I ettertid transformerer man sluttresultatet med en fylkes- eller kommuneformel og en

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1 Iverksettingsdato: 01.12.2009	Side 20 av 60

høydereferansemodell. Dette kan gjøres med programmet WSKTRANS eller andre transformasjonsprogram som benytter Kartverkets transformasjonsbibliotek. Fylkes- eller kommuneformlene kan eventuelt suppleres med ekstra fellespunkter, for å gi bedre nøyaktighet. Dette kan være nødvendig i områder der det eksisterer lokale variasjoner fra det offisielle NGO1948. Konverteringen av ellipsoidiske høyder til NN1954-høyder skjer ved hjelp av en høydereferansemodell (HREF-flate). HREF-flaten er basert på en geoidmodell og inneholder informasjon om høydeforskjellen mellom NN1954 og ellipsoiden (GRS80). Dette ligger også inne i WSKTRANS. Ved utstikking kan stikningsdataene transformeres til EUREF89 og ellipsoidiske høyder på forhånd (ved bruk av de samme transformasjonsprogrammene). Fordelen med WSKTRANS er at den tar opp i seg lokale variasjoner (er mer dynamisk) og kan som oftest benyttes for større områder enn f.eks. en 7-parameter-transformasjon. Dessuten er det ryddig å kjøre målinger og transformasjon i to operasjoner. Da har man mer kontroll på om eventuelle feil skyldes selve målingen eller transformasjonen. (WSKTRANS kan ikke legges på målebøkene, da programmet er for stort.)

En alternativ metode vil være å legge inn transformasjonsparametre i måleboken. Denne transformasjonen må transformere mellom NGO1948 og EUREF89, og samtidig konvertere mellom ellipsoidiske høyder og høyder i NN1954. For mange målebøker vil dette være en lokal 7-parameter-transformasjon. Denne kan enten beregnes på forhånd, basert på kjente fellespunkter, eller opprettes ute i felten ved å måle fellespunkter med fortløpende beregning av transformasjonsparametre (feltkalibrering). Leverandør av GPS-utstyret kan gi informasjon om hvordan dette gjøres for det enkelte utstyr. Ved bruk av en lokal 7-parameter-transformasjon (eller tilsvarende transformasjonsmetoder) er det viktig at man har inngående kjennskap til kvaliteten på de punktene som benyttes. Slike transformasjoner vil ikke være gyldige utenfor det området der de er beregnet. I områder med mye variasjon i høyden kan transformasjonen kun beregnes for små områder om gangen, og man kan bli nødt til å beregne en ny transformasjon på hvert nytt sted man måler. Normalt blir resultatet dårligere desto større område transformasjonen (parametersettet) omfatter. Dersom man ikke har god nok kunnskap om kvaliteten på punktene i området, anbefales det ikke å benytte denne metoden.

En del målebøker har liggende inne generelle transformasjonsparametre for hele landet mellom NGO1948 og EUREF89. Dette kan fungere til en viss grad ved vanlig RTK-måling mot lokal base hvor avstanden til basen er kort. Ved måling mot CPOS må denne metoden ikke benyttes!

Høydereferansemodellene fra Statens kartverk er basert på de sist beregnede høydene i NN1954. Vanligvis er de siste beregningene foretatt samtidig med beregning av landsnettet i EUREF89. Kommuner eller andre som benytter eldre høyder, vil ofte oppleve at høydereferansemodellen ikke stemmer. Det er derfor viktig at man baserer sine beregninger på de nyeste høydene i NN1954.

Der det benyttes eldre høyder, kan man i mange tilfeller oppnå et bedre resultat med en 7-parameter-transformasjon.

Enten man benytter WSKTRANS eller en 7-parameter-transformasjon, er det viktig å sjekke hvor godt transformasjonen stemmer i det aktuelle området, ved å måle på kjente punkter.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 21 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

7 Retningslinjer for kodemåling

7.1 Enkeltpunktbestemmelse i sanntid

Planlegging

Enkeltpunktbestemmelse i sanntid kan f.eks. gjøres med håndholdt mottaker.

Før feltarbeidet starter, må man velge hvilket geodetisk datum og hvilken kartprojeksjon man vil arbeide i. Dette er ofte avhengig av hvilket koordinatsystem kartet som skal benyttes, refererer seg til. Det finnes nå håndholdte mottakere der topografiske kart, f.eks. i serien Norge 1:50 000, kan legges inn.

For en innføring i hvordan man håndterer ulike norske datumer og kartprojeksjoner, se artikkelen av Strand og Øvstedal nevnt i Tillegg F - Litteratur og aktuelle Internettisider (informativt).

Feltarbeid

Under feltarbeidet må man passe på at mottakeren får inn signaler fra minst 4 satellitter, for bestemmelse både i grunnriss og høyde. Man bør også kontrollere at kvalitetsindikatorer ligger innenfor anbefalte grenser gitt i brukerveiledningen for hver enkelt mottakertype.

Ved bruk av håndholdt mottaker kan det ventes en nøyaktighet på 15 m eller bedre for posisjonsbestemmelsen. Bedre nøyaktighet oppnås vanligvis når minst 6 satellitter blir brukt, eventuelt når PDOP er 4,0 eller mindre. Som kontroll kan bestemmelsen gjentas senere.

Kapittel 6 har mer om forstyrrende innflytelser, satellittgeometri etc.

Etterarbeid

Dersom man har lagret posisjoner og fastmerkeinformasjon i mottakeren, kan det være aktuelt å overføre disse til en datamaskin og legge dem inn i en database eller et geografisk informasjonssystem.

7.2 Differensiell kodemåling med en basestasjon

7.2.1 Planlegging og feltarbeid

Planlegging

Dersom man skal benytte en egen basestasjon, må man planlegge plasseringen av denne stasjonen. Retningslinjer for valg av gunstige basestasjoner er gitt i underkapittel 8.4.1. Kodebasert mottaker brukes. Alternativt går det an å fremskaffe korreksjonsdata fra en leverandør av GNSS-data. Det anbefales da at man på forhånd finner ut hvor leverandøren har sine stasjoner lokalisert.

Alle typer GNSS-mottakere som er utstyrt slik at de kan ta i mot differensielle korreksjoner etter RTCM-standarden, kan brukes som rover for sanntidsmålinger. Men nøyaktigheten på posisjonsbestemmelsen er avhengig av kvaliteten på mottakerne – både i basestasjon og rover.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 22 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Man kan f. eks. bruke en håndholdt mottaker som rover. De fleste nye kommersielle håndholdte mottakere er utstyrt slik at de kan ta imot differensielle korreksjoner. Ca. 5 meters nøyaktighet kan da oppnås med håndholdt rover. Med gode kodebaserte mottakere kan man oppnå en nøyaktighet på 0,5 meter. Dette forutsetter at mottakeren benytter teknikken faseglattet kode (beskrevet i underkapittel 5.1) og at avstanden mellom base og rover ikke blir for lang.

For sanntids posisjonsbestemmelse med en basestasjon er det nødvendig med radiokontakt mellom base og rover. Mobiltelefon (GSM) eller lokalt radiosamband (UHF/VHF)) er aktuelle kommunikasjonsmedier.

Feltarbeid

Samtidig måling med to mottakere gir en polar måling ut fra det kjente punktet – basestasjonen. For å få kontroll av det nye punktet må uavhengige målinger foretas, dvs. at man også bør benytte data fra en annen basestasjon. For å unngå korrelasjon bør punktet som skal bestemmes, måles flere ganger med separasjon i tid. Se underkapittel 6.4.3.

Ved måling av mange detaljpunkter er det god kontroll å måle inn punkter med kjente koordinater mellom detaljpunktene. Man får da ikke kontroll på hvert detaljpunkt, men en kontroll på utgangspunktet for alle målingene (kontroll av antennehøyde osv.)

Under feltarbeid kan det oppstå problemer med å få inn korreksjoner over radio. Problemet kan reduseres/løses ved å bruke en forsterker (se underkapittel 8.4.1). Man kan også lagre data i roveren og beregne posisjonen i ettertid. Men da må mottakeren i basestasjonen være satt opp slik at den også lagrer data.

7.2.2 Posisjonsberegning i ettertid

Beregning i ettertid er aktuelt hvis man ikke trenger å bruke posisjonene med en gang. For ettertidsberegning trenger man mottakere som logger kodeobservasjoner i mottakeren. Disse kodeobservasjonene kan korrigeres ved hjelp av data fra en annen basemottaker i nærheten. Før beregningene startes, må det legges inn riktige koordinater for basestasjonene.

Dersom man ikke har tilgang til egen basestasjon, kan posisjonsberegning i ettertid gjøres ved kjøp av eksterne basedata eller nedlasting av gratis data fra Internett. Ved bestilling av data er det viktig å spesifisere observasjonsintervall og hvilke observasjonsstørrelser man ønsker. Undersøk med utstyrsleverandøren eller foreta et søk på nettet. Se underkapittel 6.5 hvis transformasjon til lokalt koordinatsystem er nødvendig.

Ved posisjonsberegning i ettertid bør man benytte de program instrumentleverandøren leverer sammen med mottakeren. Mottakere logger gjerne rådata i sitt spesielle format, og dette formatet kan normalt kun leses av program som er spesielt tilpasset mottakeren. Basedata fra eksterne leverandører vil normalt bli levert i RINEX-format. Dette er et utvekslingsformat for GNSS-rådata som kan leses og tolkes av de fleste programpakker på markedet.

Når posisjonsberegningene er gjennomført, er det gjerne ønskelig å eksportere disse posisjonene med tilhørende attributter ut av programmet, for bruk i andre applikasjoner.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 23 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

De fleste programpakker kan som et minimum eksportere data i et fritt format, som i sin tur kan leses av andre applikasjoner.

Rapportering

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering .

7.2.3 Etterarbeid ved sanntidsmåling

Ved sanntidsmåling lagres de ferdig målte posisjoner i mottakerutstyret. De fleste typer mottakere leveres med program for å få eksportert disse posisjonene ut av mottakerutstyret etter endt feltarbeid. Enkelte leverandører har også tilpasset seg en rekke av GIS-applikasjonene på markedet, slik at det skal være enkelt å få nybestemte punkter inn i det GIS-verktøyet man måtte bruke.

Rapportering

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering .

7.3 Differensiell kodemåling i et GNSS-nettverk

Et alternativ til å benytte seg av en egen basestasjon er å benytte data fra en leverandør av tjenester basert på et nettverk av GNSS-basestasjoner. Fordelen med dette er at man kan måle uten å sette opp og drifte egen basestasjon.

For måling i et nettverk gjelder de samme retningslinjer som ved tradisjonell differensiell kodemåling (underkapittel 7.2.1.) Som tilleggsutstyr må brukeren ha med seg utstyr for mottak av data fra den aktuelle tjenesteleverandør. Utstyret varierer fra leverandør til leverandør. Man vil ved å ta kontakt med aktuell leverandør få vite mer om hva som er nødvendig for å få tilgang til dataene.

Oppnåelig nøyaktighet ved bruk av slike tjenester vil igjen variere fra leverandør til leverandør og være avhengig av hvordan tjenesten er bygget opp. Vær spesielt oppmerksom på at også din egen mottaker, roveren, må være av god kvalitet for å kunne oppnå optimal nøyaktighet. Se underkapittel 6.1.

8 Retningslinjer for fasemåling

8.1 Presis enkeltpunktbestemmelse

Med begrepet presis enkeltpunktbestemmelse menes at brukeren benytter kun én GNSS-mottaker for å bestemme sin posisjon. I tillegg til observasjonsdata (faseobservasjoner) brukes nøyaktige baneparametre og klokkekorreksjoner for satellittene. Man kan da, direkte eller indirekte, finne posisjonen i en global referanseramme (ITRF).

P्रेसis enkeltpunktbestemmelse fungerer i prinsippet på samme måte som enkeltpunktbestemmelse med en vanlig håndholdt GNSS-mottaker. Håndholdt mottaker benytter også baneparametre og klokkekorreksjoner, men disse kommer fra "broadcast"-meldinger som satellittene sender ut, og det benyttes vanligvis bare kodeobservasjoner og ikke faseobservasjoner. Derfor gir ikke enkeltpunktbestemmelse med håndholdt GNSS-mottaker så nøyaktig posisjon at den kan betegnes presis enkeltpunktbestemmelse.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 24 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

På den annen side er ikke presis enkeltpunktbestemmelse en sanntidstjeneste i dag (2009), men en etterprosesseringstjeneste. Mye tyder på at den i nær fremtid vil bli en sanntidstjeneste.

Ved bruk av en tofrekvent GNSS-mottaker kan man ved å observere i 24 timer oppnå en nøyaktighet på 2-4 mm i grunnrisskoordinater og 7-8 mm i høyde. En reduksjon av observasjonstiden vil ha størst innvirkning på høydenøyaktigheten. Selv med en vesentlig reduksjon av observasjonstiden vil grunnrissnøyaktigheten kunne beholdes. Dersom man benytter en enfrekvent GPS-mottaker, vil nøyaktigheten reduseres noe.

Det er verdt å merke seg at realiseringen av referanserammen gjøres globalt. Tidligere har man brukt betegnelsen "absolutt posisjonsbestemmelse" på denne metoden. Dette kan oppfattes som noe upresist, fordi bestemmelsen gjøres relativt til en global referanseramme som på ingen måte kan sies å være "absolutt". Til sammenlikning vil den tradisjonelle absolutte posisjonsbestemmelsen med denne argumentasjonen kunne sies å være "relativ" til WGS84 (G1150).

8.2 Klassisk statisk måling

8.2.1 Planlegging

Måleplan

I forkant av feltarbeidet bør det utarbeides en måleplan som viser hvilke målepunkter man vil benytte og hvilke vektorer som skal måles. Dersom man ikke kjenner punktene, bør man rekognosere for å undersøke om punktene egner seg for satellittmåling. Opplysninger om hva som kjennetegner punkter egnet for satellittmåling, er gitt i Tillegg B (normativt) - Etablering av nye fastmerker .

Et nett skal legges opp slik at det får best mulig geometri. Det innebærer måling i lukkede polygoner og med minimum to, tre eller fire vektorer til nye punkter som skal bestemmes, avhengig av kravene til nettet. Antall polygonsider og antall vektorer til hvert punkt vil avhenge av hvilke krav som stilles til punktene. De nye punktene skal ligge mellom grunnlagspunktene. Unngå ekstrapolering av nettet!

Tabell 5 Eksempel på nettgeometri

Nettype	Geometri	Måletid
Landsnettet	Trekanter og firkanter med minimum fire vektorer til hvert punkt.	Minimum 60 min.
Overordnet kommunalt nett	Opptil femkanter med minimum tre vektorer pr. punkt.	Minimum 60 min.
Passpunkter, polygonpunkter	Minimum to vektorer pr. punkt.	Minimum 30 min.

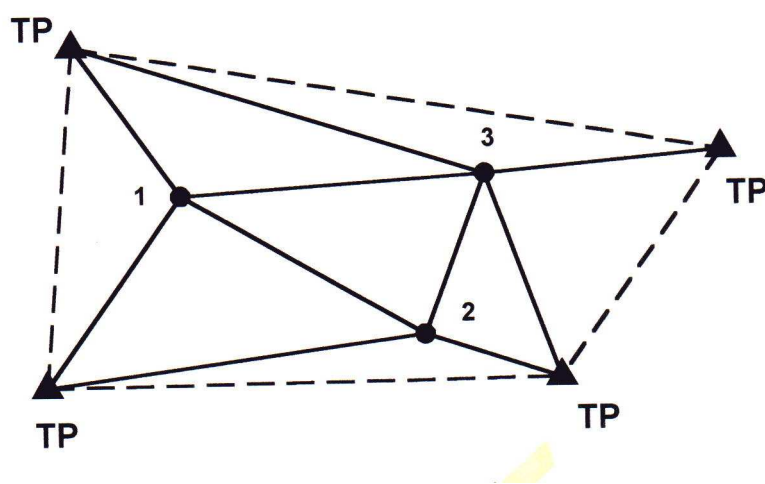
Korte forbindelser skal måles for å ta vare på nabonøyaktigheten mellom punktene.

Behovet for grunnlagspunkter vil variere. Normalt skal det måles i minst 4 fastmerker som er kjent i grunnriss og høyde. Dersom loddavvikskomponenter skal bestemmes, er

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 25 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

det spesielt viktig at grunnlagspunktene har god utstrekning i nord-sør og øst-vest . Et eksempel på nett er vist i Figur 1. Grunnlagspunktene skal være bestemt med bedre nøyaktighet enn kravet til nypunktene, og man bør unngå å blande punkter av forskjellig kvalitet og opprinnelse. Det er viktig at nettets ytterkant har forbindelse til grunnlagspunktene. To eller flere besøk i hvert punkt vil styrke nettets pålitelighet.

Ved høydebestemmelse er det viktig med tilknytning til høydegrunnlag av god kvalitet i hele nettet, og spesielt langs ytterkanten. Det anbefales å bruke en høydereferansemodell til å korrigere de GNSS-målte høydeforskjellene til NN1954. I de fleste tilfeller vil denne metoden gi et bedre resultat enn bruk av loddavviksparametre. Spesielle retningslinjer for bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse er gitt i Tillegg E (informativt) - Spesielt om bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse .



Figur 1 - Eksempel på nett

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-3. Grunnlagspunktene er angitt med forkortelsen TP. Målingene er bygget opp som et nett med forbindelser både mellom nye punkter, fra nye punkter til grunnlagspunktene og mellom grunnlagspunktene. Målinger til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner mellom grunnlagspunktene er gitt med stiplede linjer.

Kontroll av utstyr

Stativer og annet utstyr kontrolleres før feltarbeidet starter. Treføttens optiske lodd og dåselibelle skal kontrolleres før og etter feltarbeidet og ved mistanke om skade/slag. Nummerer treføttene og la dem følge samme mottaker.

Kalibrering

Det utstyret og den programvaren som benyttes, bør være testet på en kalibreringsbasis for satellittmottakere, eller ved måling mellom kjente punkter med bedre nøyaktighet enn det som kreves for den aktuelle oppgaven. Formålet med kalibrering er å kontrollere at man oppnår den nøyaktigheten som kreves, eller om fabrikantens angivelser av nøyaktighet er korrekte. Kalibrering er ikke nødvendig dersom det samme utstyret er testet på tilsvarende måte tidligere. Et alternativ til kalibrering er at importøren av utstyret tester dette og kan dokumentere testen før utstyret sendes ut på markedet.

Måletid

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 26 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Ved måling av vektorer lengre enn ca. 10-15 km anbefales tofrekvente vektorløsninger. I perioder med stor ionosfæreaktivitet vil denne grensen være lavere. Måletiden avhenger av vektorlengde, satellittgeometri og lokale forhold. Ut fra erfaring anbefales minimum 30- 60 minutter ved avstander opp til ca. 10 km. Ved lengre vektorer (10-20 km) bør tiden økes med 50-100 %. Brukes målepunkter der det er store hindringer, kreves det også at måletiden økes med 50-100 %.

8.2.2 Feltarbeid

Oppstilling

- Les punktbeskrivelsen nøye og vær sikker på at det stilles opp i riktig punkt. Bruk fortrinnsvis lave og stødige oppstillinger.
- Dersom bolten er slått skjev, skal man sentrere til fot bolt. For bolter med kjørnemerke skal man sentrere til kjørnemerket. Dette forutsetter kort og ubøyelig bolt. I nivelllementsfastmerker settes kjørnemerke på boltens høyeste punkt ved første oppstilling på punktet.
- Antennen skal orienteres mot nord.
- Bolthøyden skal måles og noteres
- Antennehøyde måles fra topp bolt, og høyden skal også måles med forskyving av målebåndets nullpunkt, som kontroll mot grove avlesningsfeil. I stamnettpunkter eller andre punkter med skrubolt måles antennehøyden til topp plate/fot skrue. Man kan gjerne tegne skisse som viser hvordan målingen er utført. Høyden kontrolleres også før målingen avsluttes.

Oppstart

- Data som punktnummer og antennehøyde bør legges inn på mottakeren.
- Målebok (loggbok) skal utfylles mens man er på punktet. Et eksempel på målebok er gitt i Tillegg D (informativt) - Eksempel på målebok/loggbok .
- Før man forlater mottakeren, skal man kontrollere at den registrerer data og at disse lagres.

8.2.3 Beregning

Vektorberegning

- Vektorene bør beregnes snarest mulig etter at målingene er utført.
- Ved overføring av data skal man ta sikkerhetskopier av dataene og kontrollere at punktnummer og antennehøyde som er lagt inn på mottakeren, stemmer med måleboken.
- Vektorene skal beregnes med best mulige EUREF89-koordinater på valgt grunnlagspunkt for vektoren. Det anbefales å bruke punkter med kjente koordinater og kjent høyde som utgangspunkter. Koordinater og høyder bør være kjent innenfor 10 m. Bruk av enkeltpunktposisjoner direkte fra mottakeren er som regel ikke godt nok.
- Velg beregningsstrategi: enfrekvent eller tofrekvent løsning, uavhengige vektorer eller alle mulige kombinasjoner. Uavhengige vektorer medfører at antall vektorer for hver måleperiode skal være én mindre enn antall mottakere. I tillegg skal ikke alle vektorer i en lukket figur være målt i samme periode. Velges alle kombinasjoner, må man ha mulighet til å behandle korrelasjoner mellom vektorene, både ved vektorberegningen og ved utjevning av nettet. De fleste vektorberegningsprogram har pr. i dag ikke mulighet til å håndtere disse korrelasjonene. Brukes vektorer i alle kombinasjoner uten korrelasjonsmatrise i utjevningen, vil en pålitelighetstest av nettet vise en bedre pålitelighet enn nettet har i virkeligheten. Det anbefales derfor å bruke uavhengige vektorer.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 27 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

- Kun vektorer med anbefalte heltallsløsninger godkjennes. Resultatene kontrolleres ved å se på vektorenes kvalitetsangivelse (standardavvik e.l.), ved summering av vektorer i trekant-/mangekanter, eller ved hjelp av et utjevningsprogram. Programmene har ulike måter for å angi kvaliteten på heltallsløsninger og beregnede vektorer, se derfor brukerveiledningen for nærmere detaljer.

Utjevning og analyse

- De beregnede vektorene overføres til et utjevningsprogram, eventuelt i kombinasjon med tradisjonelle målinger. En nettberegning skal normalt omfatte utjevning av grunnrisskoordinater og høyder, samt grovfeilsøk, test av grunnlag, og pålitelighetsanalyse.
- Grovfeilsøk
Kontroll av observasjonene utføres normalt på et fritt nett separat i grunnriss og høyde. Dersom viktige observasjoner utelates (kasseres), må man måle disse om igjen.
- Test av grunnlag
Kontroll av grunnlagskoordinatene utføres ved en globaltest for å avsløre om det er tvang i grunnlaget, og test av endringer for å vurdere om det er nødvendig å fristille noen av grunnlagspunktene.
- Pålitelighetsanalyse
Analysen omfatter analyse av indre pålitelighet (hvor godt observasjonene gjensidig kontrollerer hverandre) og analyse av ytre pålitelighet (virkningen på de ukjente av en feil i observasjonene).
- Utjevning
Utjevningen utføres med valgt kombinasjon av tilleggsukjente (målestokk, rotasjon og loddavvik) og grunnlagspunkter (etter resultat fra test av grunnlag), og eventuelt med enkelte observasjoner utelatt (etter resultat fra grovfeilsøk).
- Ved ovennevnte analyser må resultatene sammenlignes med krav. Disse kravene finnes i andre standarder som *Grunnlagsnett*, *Geodatastandard* osv.

8.2.4 Rapportering

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering .

8.3 Korttidsstatisk måling

Metoden har mange likhetstrekk med klassisk statisk måling, og retningslinjene gitt her kommer i tillegg til retningslinjene i underkapittel 8.2. Metoden kan være et godt alternativ til RTK, ved måling i vanskelige måleområder.

Planlegging

Målemetoden er ikke egnet til vektorer over 10 km. Den egner seg bra i tilfeller der man skal samle inn mye data i et forholdsvis lite område. Metoden krever at man er nøye med å unngå punkter som kan gi flerveisinterferens, og man er i sterkere grad enn ved klassisk statisk måling avhengig av god satellittgeometri. Punkter nær hindringer (f.eks. husvegger, nettinggjerder, trær) er spesielt utsatt for flerveisinterferens.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 28 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Feltarbeid

Måletiden er en funksjon av lengden på vektoren. Typisk måletid er fra 5-20 minutter, med den korteste tiden for vektorer < 5 km og med 6 eller flere satellitter.

Etterarbeid

Retningslinjer for beregning og rapportering er gitt i henholdsvis underkapittel 8.2.3 og Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering .

8.4 Tradisjonell RTK (Real Time Kinematic)

RTK er velegnet ved måleoppdrag der det er behov for ferdig beregnede koordinater i sanntid, f.eks. ved utstikking. RTK benyttes også som en effektiv metode for måling av vektorer, fordi observasjonstiden er kort, kvaliteten på målte vektorer er verifiserbar i felt, og man unngår beregning av vektorene i ettertid.

8.4.1 Planlegging

Måleplan

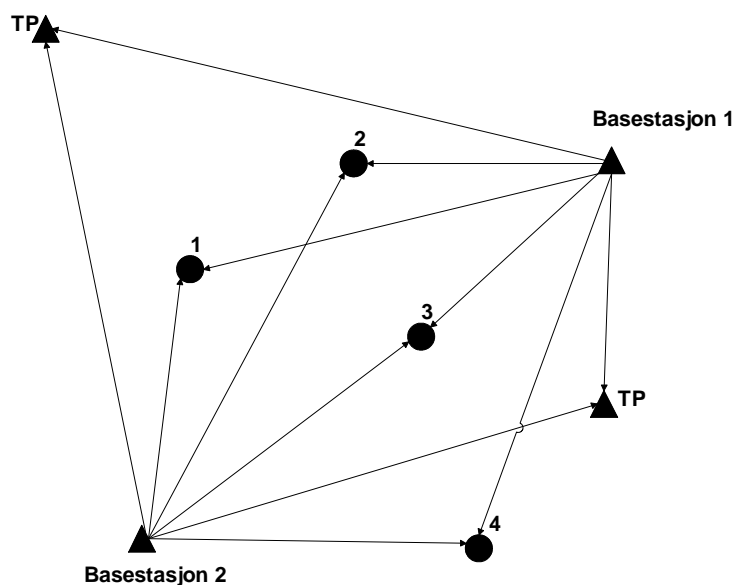
Utforming av måleplan følger retningslinjer gitt i underkapittel 8.2.1, men vil i de fleste tilfeller være mindre omfattende ved RTK-måling. Det er spesielt viktig å vurdere hvilke grunnlagspunkter det er gunstig å benytte som basestasjoner, med hensyn til egnethet for måling med satellittmottaker og forholdene for å sende ut radiosignaler. Basestasjoner skal ha "optimale" forhold, dvs. lite skjerming i form av vegetasjon eller andre hindringer for å kunne motta signaler fra alle tilgjengelige satellitter. Man bør unngå punkter nær mobiltelefonseendere eller andre støykilder, samt punkter nær metallflater eller liknende som kan gi flerveisinterferens. Basestasjoner bør ligge skjermet for ferdsel, for å redusere faren for hærverk eller forstyrrelser under målearbeidet.

Grunnlagspunktene skal være av god kvalitet, fortrinnsvis stamnett-/landsnettpunkter eller kommunalt hovednett. De skal ha gunstig beliggenhet i måleområdet, for å oppnå best mulig geometri på målingene. Ved måling i nett med deformasjoner er det viktig at basestasjonen ikke ligger langt fra punktene som skal måles inn. Ellers kan innmålte punkter få koordinater med dårlig naborøyaktighet i forhold til eksisterende punkter i området.

Dersom det i måleområdet ikke finnes grunnlagspunkter egnet som basestasjon, bør man etablere nye punkter. Bruk av lite egnede grunnlagspunkter kan føre til problemer med gjennomføring av feltarbeidet, og måleresultatene kan bli dårlige.

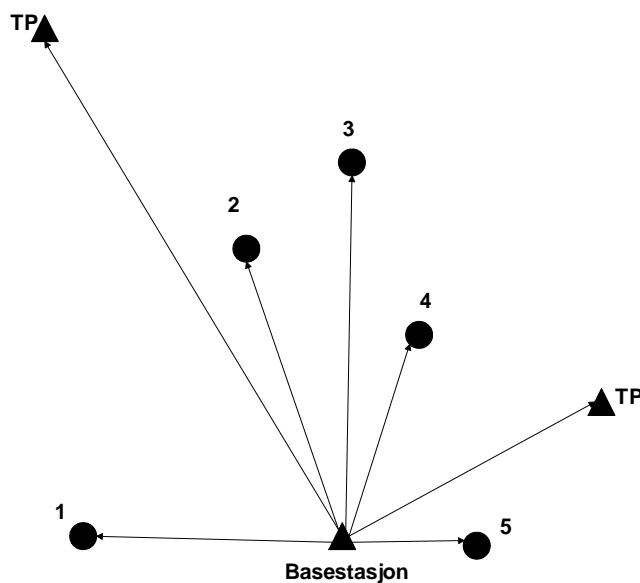
Målingene bygges opp i form av "enkle" nett ved bruk av flere basestasjoner (Figur 2), eller enkeltvektorer fra én basestasjon (Figur 3).

Statens kartverk, Geodesidivisjonen		Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse		Versjon: 2.1	Side 29 av 60
		Iverksettingsdato: 01.12.2009	



Figur 2 - Eksempel på "enkelt nett"

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-4. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Punktene er målt inn fra to basestasjoner kalt Basestasjon 1 og Basestasjon 2. Observasjoner til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner mellom grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer.



Figur 3 - Eksempel på enkeltvektorer

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-5. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Punktene er målt inn polart fra én basestasjon og er uten kontroll. Observasjoner til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner mellom grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer.

Selv om utformingen av nett ofte forenkles ved RTK-måling, må krav til kontroll og overskytende målinger tilfredsstilles. Enkeltvektorer benyttes kun i tilfeller hvor det ikke er krav om å måle med kontroll. Man må også spesielt avklare hvordan man skal ta vare på nabonøyaktighet og fremskaffe gode høyder på nye punkter. Høydebestemmelse ved RTK-måling gir normalt dårligere resultat enn ved statisk måling.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 30 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Andre forberedelser

RTK-måling krever valg av gunstige måleperioder for å sikre god satellittdekning. Se underkapittel 6.3. Til dette arbeidet kan man benytte et planleggingsprogram.

Dersom man skal operere mer enn ca. 10 km fra basestasjonen eller i et område med store topografiske hindringer, bør man sette opp forsterker for å sikre radiodekning. Alternativt kan man benytte utstyr basert på mobiltelefon (GSM), men dette forutsetter at det er dekning for mobiltelefon i området.

Ved bruk av ulike antenner i basestasjon og rover er det spesielt viktig å sjekke at antenneparametrene er riktige.

8.4.2 Feltarbeid

Basestasjonene plasseres i fastmerker med sentral beliggenhet i måleområdet. Bruk fortrinnsvis punkter i stamnett/landsnett/kommunalt hovednett, eller andre fastmerker med dokumentert god kvalitet.

Metoder

- *Metoder med bruk av én basestasjon:*

- 1) En permanent basestasjon i et sentralt fastmerke hvor hele måleområdet dekkes; f.eks. fra taket av rådhuset i en kommune
- 2) En lokal basestasjon i et fastmerke med sentral beliggenhet i måleområdet.

Fordelen med permanent basestasjon er sikker identifisering, tidsbesparelse og redusert risiko for tyveri eller hærverk.

Til tross for mange fordeler med permanent basestasjon vil de fleste kommuner ha en så stor utstrekning at man ikke dekker hele kommunen med én basestasjon. Avstandsbegrensninger skyldes radiodekning, inhomogene nett eller ionosfærens innvirkning.

- *Metoder med bruk av flere basestasjoner:*

- 1) Målingene kan utføres ved å flytte basestasjonen til et nytt punkt og gjenta målingene. Det blir mer uavhengighet desto lengre tidsintervall det er mellom disse målingene. Måleprosedyren i underkapittel 8.2.2 bør følges.
- 2) Målingene kan også utføres ved bruk av flere baser og en rover (eventuelt flere) med mulighet for frekvensskifte. Ved frekvensskifte kringkaster basestasjonene sine observasjoner på ulike frekvenser (kanaler). Den mobile mottakeren kan veksle mellom å måle/motta signaler fra de ulike basestasjonene ved å skifte kanal. Måling ved bruk av frekvensskifte gir ikke uavhengige observasjoner. Målingene vil være sterkt korrelerte med tanke på flerveisinterferens og satellittgeometri, ettersom de utføres i en begrenset tidsperiode. Frekvensskifte gir kontroll på initialiseringen og oppstillingen i basestasjonene, men ikke på oppstillingen i nye punkter.

Metoden med bruk av flere basestasjoner er fordelaktig i inhomogene nett, fordi nyinnmålte fastmerker blir knyttet til flere eksisterende fastmerker i området.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 31 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Målerutiner

Oppstart av basestasjon

- Følg beskrivelse av oppstilling gitt i underkapittel 8.2.2.
- Plasser radioantennen høyt og fritt, slik at forholdene for å sende ut radiosignaler blir best mulig.
- Legg inn punktnavn, kjente koordinater for basestasjonen og antennehøyde. Vær spesielt omhyggelig med å gi inn riktige verdier ved måling i sanntid.

Måling med rover

- *Oppstart av rover*

Benytt målestang, eventuelt med støtteben, eller vanlig stativ (avhengig av nøyaktighetskrav).

Legg inn punktnavn, antennehøyde og eventuelle egenskapsdata før oppsøking av punkter som skal måles.

- *Kontroll av oppstilling i basestasjon og parametre i målebok*

Kontrollen utføres ved å måle i punkter med kjente koordinater og sammenlikne målte koordinater med kjente koordinater.

Kontroll utføres én gang for hvert oppdrag, samt hvis nye basestasjoner blir tatt i bruk eller parametrene i måleboken blir endret.

- *Kontroll av initialisering*

Innarbeid rutiner for kontroll av initialisering under målearbeidet. Dette er spesielt viktig ved polare målinger uten overbestemmelser. Ved feil initialisering er målingene tilsynelatende gode, men gir feil på meter-/desimeternivå.

Kontroll av initialisering kan utføres på følgende måter:

- 1) Automatisk i mottakeren dersom slik programvare finnes. Kontrollen skjer ved at mottakeren først bestemmer en heltallsløsning, for deretter å bestemme en ny løsning som sammenliknes med den første løsningen. Prosessen med beregning av ny heltallsløsning og sammenlikning foregår under hele målearbeidet. Kriteriene for når en fix-løsning kan "frigis" kan variere, avhengig av instrumenttype.
- 2) Måling i punkter med kjente koordinater. Avviket mellom målte koordinater og kjente koordinater skal være på cm-nivå for at man skal være rimelig sikker på at riktig heltallsløsning er bestemt.
- 3) Måle mot en annen basestasjon ved frekvensskifte.

Man skal utføre kontroll hver gang man mister heltallsløsningen og må initialisere på nytt.

- *Kontroll av observasjonskvalitet*

Man skal kontrollere at observasjonskvaliteten er tilfredsstillende under målearbeidet. Antall tilgjengelige satellitter bør være minimum 5 (helst 6-7). Indikatoren på horisontal og vertikal nøyaktighet (eventuelt 3D), samt indikasjonen på kvalitet i satellittgeometri (GDOP eller PDOP) skal være lavere enn anbefalte grenser gitt i brukerveiledningen for hver enkelt mottakertype.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 32 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

- *Tiltak ved dårlig observasjonskvalitet eller ugunstige måleforhold*

Dersom observasjonskvaliteten er dårlig eller måleforholdene ugunstige, er det ikke forsvarlig å måle, og man må utsette måling til forholdene har bedret seg. En indikasjon på ugunstige måleforhold er lang initialiseringstid, og i slike tilfeller kan man oppleve feil initialisering.

Dersom man har problemer med radio-/GSM-dekning i et punkt, men mottar signaler med god kvalitet fra et tilstrekkelig antall satellitter, kan man lagre rådata i 10-20 minutter og beregne vektoren i ettertid som en form for korttidsstatisk måling (underkapittel 8.3). Dette forutsetter at basestasjonen er satt til å lagre rådata og at man har frigjort tilstrekkelig lagringsplass på minnekortene i forkant av målearbeidet.

8.4.3 Beregning og rapportering

Rådata lagret under feltarbeidet behandles etter retningslinjer gitt for vektorberegning i underkapittel 8.2.3. Eventuell utjevning og analyse utføres etter retningslinjer gitt samme sted.

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering .

8.5 Nettverks-RTK (Real Time Kinematic)

Et alternativ til å benytte seg av en egen basestasjon for RTK er å benytte data basert på et nettverk av GNSS-basestasjoner, fra en leverandør av tjenester. Fordelen med dette er at en kan operere uten å sette opp og drifte egen basestasjon. Som tilleggsutstyr for å få brukt tjenesten må brukeren ha med seg kommunikasjonsutstyr for mottak av data fra tjenestens kontrollsenter. Kontrollsentret vil med utgangspunkt i data fra et nettverk av basestasjoner estimere GNSS-observasjonsdata for det geografiske området hvor brukeren befinner seg, og distribuere disse til roveren. Denne foretar så selve posisjonsbestemmelsen via vektormåling til referansen overført fra kontrollsentret.

Referansen som roveren foretar vektormåling til, kan være beregnet på forskjellige måter, avhengig av metoden kontrollsentret benytter for estimering av GNSS-observasjonsdata. Metoden som benyttes i CPOS, kalles Virtuell Referansestasjon (VRS) og innebærer at kontrollsentret beregner observasjonsdata for en virtuell referansestasjon i nærheten av brukerens posisjon, på bakgrunn av data fra de nærmeste fysiske referansestasjonene. Brukerens roverutstyr oppfatter observasjonsdataene fra kontrollsentret som om de kom fra en virkelig basestasjon i nærheten. En annen metode (som benyttes blant annet av SmartNET) innebærer at roveren mottar observasjonsdata fra flere av de nærmeste permanente stasjonene i nettverket, og bruker dette til å beregne posisjon.

For måling i et slikt nettverk gjelder i hovedsak de samme retningslinjer som for tradisjonell RTK (underkapittel 8.4).

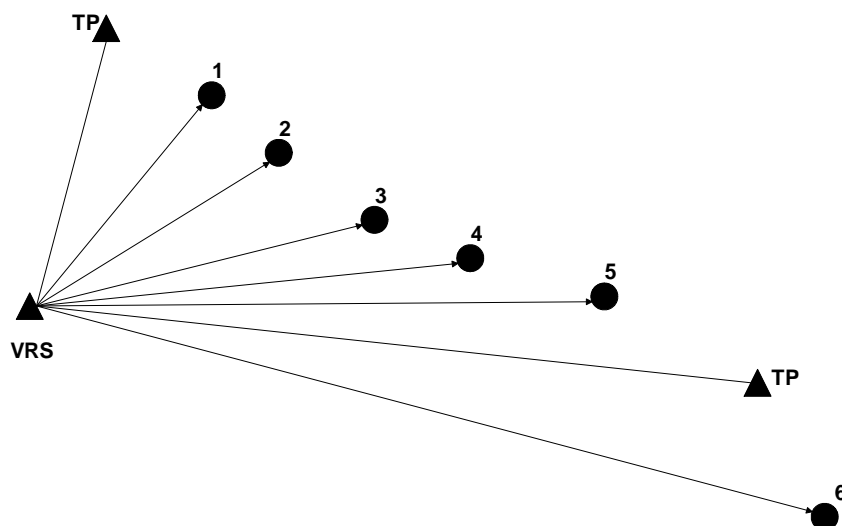
8.5.1 Planlegging

Ved bruk av nettverks-RTK behøver man ikke å være bekymret over dårlig satellittdekning ved basestasjonene. Disse er optimalt plassert. Roveren krever imidlertid akseptabel satellittdekning, så et planleggingsprogram bør likevel benyttes for å finne ut når på dagen dekningen er god.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 33 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Ved nettverks-RTK mottas data fra et kontrollcenter ofte via mobiltelefon eller annet nasjonalt/globalt distribusjonsmedium. I motsetning til ved måling med tradisjonell RTK er man ikke avhengig av å sette opp egen basestasjon i et kjentpunkt, men kjentpunkter bør likevel oppsøkes så langt det lar seg gjøre, for kontroll.

Figur 4 er en skisse av et eksempel på hvordan måling med VRS kan gjøres.



Figur 4 - Eksempel på måling med VRS

Figuren viser innmåling av nye punkter nummerert 1-6. Grunnlagspunkter er angitt med forkortelsen TP. Punktene er målt inn fra en virtuell referansestasjon (VRS), med kontroll til grunnlagspunkter. Observasjoner til nye punkter er gitt med heltrukne linjer, mens observasjoner til grunnlagspunkter er gitt med stiplede linjer. Ved å opprette en ny forbindelse til kontrollcenteret blir det etablert en ny VRS som punktene kan måles inn i fra. For å redusere faren for korrelerte målinger bør måleprosedyren i underkapittel [6.4.3](#) følges.

8.5.2 Feltarbeid

De kontrollrutiner som er beskrevet i underkapittel [8.4.2](#), gjelder også her.

Ved denne type måling er det spesielt viktig å sette riktige antenneparametre. De fleste GNSS-antenner har en vertikal differanse mellom referansepunkt for måling av antennehøyde og antennens fasesentrum. Fasesenteret har også en horisontal bevegelse, avhengig av satellittenes posisjon. Disse størrelsene varierer, avhengig av antenntype. Dataene fra kontrollcenteret vil være referert til en "null-antenne". Dette må legges inn i måleboken, noe som de fleste målebøker har en mulighet for.

Ved oppkobling mot kontrollcenteret vil roveren motta data som oppfattes som om de kom fra en fysisk basestasjon like i nærheten – en VRS med kjente koordinater.

Mottakeren kan lagre roverens koordinater og/eller vektorkomponenter mellom base og rover. Husk å kontrollere mottakerens innstilling for lagring, da det i enkelte tilfeller kan være hensiktsmessig å ta vare på vektorkomponentene for å få gjennomført nødvendig utjevning og analyse i ettertid.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 34 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

8.5.3 Beregning og rapportering

Analyse og dokumentasjon av de målingene som gjennomføres, kan utføres på to forskjellige måter:

1. Utjevning og analyse på koordinatnivå

Roveren lagrer koordinater under målearbeidet. Disse kan importeres inn i et utjevnings- og analyseverktøy for videre bearbeiding. På markedet finnes flere slike verktøy, som enten har eller vil få moduler for å utjevne og analysere direkte på koordinatnivå. I forhold til den tradisjonelle metoden, hvor man utjevner og analyserer på observasjonsnivå (vektorer), utgjør denne metoden en kraftig forenkling, som også kan benyttes for tradisjonell RTK. Metoden er forholdsvis enkel å implementere og finnes derfor også i enkelte målebøker. Dette gjør det mulig å få kontroll på målearbeidet også i felt.

2. Utjevning og analyse på observasjonsnivå (vektor)

I dette tilfellet må roveren lagre de observerte vektorkomponenter med tilhørende kovariansmatrise. Sammen med de kjente koordinatene for referansen fra kontrollsenteret vil vektorene kunne utjevnes og analyseres i et egnet program ved å betrakte referansen fra kontrollsenteret som kjente størrelser. Situasjonen blir identisk med situasjonen for en utjevningsberegning av vektorer målt med tradisjonell RTK, hvor basestasjonens koordinater ville blitt holdt fast som kjente størrelser i utjevningen. Siden referansen fra kontrollsenteret er å betrakte som en del av grunnlaget, må en test av grunnlaget også omfatte disse. Ved måling mot et nettverk kan det, avhengig av metoden kontrollsenteret bruker for estimering av GNSS-observasjonsdata til brukeren, etableres en ny referanse for hver oppkobling som gjennomføres. Man bør derfor, så langt det lar seg gjøre, forbli oppkoblet under måling av de punkter som man ønsker referert til en felles referanse.

Når man benytter nettverks-RTK, vil roveren beregne koordinater i EUREF89 og oppgi ellipsoidiske høyder. Dersom man ønsker å referere seg til andre koordinatsystemer enn EUREF89, må man gjennomføre en eller annen form for transformasjon til dette systemet. Transformasjoner er nærmere beskrevet i underkapittel [6.5.5](#).

Den virtuelle referansestasjonens koordinater er kun kjent i og referert til EUREF89. Beregning og analyse av grunnlagspunkter i lokalt nett lar seg derfor ikke gjennomføre ved bruk av nettverks-RTK. I slike tilfeller må utjevning og analyse gjennomføres i EUREF89, før man eventuelt transformerer de endelige koordinatverdiene til et lokalt system.

Retningslinjer for rapportering er gitt i Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering .

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 35 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

8.6 Oppsummering RTK

Tabell 6 Hva er RTK egnet til, og hvordan kan man gjennomføre målingene?

Oppgave	Antall observasjoner	Observasjonstid	Krav
Måling av fastmerke (polygonpunkt, passpunkt, hjelpepunkt og liknende).	2-3 uavhengige målinger til forskjellig tid fra overordnede punkter. Se underkapittel <u>6.4.3</u> for anbefalt måleprosedyre.	5-60 sek.	Standard Geografisk informasjon <i>Grunnlagsnett.</i>
Måling av grensemerke.	2 eller flere uavhengige målinger. Se underkapittel <u>6.4.3</u> for anbefalt måleprosedyre.	2-10 sek.	Standard Geografisk informasjon <i>Stedfesting av eiendoms- og råderettsgrenser.</i>
Måling av annet detaljunkt (terrengdetalj og liknende).	Én måling. Ved denne type måling er det spesielt viktig å kontrollere initialiseringen (underkapittel <u>8.4.2</u>).	2-10 sek.	Standard Geografisk informasjon <i>Kart og geodata.</i>
Utstikking.	Stikk ut punktet. Foreta ny initialisering og mål inn punktet som kontroll.		

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 36 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

TILLEGG A (normativt) - Termer og forkortelser

I følgende alfabetiske liste gis definisjoner for termer som er brukt i denne standarden.

Noen regler som er fulgt ved redigeringen av lista:

De fleste termene som er brukt i definisjoner og merknader, er *kursivert*. Disse er definert på alfabetisk plass i lista.

Termer som er understreket i merknadene, kan være viktige å framheve i teksten, og/eller

- 1) være ført opp på alfabetisk plass i lista, men der bare med henvisning eller liknende, uten å være definert,
- 2) høre til denne standardens fagområde, uten å være brukt i teksten i standarden,
- 3) høre til andre fagområder og ikke være definert i geodesistandardene,
- 4) være alternative former,
- 5) være eldre former som foreslås tatt ut av bruk.

Termene er ikke brukt i sine egne definisjoner. I sine egne merknader er de skrevet fullstendig, ikke forkortet eller uthevet.

Forkortelser og akronymer er vanligvis definert ved at de er skrevet i sin fullstendige form, med understreking av bokstavene som danner forkortelsen/akronymet. Vanligvis er nærmere forklaring tilføyd i merknad.

ASCII

American Standard Code for Information Interchange

MERKNAD - Regnemaskinkode for representasjon av alfanumeriske tegn.

base

(vanlig kortform for) *basestasjon*

basestasjon

fastmerke med kjent *posisjon*, brukt som utgangspunkt ved *differensiell posisjonsbestemmelse*

MERKNAD - Som kortform brukes ofte base. I forrige utgave av denne standarden ble termen *referansestasjon* brukt om samme begrep. I denne utgaven har *referansestasjon* en videre betydning enn *basestasjon*. Se *VRS*.

bærebølge

elektromagnetisk bølge som påføres *signal* for å overføre informasjon

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 37 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

CPOS

Centimeterposisjon, tjeneste levert av Statens kartverk - SATREF®

MERKNAD - Tjenesten leverer virtuelle (tenkte) *GNSS*-observasjoner for et punkt innenfor det området CPOS-nettverket dekker. Når en bruker med sin *rover* benytter disse virtuelle dataene, vil beregningene internt i *roveren* fortone seg som om det var en virkelig *GNSS*-basemottaker like i nærheten. Den videre beregningsgangen blir identisk med beregningsgangen ved tradisjonell *RTK*.

datum

numerisk eller geometrisk størrelse, eller sett av slike størrelser, som danner utgangspunkt eller basis for andre størrelser

MERKNAD 1 - I geodesi- og landmålingsfaget definerer et datum plasseringen av et *koordinatsystem* ved

- a) plasseringen av origo,
- b) målestokken, og
- c) orienteringen av aksene.

MERKNAD 2 - Det skilles mellom tre hovedtyper datum:

1. *geodetisk datum* (kan anvendes for regioner eller hele jorden)
2. *vertikalt datum* (basis for tyngdekraftrelaterte *høyder*)
3. anleggsdatum (kan anvendes i et begrenset område)

MERKNAD 3 - Ofte kortform for *geodetisk datum*.

MERKNAD 4 - Flertall datumer.

DGPS

differensiell GPS

differensiell GNSS

målemetode der *GNSS*-data korrigeres ved hjelp av data fra en kjent *basestasjon*

MERKNAD - Se *differensiell posisjonsbestemmelse*.

differensiell GPS

målemetode der *GPS*-data korrigeres ved hjelp av data fra en kjent *basestasjon*

MERKNAD - Se *differensiell posisjonsbestemmelse*.

differensiell posisjonsbestemmelse

bestemmelse av *posisjonen* til ett eller flere punkter i forhold til ett eller flere punkter med kjent *posisjon*

MERKNAD - I forrige utgave av standarden kalt relativ posisjonsbestemmelse.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 38 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

DOP

Dilution Of Precision

MERKNAD - Uttrykk for bidraget fra satellittgeometrien til usikkerheten i en *posisjonsbestemmelse*. En lav DOP-verdi gir en mer nøyaktig *posisjonsbestemmelse* enn en høy DOP-verdi. De mest vanlige DOP-størrelsene er

- GDOP* (Geometric DOP)
- PDOP* (Position DOP)

DPOS

Desimeterposisjon, tjeneste levert av Statens kartverk - SATREF®

MERKNAD - Tjenesten leverer GNSS-korleksjoner via telefon eller internett i *sanntid*. Korleksjonene vil forbedre en *GNSS*-mottakers egne målinger på en slik måte at høyere *nøyaktighet* kan oppnås. Oppnåelig *nøyaktighet* er imidlertid avhengig av lokale forhold såvel som av kvaliteten på egen *GNSS*-mottaker. Tjenesten har et potensiale for å kunne oppnå desimeter-*nøyaktighet* (40cm 2σ , 95%).

ellipsoide

lukket, krum flate som av ethvert gjennomskjærende plan blir skåret i en ellipse

MERKNAD 1 - Kan uttrykkes ved formelen

$$x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/c^2 = 1$$

der x, y, z er koordinater i et tredimensjonalt rettvinklet kartesisk koordinatsystem med origo i ellipsoidens sentrum, og konstantene a, b, c er ellipsoidens halvaksler.

MERKNAD 2 - I landmåling og geodesi vanligvis kortform for *referanseellipsoide* (*geodetisk ellipsoide*).

ellipsoidens flattrykning

rotasjonsellipsoidens avvik fra kuleform

MERKNAD - Uttrykkes matematisk ved formelen

$$f = (a-b)/a$$

der a og b er *store halvakse* og *lille halvakse* for *rotasjonsellipsoiden*.

ellipsoidisk høyde

avstand fra *referanseellipsoiden*, målt langs *ellipsoidenormalen*

MERKNAD - Positiv utenfor *ellipsoiden*, negativ innenfor. Brukes ikke alene, bare som del av et tredimensjonalt *geodetisk koordinatsystem*.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 39 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

epoke

tidsperiode for innsamling av data

MERKNAD - Brukes også om starttidspunkt.

ETRS

European Terrestrial Reference System

EUREF

European Reference Frame

MERKNAD - En europeisk komité (sub-commission) under International Association of Geodesy (IAG).

EUREF89

European Reference Frame 1989

MERKNAD - Offisiell europeisk *geodetisk referanseramme*, brukt som *geodetisk datum* bl.a. under beregningen av *Stamnettet*. *Koordinatene* til de såkalte *3D-fastmerkene* i *Stamnettet* ble beregnet i en utjevning hvor *koordinatene* for *fastmerker* i *ITRF93* ble holdt fast. De publiserte hastigheter for den europeiske tektoniske platen ble benyttet for å henføre koordinatene til *ETRS89*, dvs tidspunkt 1989.0. Disse *3D-fastmerkene* utgjør *referanserammen* som realiserte *EUREF89*. *GRS80*-ellipsoiden inngår i *EUREF89*.

fasemåling

måling av fasedifferansen mellom *bærebølgen* til det mottatte satellittsignalet og den kopi av *bærebølgen* som mottakeren selv lager

fastmerke

varig merket punkt, markert med bolt eller annen egnet permanent markering, der horisontale *koordinater* og/eller *høyde*, tyngde og/eller andre *koordinater* er bestemt, eller planlagt bestemt, i et koordinatbasert referansesystem

flattrykning

vanligvis kortform for *ellipsoidens flattrykning*

flerveisinterferens

interferens (samvirkning) mellom radiobølger som har gått forskjellige veier mellom sender og mottaker

Galileo

se *GNSS*

GDOP

se *DOP*

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 40 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

geodetisk datum

datum som beskriver forbindelsen mellom et *koordinatsystem* og den fysiske jorden

MERKNAD 1 - Vanligvis knyttet til en nærmere angitt *ellipsoide*.

Den horisontale delen av datumet tilordner da *ellipsoidens* gradnett til den fysiske jorden, og den vertikale delen tilordner *ellipsoidiske høyder*.

MERKNAD 2 - Som kortform brukes ofte *datum*.

geodetisk referanseramme

kjente geosentriske *koordinater* for utvalgte *fastmerker* som realiserer et *geodetisk referansesystem*

MERKNAD 1 - I globale referanserammer er tidspunkt og *fastmerkens* hastighet viktig. Enkelte nasjonale og regionale referanserammer er fastlåst til et bestemt tidspunkt, og da er *fastmerkens* hastighet irrelevant.

MERKNAD 2 - Vanlig kortform referanseramme.

geodetisk referansesystem

grunnlag for entydig stedfesting i et geosentrisk *koordinatsystem* hvor tidspunkt, matematiske modeller, fysiske konstanter og parametre for jorden inngår

MERKNAD - Vanlig kortform referansesystem.

geodetisk referansesystem 1980

se *GRS80*

geoide

potensialflate i jordens tyngdefelt, best mulig samsvarende med verdenshavenes midlere nivå

MERKNAD 1 - Er bl.a. referanseflate for astronomiske observasjoner og for angivelse av *ortometriske høyder*.

MERKNAD 2 - Kan avvike fra lokalt middelvann på grunn av ytre påvirkninger som tidevannsbevegelser, havstrømmer, temperatur og saltinnhold.

MERKNAD 3 - Under kontinentene påvirker overliggende og underliggende masser geoidens beliggenhet.

GLONASS

Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema

MERKNAD - Russisk satellittnavigasjonssystem. Se også *GNSS*.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 41 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

GNSS

Global Navigation Satellite System

MERKNAD 1 - Felles betegnelse på globale navigasjons- og *stedfestingssystem* som kan brukes til å bestemme en satellittmottakers *posisjon* hvor som helst på jorden. To GNSS-system er for tiden (2009) i drift: *GPS* og *GLONASS*. Et europeisk system, Galileo, er under utvikling og planlegges å være fullt operativt i 2013.

MERKNAD 2 - Systemer av geostasjonære satellitter som skaffer til veie differensielle korreksjoner til *GPS*-mottakere, regnes også som GNSS. Eksempler: EGNOS, WAAS, MSAS.

GPS

Global Positioning System

MERKNAD - På norsk: Globalt navigasjons- og *stedfestingssystem*. Betegnelse på et system av satellitter benyttet til navigasjon, *stedfesting* og geodetiske oppgaver. Systemet er etablert og administrert av USA. Det består av 24 satellitter i baner ca. 20 000 km over jordoverflaten, jevnt fordelt i 6 baneplan. Se også *GNSS*.

GRS80

Geodetic Reference System 1980

MERKNAD - En samling definerte og avledede konstanter for en modell av jorden, anbefalt av organisasjonene IAG og IUGG i 1979. Den tilhørende *ellipsoiden* har
store halvakse $a = 6\,378\,137$ m,
flattrykning $f = 1/298.257\,222\,101$.

grunnlagsnett

nett av fastmerker med kjente koordinater

MERKNAD - Brukes som grunnlag ved bestemmelse av tilsvarende *koordinater* for andre *fastmerker*, og ved innmåling av objekter, plassering og påvisning.

grunnlagspunkt

utgangspunkt med kjent(e) verdi(er) for aktuell(e) størrelse(r)

MERKNAD - Brukes for å bestemme verdi(er) for aktuell(e) størrelse(r) i nytt eller nye punkt(er)

høyde

vertikal avstand over en fysisk eller matematisk definert referanseflate

MERKNAD - Hvis referanseflaten er en *ellipsoide*, får man *ellipsoidisk høyde*. Hvis referanseflaten er *geoiden*, får man

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 42 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

ortometrisk høyde. Normalhøyde refererer seg til en *geoideliknende flate* kalt kvasigeoiden. Den dagligdagse betegnelsen "høyde over havet" er en upresis samlebetegnelse for normalhøyde og *ortometrisk høyde*.

høydereferansemodell

modell for differansen mellom *høyder* i et vertikalt datum og *ellipsoidiske høyder* i et *geodetisk datum*

MERKNAD 1 - Vanligvis beregnes modellen ved at en geoidehøydemodell eller kvasigeoidehøydemodell tilpasses punkter der høyder av de to aktuelle typer er kjent.

MERKNAD 2 - Eksempler: *HREF*, *VREF*.

initialisering

bestemmelse av det hele antall *sykler* mellom satellitt- og mottakerklokke ved henholdsvis utsending og mottak av satellittsignalet ved målestart

internasjonal ellipsoide

referanseellipsoide hvor store halvakse $a = 6\,378\,388$ m og flattrykning $f = 1/297$

MERKNAD - Vedtatt på generalforsamlingen til Den internasjonale union for geodesi og geofysikk (IUGG) i Madrid i 1924. Størrelse og form er de samme som for Hayfords ellipsoide.

ITRF

International Terrestrial Reference Frame

MERKNAD - Global *geodetisk referanseramme*, framkommet som International Earth Rotation Service (IERS) sin realisering av det *geodetiske referansesystemet* ITRS. Angir geosentriske *koordinater* for utvalgte internasjonalt aksepterte *fastmerker* (stasjoner) over hele jordkloden. Fordi kontinentene beveger seg i forhold til hverandre, vil disse *fastmerkene* flytte seg og deres *koordinater* endre seg med tiden. Hver *referanseramme* som utarbeides av IERS, merkes derfor med et årstall (f.eks. ITRF93, ITRF2000). Over tid kan hastighet og bevegelsesretning for hvert *fastmerke* bestemmes.

kinematisk posisjonsbestemmelse

posisjonsbestemmelse av noe som er i kontinuerlig eller avbrutt bevegelse i forhold til *referanserammen* mens målingen pågår

MERKNAD 1 - Både linjer og enkeltpunkter kan *posisjonsbestemmes* med denne målemetoden.

MERKNAD 2 - Alternativ til statisk posisjonsbestemmelse.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 43 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

kodemåling

måling av tidsdifferansen mellom en av kodene på det mottatte satellittsignalet og mottakerens egengenererte kopi av koden

konvertering

forandring av datarepresentasjon fra en form til en annen uten forandring av innholdet

MERKNAD - I landmåling og geodesi vanligvis kortform for *koordinatkonvertering*.

koordinat

en av et sett på n tallstørrelser som angir en beliggenhet i et n -dimensjonalt rom

MERKNAD 1 - De n tallstørrelsene kan ha samme eller forskjellig dimensjon (målenhet).

MERKNAD 2 - I landmåling og geodesi vanligvis brukt om en geometrisk størrelse, som avstand eller vinkel, med n lik 1, 2 eller 3, for hhv. linje, flate og 3-dimensjonalt rom. Andre koordinater, som ev. kan gjøre n større, kan for eksempel være tid eller tyngde.

MERKNAD 3 - Ofte brukt som kortform for horisontal *koordinat*, i motsetning til *høyde*.

koordinatkonvertering

entydig omregning av *koordinater* mellom to koordinatbaserte referansesystemer med samme *datum*, men ulike *koordinatsystemer*

MERKNAD 1 - Ren matematisk omregning, med parametre som har verdier utledet av det geometriske forholdet mellom de to koordinatbaserte referansesystemene.

MERKNAD 2 - Vanlig kortform: *konvertering*.

MERKNAD 3 - Se også *koordinattransformasjon*.

koordinatsystem

sett av matematiske regler som angir hvordan punkter kan tilordnes *koordinater*

MERKNAD - Også ofte brukt om et sett av akser som *koordinatene* regnes i forhold til.

koordinattransformasjon

omregning av *koordinater* mellom to koordinatbaserte referansesystemer med samme *koordinatsystem*, men ulike *datumer*

MERKNAD 1 - Bruker parametre som er beregnet, ev. ved utjevning, av *koordinatene* for punkter som er kjente i begge de koordinatbaserte referansesystemene.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 44 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

MERKNAD 2 - Overføringen kan inneholde elementer av translasjon, rotasjon og målestokksendring.

MERKNAD 3 - Kravet om at *koordinatene* knyttes til to forskjellige *datumer*, gjelder innen geodesi.

MERKNAD 4 - Vanlig kortform: transformasjon.

MERKNAD 5 - Se også *koordinatkonvertering*.

kovariansmatrise

matrise som uttrykker i hvilken grad et sett tilfeldige variable er avhengige av hverandre eller påvirker hverandre

Landsnett

overordnet nett av *fastmerker* som utgjør en fortetting av *Stamnettet* ned til ca. 5 km punktavstand i bebygde områder

MERKNAD - Landsnettet er Statens kartverks ansvar. Det fortettes videre til *grunnlagsnett* av lavere orden (detaljnett) som kommunen har ansvar for.

loddavvik

vinkel fra innoverrettet *ellipsoidenormal* gjennom et punkt til nedoverrettet loddlinje i punktet

MERKNAD - Loddavviket angis vanligvis med en nord-sør-komponent (ζ), positiv mot sør, og en øst-vest-komponent (η), positiv mot vest.

NGO1948

Norges geografiske oppmålings datum av 1948

MERKNAD - Offisielt horisontalt datum brukt kun i Norge. *Datumet* ble realisert av Norges geografiske oppmåling ved en utjevning omkring 1948 av 133 første ordens trekantpunkter i Sør-Norge. Avbildning i kartplanet ble utført ved vinkelriktig (konform), transversal Mercator-projeksjon, kalt Gauss-Krüger-projeksjon. Lavere ordens trekantpunkter ble vanligvis beregnet direkte i kartplanet, med *x*-aksen positiv nordover fra 58° nordlig bredde og *y*-aksen positiv østover med verdien null ved tangeringsmeridianen. De tilhørende plane, rettvinklede *koordinatene x* og *y* brukes som offisielle, nasjonale *koordinater* i NGOs rutenettssystem. Pga. krav til maksimal tillatt målestokksfortegning i kartplanet er systemet basert på 8 projeksjonssoner, dvs. 8 aksesystemer som dekker Fastlands-Norge. Projeksjon og akser i NGOs rutenettssystem skriver seg opprinnelig fra 1913.

NKG

Nordiska Kommissionen för Geodesi

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 45 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

NN1954

normalnull 1954

normalnull 1954

nasjonalt *vertikalt datum* for Norge

MERKNAD - Forkortes vanligvis til NN1954. Dekker fra 1996 hele landet. Brukes som navn på både det *vertikale datumet* og på høydesystemet. Utgangshøyden til fundamentpunktet (normalhøydepunktet), som finnes ved Tregde nær Mandal, ble i 1954 bestemt ved å bruke et gjennomsnitt av middelvannstandsberegningene for Oslo, Nevlunghavn, Tregde, Stavanger, Bergen, Kjølisdal og Heimsjø vannstandsmålere.

nøyaktighet

mål for en estimert verdis nærhet til sin sanne verdi eller til det man antar er den sanne verdi

MERKNAD 1 - Vanligvis er sann verdi ikke kjent. I praksis brukes ofte som sann verdi en verdi funnet ved bruk av bedre instrument(er), måling(er) og/eller beregning(er).

MERKNAD 2 - Ikke det samme som presisjon. Se *standardavvik*.

ortometrisk høyde

høyde over geoiden, målt langs den krumme loddlinjen i jordens tyngdefelt

MERKNAD 1 - Kan beregnes som C/g' der C er geopotensialtallet i punktet det skal beregnes ortometrisk høyde for, og g' er midlere tyngdeakselerasjon langs loddlinjen (inne i massene) mellom *geoiden* og punktet. Kalles gjerne "høyde over havet".

PDOP

se *DOP*

posisjon

punktbeliggenhet angitt ved hjelp av *koordinater* i et *geodetisk referansesystem*

posisjonering

bringe noe til en bestemt *posisjon*

MERKNAD - Kan oppfattes som det motsatte av *posisjonsbestemmelse*.

posisjonsbestemmelse

måling og/eller beregning av *posisjon*

pseudoavstand

tilnærmet verdi for avstand mellom mottaker og satellitt

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 46 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

MERKNAD - Litt lengre eller litt kortere enn den geometriske avstanden, som en følge av at satellittenes klokker og mottakerens klokke ikke er synkronisert.

referanseramme

(vanligvis kortform for) *geodetisk referanseramme*

referansestasjon

virkelig eller tenkt *fastmerke* med kjent *posisjon*, brukt som utgangspunkt ved *differensiell posisjonsbestemmelse*

MERKNAD 1 - Hadde i første utgave av denne standarden samme betydning som *basestasjon*.

MERKNAD 2 - Brukt i denne standarden i forbindelse med nettverks-*RTK*. Se *VRS* (virtuell referansestasjon).

referansesystem

se *geodetisk referansesystem*

RINEX

Receiver Independent Exchange

MERKNAD - RINEX-format er mottakeruavhengig utvekslingsformat for *GNSS-rådata*.

rover

satellitmottaker som flyttes fra punkt til punkt hvor den måler *posisjon* direkte eller i forhold til mottakeren i en *referansestasjon*

MERKNAD - Samme betydning som mobil satellitmottaker. Rover er engelsk og betyr streifer/vandrer. Termen mobil mottaker ble brukt i den første utgaven av standarden.

RTCM

Radio Technical Commission for Maritime Services (USA)

MERKNAD - RTCM-format er mottakeruavhengig format for distribusjon av korreksjoner ved *satellittbasert posisjonsbestemmelse*.

RTK

Real Time Kinematic

MERKNAD - *Kinematisk posisjonsbestemmelse* ved *fasemåling* med en eller flere *rovere* som får korreksjonene fra *referansestasjon(er)* i *sanntid*.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 47 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

rådata

data i den form de først blir registrert

MERKNAD - Ubearbeidete data, som kan være observasjonsdata nedskrevet/tegnet på papir, fotografi, registreringer i elektroniske medier, video m.v.

sanntid

(nær) samme tid

MERKNAD - Engelsk: real time. At rapportering av en hendelse eller innsamling av data omkring en hendelse skjer i sanntid, betyr at det skjer (nær) samtidig som hendelsen finner sted.

sanntidsmåling

kode- eller *fasemåling* der beregninger skjer samtidig med at man måler

MERKNAD - Resultatet (*posisjonsbestemmelsen*) foreligger vanligvis med inntil et par sekunders etterslep. Hvis man ikke har bruk for *posisjonen* med en gang, kan man beregne den i ettertid.

satellittbasert posisjonsbestemmelse

bestemmelse av *posisjonen* til et punkt ved bruk av satellitter som hjelpemiddel

signal

1 : innretning som skal gjøre en detalj synlig for målinger

MERKNAD 1 - I geodesien vanligvis brukt om fysisk konstruksjon som representerer et *fastmerke* som det skal siktes mot. Gis betegnelse etter konstruksjonen som er brukt (varde, søyle, tårn, fotsignal, bardunsignal m.v.) Noen signaler er "permanente", mens andre settes opp i forbindelse med aktuelle målearbeid. Signalene kan være plassert sentrisk eller eksentrisk i forhold til *fastmerket*.

MERKNAD 2 - Også brukt i fotogrammetri, for å gjøre en detalj synlig på flybilder.

2: informasjon som skal overføres

MERKNAD - Overføringen skjer i landmåling og geodesi ofte ved modulerte bølger, som oppstår ved at *bærebølger* påføres signaler.

SmartNET

tjeneste for nettverks-*RTK*, levert av Leica

MERKNAD – Tidligere kalt Spidernet.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 48 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

SPS

Standard Positioning Service

MERKNAD - Tjeneste fra det amerikanske forsvarsdepartementet til sivile brukere.

Stamnettet

overordnet nett av *fastmerker* i Norge, etablert av Statens kartverk i forbindelse med overgang til *EUREF89*

MERKNAD - Avløser det tidligere 1. ordens trekantnettet. Har sidelengder på ca. 20 km i bebygde strøk. Statens kartverk er ansvarlig for vedlikehold og forvaltning.

standardavvik

kvadratrotten av *varians*

MERKNAD 1 - Uttrykker presisjon for en gruppe målinger, eller for størrelser som er beregnet av målinger.

MERKNAD 2 - Regnes uten fortegn og erstatter tidligere brukt term middelfeil.

stedfesting

fastlegging av et objekts geografiske beliggenhet på et gitt tidspunkt og med en foreskrevet *nøyaktighet* eller presisjon

MERKNAD - Kan skje ved *koordinater* i et kjent geodetisk referansesystem, grafisk som posisjon i kart/bilder (rutereferanse o.l.), eller verbalt ved stedsnavn/adresse, eventuelt ved utmål i forhold til angitt stedsnavn/adresse.

syklus

periodisk svingning

MERKNAD 1 - I løpet av en syklus gjennomløper fasevinkelen alle verdier i intervallet fra 0° til 360°.

MERKNAD 2 - I denne standarden er flertallsformen sykler.

systematisk feil

feil som har sin opprinnelse i utilstrekkelig matematisk beskrivelse av den fysiske virkelighet

MERKNAD - Systematisk feil på en måling vil gi måleresultater samlet omkring en verdi (forventningsverdien) forskjellig fra den sanne verdi, når målingen gjentas mange ganger under samme betingelser.

terrestrisk referanseramme

koordinater for et sett av *fastmerker* som realiserer et *terrestrisk referansesystem*

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 49 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

MERKNAD - Kun det første settet av *fastmerker* som velges ut ved beregningen, inngår i referanserammen. *Fastmerker* som inngår i videre fortetningsnett, regnes ikke til referanserammen.

terrestrisk referansesystem

matematisk system som tilfredsstillende en idealisert definisjon av hvordan et *fastmerkes* posisjon kan uttrykkes

MERKNAD - Et terrestrisk referansesystem er ikke synlig i naturen. Den fysiske materialiseringen av det kan skje gjennom en *terrestrisk referanseramme*, som er gitt ved *koordinater* for spesifiserte *fastmerker* fordelt over hele kloden eller deler av den.

transformasjon

(i landmåling og geodesi vanligvis kortform for) *koordinattransformasjon*

varians

forventningsverdi σ^2 for $(x-\zeta)^2$ når x er en tilfeldig variabel med forventningsverdi ζ

vektor

rett linjestykke angitt med lengde og retning, eller med *koordinatdifferanser*

MERKNAD - I *satellittbasert posisjonsbestemmelse* mye brukt betegnelse på det målte tredimensjonale linjestykket mellom to mottakere/antenner.

vertikalt datum

datum som beskriver forbindelsen mellom tyngdekraftrelaterte *høyder* og den fysiske jord

MERKNAD 1 - Vanligvis inngår tre størrelser:

1. Referanseflate: I geodesien benyttes oftest *geoiden* eller *kvasigeoiden*. Se *høyde*.
2. Fundamentalpunkt: Et *fastmerke* som definerer 0-nivået.
3. Tidsreferanse: *Høyde* endres over tid som følge av landhevning. For å oppnå entydighet må derfor *datumet* ha en tidsreferanse, vanligvis et årstall.

MERKNAD 2 - *Ellipsoidisk høyde* er ikke tyngdekraftrelatert og oppgis derfor ikke i noe vertikalt datum, men i et *geodetisk datum*.

MERKNAD 3 - *Høyde* i et vertikalt datum er såkalt "høyde over havet".

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 50 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

VRS

Virtual Reference Station

MERKNAD 1 - Norsk: virtuell (tenkt) *referansestasjon*. Benyttes i forbindelse med tjenester som f.eks. *DPOS* og *CPOS*. Med utgangspunkt i data fra et helt nett av *basestasjoner* for *GNSS* beregnes virtuelle *GNSS*-data for en tenkt *basestasjon*, innenfor det området nettet dekker. For en *rover* vil dette fortone seg som om dataene kom fra en virkelig *GNSS-basestasjon* like i nærheten.

MERKNAD 2 – I denne standarden brukes også termen referanse (fra kontrollsenderet), som er en mer generell betegnelse.

WGS84

World Geodetic System 1984

MERKNAD 1 - *Terrestrisk referansesystem* utviklet av forsvarsdepartementet i USA. Betegner også systemet som *GPS*-satellittene opererer i.

MERKNAD 2 - WGS84(G1150), eller tilsvarende, betyr den realiseringen av WGS84 som ble tatt i bruk i *GPS*-uke 1150, eller tilsvarende. *GPS*-ukene telles fra 1980-01-06.

MERKNAD 3 - WGS84 er ikke alltid blitt definert på samme måte siden det ble tatt i bruk. Er nå (2009) nær knyttet til gjeldende *ITRF*-løsning og avviker noen få cm fra *EUREF89*.

WSKTRANS

WINDOWS - Statens kartverk - transformasjon

transformasjonsprogram hovedsakelig for *transformasjon* mellom *datumer* og *konvertering* mellom *koordinatsystemer*

MERKNAD - Utviklet i Statens kartverk. Transformerer mellom horisontale *koordinater* i *EUREF89*, ED50 og *NGO1948* og mellom høyder i *EUREF89* og *NN1954*.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 51 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Engelsk register:

baseline	vektor
base station/reference station	basestasjon
carrier phase measurements	fasemåling
code	kode
cycle slips	fasebrudd
differential positioning	differensiell posisjonsbestemmelse
initialisation	initialisering
kinematic positioning	kinematisk posisjonsbestemmelse
multipath interference	flerveisinterferens
obtain position (USA: positioning)	posisjonsbestemmelse
phase measurements	fasemåling
positioning	posisjonsbestemmelse(stedfesting) eller posisjonering
pseudorange measurements	kodemåling
pseudorange	pseudoavstand
real-time	sanntid
real-time kinematic (RTK)	RTK
reference station/base station	basestasjon
relative positioning	relativ posisjonsbestemmelse
rover	rover (tidligere: mobil satellitmottaker)
single point positioning	enkelpunktbestemmelse
Virtual Reference Station	virtuell referansestasjon

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 52 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Tillegg B (normativt) - Etablering av nye fastmerker

Følgende retningslinjer gjelder for etablering av fastmerker som skal måles med satellittmottaker:

Egnethet

Stedet må være egnet for observasjon med satellittmottaker.

Dette innebærer at det må være god horisont sett fra fastmerket (ideelt sett ingen hindringer mer enn 15 grader over horisonten). Videre bør det være mest mulig fritt for vegetasjon i nærheten av fastmerket, og det må ligge i god avstand fra bygninger.

Forstyrrende støykilder i nærheten av fastmerket bør unngås hvis det er mulig (radiosendere, transformatorer, høyspentlinjer e.l.).

Varighet

Målepunktet må gis en varig og stabil markering med et entydig senter.

Bolter i fast fjell er å foretrekke (unngå om mulig bolt i stein og søyler/rør i løsmasser). Det må ikke være planer om utbygging eller nedfylling som kan ødelegge fastmerket i overskuelig fremtid.

Identifiserbarhet

Fastmerket bør være påført identitet for sikker identifisering.

Dette innebærer at bolter som brukes, må ha varig merket navn, bokstaver (som forkortelser), tall eller tegn synlig for den som senere skal oppsøke fastmerket og kunne identifisere det.

Nye grunnlagspunkter bør gis nummer i henhold til Standard Geografisk informasjon *Fastmerkenummerering og fastmerkeregister*.

Tilgjengelighet

Et fastmerke bør være lett tilgjengelig fra kjørbare vei, ha hensiktsmessig beliggenhet for gjennomføring av målearbeid og være lett å finne. Det er fordelaktig med kortest mulig gangavstand/-tid.

Informasjon om fastmerker

For alle nye fastmerker skal det utarbeides en punktbeskrivelse som tilfredsstillende punkt 36 i underkapittel 5.1.1 i standarden *Fastmerkenummerering og fastmerkeregister*, versjon 2.2, desember 2009. For øvrig skal det gis så mye informasjon om hvert fastmerke at de obligatoriske opplysningene i nevnte underkapittel 5.1.1 blir tilfredsstilte.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 53 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Tillegg C (normativt) - Mal for rapportering

I denne malen har man forsøkt å gi rom for alle relevante opplysninger.

Det er en viss forskjell mellom denne malen og malen i Standard Geografisk informasjon *Grunnlagsgnett*.

Det vil for de ulike målemetoder kun være nødvendig å ta med aktuell dokumentasjon.

Dersom ikke annet er bestemt av oppdragsgiver, skal det legges ved resultatfiler (ASCII) fra vektorberegning og prosjektfiler fra utjevningsprogram. Koordinater leveres på *SOSI*-format eller annet avtalt filformat. Rapporten skal dateres og underskrives.

For hvert enkelt fastmerke som er innmålt i et måleprosjekt, bør rapporten minst inneholde den obligatoriske informasjonen som er beskrevet i underkapittel 5.1.1 i standarden *Fastmerkenummerering og fastmerkeregister*" versjon 2.2, desember 2009.

1 GENERELT

- 1.1 Oppdragets nummer og navn. Dato for tilbud og kontrakt/avtale.
- 1.2 Oppdragsgiver (adresse, prosjektleder og Geovekst-parter).
- 1.3 Oppdragstaker (adresse og fagansvarlig).
- 1.4 Benyttede underleverandører (adresse og fagansvarlig).
- 1.5 Eventuell lagring av observasjoner og koordinater på EDB hos oppdragstaker.
- 1.6 Antall eksemplarer av rapporten og oppbevaringssted.
- 1.7 Kopi av bestillingsskjema med bilag og kartutsnitt.
Grunnlagspunktene skal være avlagt på kartutsnittet, og kartutsnittet skal være påført målestokk samt inneholde signatur og dato.

2. GEODETISK REFERANSE

- 2.1 Kartprojeksjon:
Akse/soner:
Sentralmeridian:
- 2.2 Horisontalt datum:
Vertikalt datum:
Type høyde (ellipsoidisk, ortometrisk):
- 2.3 Grunnlagspunkter i grunnriss:
- 2.4 Grunnlagspunkter i høyde:
Det skal angis hvilke punkter som er benyttet i horisontalt og vertikalt grunnlag.
Nøyaktigheten til grunnlagspunktene skal dokumenteres med en utlissing fra fastmerkeregisteret og eventuelt beregningsriss.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 54 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

3 FELTARBEIDET

- 3.1 Opplysninger om hvem som har utført feltarbeidene (planlegging, utsetting av punkter og måling) og tidsrommet for utførelsen.
- 3.2 Benyttet måleutstyr med instrumentnummer. Eventuelle kalibreringsdata for satellittmottakerne skal følge vedlagt.

Det skal angis om kontroll av treføtter er utført.

Måling av instrumenthøyde før og etter observasjonene. Hvor det er målt på antennen. Alle antenner orientert mot samme himmelretning under målingene. Flere oppstillinger i samme punkt.

- 3.3 Antall punkter som er bestemt.
- 3.4 Målemetode og måleprosedyre for innmåling (måletid pr. vektor, korrelerte eller uavhengige vektorer, geometri under måling). Måleperioder (dato, klokke, antall tilgjengelige satellitter). Eventuell nettsimulering.
- 3.5 Merking av punktene (bolt/rør). Eventuell angivelse av påslått nummer.
- 3.6 Vanskeligheter under planlegging og måling:
 - Eventuelle feil i grunnlagspunktene
 - Problemer med å gjenfinne grunnlagspunkter
 - Ryddingsarbeider osv.
 - Atmosfæriske forhold
 - Andre forhold
- 3.7 Nymåling av eldre punktgrunnlag skal dokumenteres ved tallmessig sammenlikning av nye og gamle koordinatverdier for identiske punkter.

4 BEREGNING

- 4.1 Opplysning om hvem som var ansvarlig/utførte beregningene.
- 4.2 Benyttet programvare, versjon og moduler.
- 4.3 Fremgangsmåte ved beregning av satellittobservasjoner.
- 4.4 Statistiske tester - beregningsrekkefølge og hva som testes.
- 4.5 Kommentarer til beregning i grunnriss.
- 4.6 Kommentarer til beregning i høyde.

5 TRANSFORMASJON

- 5.1 Opplysning om hvem som var ansvarlig/utførte beregningene.
- 5.2 Benyttet programvare, versjon og moduler.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 55 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

5.3 Transformasjonstype.

5.4 Plott av fellespunkter og transformerte punkter.

5.5 Utskrift av beregning av transformasjonsparametre med restfeil og transformerte punkter. Utskriften skal vise fellespunktene koordinater/høyder i begge systemer.

6 RESULTAT

6.1 Sortert koordinatliste for grunnlagspunkter.

6.2 Sortert koordinatliste for nye punkter og nybestemte punkter. Ligger oppdraget nær et sonedele, skal koordinatene oppgis i begge soner etter avtale med oppdragsgiver.

7 VEDLEGG TIL RAPPORTEN

7.1 Fullstendig utskrift av resultatet fra vektorberegning. Dersom utskriften blir omfattende, kan den leveres på diskett/CD. Dokumentasjon av polygon Slutninger eller dokumentasjon av fri utjevning i vektorberegning program.

7.2 Grunnriss

7.2.1 Fullstendig utskrift (signifikante og ikke-signifikante grovfeil) av resultatet etter grovfeilsøking (med opplysninger om eventuelle kasserte observasjoner).

7.2.2 Utskrift av resultatet fra test av grunnlaget med test av endringer.

7.2.3 Utskrift av resultatet av indre og ytre pålitelighetsanalyse.

7.2.4 Utskrift av resultatene fra nettberegningen. Standardavvik på vektenhet, utjevningstilleggene samt nypunktene standardavvik i grunnriss angis. Estimert målestokk og rotasjon skal dokumenteres.

7.3 Høyde

7.3.1 Fullstendig utskrift (signifikante og ikke-signifikante grovfeil) av resultatet etter grovfeilsøking (med opplysninger om eventuelle kasserte observasjoner).

7.3.2 Utskrift av resultatet fra test av grunnlaget med test av endringer.

7.3.3 Utskrift av resultatet av indre og ytre pålitelighetsanalyse.

7.3.4 Utskrift av resultatene fra nettberegningen. Standardavvik på vektenhet, utjevningstilleggene samt nypunktene standardavvik i høyde angis. Estimerte loddavvikskomponenter skal dokumenteres.

7.4 Utskrift av datumsparametre.

7.5 Utskrift av instrumentparametre.

7.6 Skisser/punktbeskrivelse for nye punkter.

Kopi av grafisk oversikt.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 56 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Tillegg D (informativt) - Eksempel på målebok/loggbok

Prosjekt:			
Mottakertype:			
Mottaker nr.:	Antenne nr.:		
Stasjon:			
Navn:	Punktnummer:		
Bolthøyde:	Bolttype:		
Målesesjon:			
Starttid:			
Stopptid:			
Antennehøyde før:
Antennehøyde etter:
Med forskyving:	-	=
Referansepunkt på antenne for antennehøyde:			
Antenneradius:			
Antenne mot nord?			
GDOP/PDOP start:	GDOP/PDOP slutt:		
Satellitter start:	Satellitter slutt:		
Antall epoker:			
Antall fasebrudd:	(L1)	(L2)
Observatør:	Dato:		
Merknader/skisse:			

Antennehøyden skal måles til 3 forskjellige steder, jevnt fordelt langs antennens ytterkant. Punktbeskrivelsen rettes hvis det oppdages feil eller mangler i den.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 57 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Tillegg E (informativt) - Spesielt om bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse

Antennehøyde

Feil antennehøyder fører til feil høyder på punktene. I punkter med kun én oppstilling er det ikke mulig å oppdage slike feil. Omhyggelig måling og registrering av antennehøyder som beskrevet i underkapittel 8.2.2 er derfor svært viktig. Flere oppstillinger i hvert punkt vil også øke påliteligheten.

Troposfærekorreksjon

Radiobølgene fra satellitter til jorden påvirkes av troposfæren. Det kan korrigeres ved å benytte passende troposfæremodell ved beregning av vektorene (Hopfield, Saastamoinen, m.fl.). Umodellerte effekter gjør seg mye sterkere gjeldende i høyde enn i grunnriss. I enkelte beregningsprogram er det mulig å estimere forbedringer til standardmodellen. En slik fremgangsmåte krever lang observasjonstid og må brukes med en viss forsiktighet, fordi forbedringene er korrelerte med høydeforskjellene mellom punktene. Praktisk erfaring har vist at man ved høydebestemmelse må være forsiktig med å bruke lange vektorer og vektorer mellom punkter med stor høydeforskjell.

Referanseflater

Høydeforskjeller målt med satellittmetoder refererer seg til en ellipsoide. Til de fleste praktiske formål ønsker man ortometriske høyder, som refererer seg til referanseflaten i NN1954. Korrigert for landhevingen har NN1954 tilnærmet samme forløp som geoiden. For å bestemme høyder til praktisk bruk i Norge må de satellittmålte høydeforskjellene korrigeres, slik at de refererer seg til NN1954.

Estimering av loddavvik

I en høydeutjevning kan helningsvinkelen mellom ellipsoiden og den benyttede høydereferanseflate (f.eks. NN1954) innføres som ukjent. Helningsvinkelen dekomponeres i østlig loddavvik og nordlig loddavvik, som innføres som tilleggsukjente i utjevningen. En slik fremgangsmåte betinger et godt høydegrunnlag, spesielt i ytterkanten av området. Det kreves minimum 4 grunnlagspunkter. Man bør for øvrig knytte seg målemessig til høydegrunnlag minst for hver 5. km. Til formål som krever stor nøyaktighet, er kun nivellerte fastmerker egnet som høydegrunnlag.

For større områder kan det estimeres flere loddavvikspar, men dette krever bedre høydegrunnlag, og må brukes med forsiktighet. I områder med relativt flatt terreng er det i de fleste tilfeller tilstrekkelig med ett loddavvikspar. I områder med store høydeforskjeller er det ofte nødvendig med en oppdeling, fordi geoiden kan ha et noe uregelmessig forløp. Bruk av satellittmetoder til høydebestemmelse i slike områder kan være problematisk.

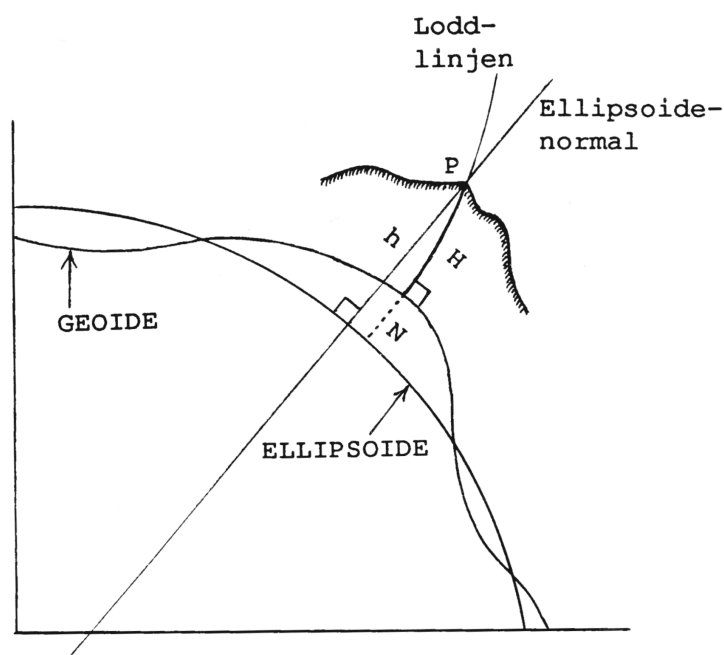
Ved mindre beregninger, f.eks. bestemmelse av enkeltpunkter, kan man sette inn loddavvik som er estimert i en tidligere større beregning for samme område. Denne metoden kan også brukes ved høydebestemmelse i sanntid. Mindre kommuner, f.eks. på Østlandet, vil antakelig kunne benytte ett loddavvikspar for hele kommunen.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 58 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Bruk av høydereferansemodell

En høydereferansemodell modellerer høydeforskjellen mellom GRS80-ellipsoiden og NN1954 på Norges fastland. En slik modell blir bestemt ved å justere NKG-geoiden i forhold til punkter som har både NN1954-høyder og ellipsoidiske høyder. Ennå finnes ingen jevn og landsdekkende forekomst av fastmerker med høyde i begge høyde-systemene, og kvaliteten på modellen er derfor varierende. I områder langt fra slike fastmerker må modellen brukes med forsiktighet, fordi kvaliteten er usikker. Modellen kan brukes til å korrigere satellitmålte høydeforskjeller slik at de refererer seg til NN1954. I områder med uregelmessig geoidforløp og/eller svakt høydegrunnlag har metoden vist seg å være bedre egnet enn estimering av loddavvik. Korreksjonene beregnes ved interpolasjon, og nøyaktigheten vil derfor være avhengig av avstanden til grunnlagspunktene. Denne metoden kan også tenkes brukt ved RTK-måling.

Statens kartverk bestemmer nye justeringspunkter og gir ut nye høydereferansemodeller etter behov. Pr. desember 2009 brukes href2008a.



Figur E.1 Sammenhengen mellom geoid og ellipsoide

Figuren viser geoiden, ellipsoiden og et punkt P på jordoverflaten.

h: Høyde over ellipsoiden (langs ellipsoidnormalen)

H: Høyde over geoiden, ortometrisk høyde (langs loddlinjen)

N: Geoidhøyde

Sammenhengen mellom h, H og N er gitt ved $h = H + N$.

<i>Statens kartverk, Geodesidivisjonen</i>	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 59 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Tillegg F (informativt) - Litteratur og aktuelle Internetsider

I tillegg til dokumentene nevnt i kapittel 2 Referanser, er følgende lover, forskrifter m.v. viktige som bakgrunn for Standard Geografisk informasjon *Satellittbasert posisjonsbestemmelse*:

Signalloven av 1923.

Internasjonal standard ISO 19111:2007 *Geographic information – Spatial referencing by coordinates*".

Standard Geografisk informasjon *Norges offisielle høydesystemer og referansenivåer* [H], versjon 2.1, desember 2009.

Standard Geografisk informasjon *Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon [SOSI]*, del 1-4.

Manual med beskrivelse av SOSI-format.

Standard Geografisk informasjon *Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodatastandarden)* [G], 2002.

Standard Geografisk informasjon *Plassering og beliggenhetskontroll*, 2002.

Statens kartverk: *Retningslinjer for innføring av EUREF89*. Geovekst-veiledningsperm, kapittel 16, 2002.

Statens kartverk, Norges Karttekniske Forbund, Rådet for teknisk terminologi: *Ordbok for kart og oppmåling* [O], RTT 57 - 1989.

Radio Technical Commission for Maritime Services, Alexandria, VA, U.S.A. 1994: *Recommended Standards for Differential Navstar GPS-service*, versjon 2.1, RTCM PAPER 194-93/SC 104-STD.

Standardiseringskommissionen i Sverige, 1994: *Satellitbaserad positionsbestämning – GPS – Terminologi*, Svensk standard SS 63 70 01.

Statens kartverk, Geodesidivisjonen	Standard	1
Dokument tittel: Satellittbasert posisjonsbestemmelse	Versjon: 2.1	Side 60 av 60
	Iverksettingsdato: 01.12.2009	

Øvrig litteratur :

- Geodetic Survey Division of Geomatics Canada, 1993/1995: GPS Positioning Guide, A user's guide to the Global Positioning System. GSC, Ottawa, 110 sider.
- B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, 1992/1993: Global Positioning System. Theory and Practice, 326 sider.
- Ola Øvstedal, 1993: GPS-metoder anvendt til landmålingsformål, 35 sider.
- Statens vegvesen Vegdirektoratet, 1998: Oppmåling og kartlegging. Avtalebestemmelser for 1998, 65 sider.
- Günter Seeber, 2003: Satellite Geodesy, Foundations, Methods and Applications. Walter de Gruyter, Berlin-New York, 2nd edition, 2003 . 575 sider.
- Geir Harald Strand og Ola Øvstedal: Bruk av NGO koordinater på håndholdte GPS mottakere, Kart og plan nr.1, 2003. Se Internettside under.

Internettsteder med GNSS-linker og GNSS-informasjon

- Omfattende oversikt over Internettsteder med GNSS-informasjon fra Richard Langley, University of New Brunswick, Canada:
<http://gauss.gge.unb.ca/GPS.INTERNET.SERVICES.HTML>
- GPS-system overview (University of Colorado):
<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>
- Håndholdte GPS-mottakere:
<http://www.gps.no/>
<http://gpsinformation.net/>
- Internettside til IGS (International GPS Service) :
<http://igscb.jpl.nasa.gov/>
- Statens kartverks Internettside for standardisering:
<http://www.statkart.no/IPS/?template=standard>
- Termdatabasen i Statens kartverk:
<http://www.statkart.no/IPS/IPS?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=874>
- Geir Harald Strand og Ola Øvstedal: Bruk av NGO koordinater på håndholdte GPS mottakere, Kart og plan nr.1, 2003:
http://www.nijos.no/Publikasjoner/NGO_GPS.pdf
- Internettside til SATREF :
<http://www.satref.no/>
- Internettside til ”ionosfæreværvarsling” :
<http://www.sec.noaa.gov/today.html>