

PM

Krav avseende beräkning och redovisning i beräkningstjänsten utifrån SIS-TS och BVS

1 Sammanfattning

Detta PM är en del i Trafikverkets forsknings- och innovationsprojekt (FOI) ”Stomnät i luften för anläggningsprojekt” och redogör för Trafikverkets önskemål vid Lantmäteriets framtagning av en ny beräkningstjänst för statiska GNSS-observationer.

Vid etablering av anslutningsnät i plan med satellitbaserad teknik ska inom Trafikverket kraven enligt SIS-TS 21143:2009 för vägprojekt och BVS 1584.10 för järnvägsprojekt följas och eventuella avsteg dokumenteras. För att uppfylla dessa krav är det önskvärt att den projektanpassade beräkningstjänsten följer dessa regler där det är möjligt. Den resultatrapport som ska genereras från beräkningstjänsten bör vara så pass bra att den går att använda direkt som en del i dokumentationen för etableringen av anslutningsnätet. Rapporten bör därför företrädesvis bestå av en huvuddel, där information snabbt kan fås om resultat, kvalitet och kriterier för beräkningarna, och bilagor med utförligare beräkningsresultat och kvalitetsinformation. Det ska vara möjligt att i resultatrapporten följa den beräkningsgång som använts samt tydligt kunna utläsa de fördefinierade kriterier och gränsvärden som satts i den projektanpassade beräkningstjänsten.

Den projektanpassade beräkningstjänsten måste även kunna utföra beräkningar och presentera resultat då mätningar gjorts med lägre noggrannhetskrav än för anslutningsnät.

Upprättad av: Helena von Malmborg, WSP Samhällsbyggnad

Stockholm 2011-06-07

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	1
2	Bakgrund.....	3
3	Projektanpassad beräkningstjänst för anslutningsnät i plan.....	3
4	Uppladdning och granskning av indata.....	4
4.1	Gränssnitt vid uppladdning	4
4.2	Granskning.....	4
5	Beräkning.....	4
5.1	Beräkning av initialkoordinat	5
5.2	Baslinjeutjämning och kontroller av baslinjer	5
5.3	Fri utjämning.....	6
5.4	Inpassning av fri utjämning	6
5.5	Koordinatberäkning genom utjämning och inpassning med kända utgångspunkter.....	7
5.6	Beräkning av lutande längder mellan nypunkter	7
6	Redovisning	7
6.1	Projektinformation	7
6.1.1	Systeminformation	7
6.1.2	Projektspecifik information.....	7
6.1.3	Information om indata.....	7
6.2	Koordinatlistor	8
6.3	Nätkarta.....	8
6.4	Baslinjeberäkning	8
6.5	Nätutjämning.....	8
6.5.1	Fri utjämning och inpassning.....	8
6.5.2	Fast utjämning och inpassning.....	9
6.6	Beräkning av baslinjer mellan punktpar	9
7	Slutsatser och förslag på fortsatt utveckling	10
8	Referenser	10

2 Bakgrund

Vid etablering av anslutningsnät med ProjektAnpassat Nätverks-RTK (PA-NRTK) används idag inom Trafikverket Lantmäteriets beräkningstjänst för efterberäkning av statiskt mätta observationer. Beräkningstjänsten bygger på korrekationer från Lantmäteriets nationella referensstationsnät, SWEPOS. Den befintliga beräkningstjänsten bygger på Bernese GPS Software och beräknar koordinaterna för en nypunkt baserat på multistationsutjämnning. Då behov finns att bestämma koordinater för mindre anslutningsnät har Lantmäteriet utrett möjligheten att byta ut Bernese GPS Software mot Leica Geo Office (LGO). Jämförelsen har visat att LGO förbättrar kvalitén på punkterna jämfört med Bernese, speciellt för korta mättider (Jämnäs, 2009). LGO baseras även på baslinjebereäkningar vilket föreskrivs i Trafikverksdokumentet för geodetiska mätningar vid järnvägsanläggningar, BVS 1584.10.

I Trafikverkets FOI-projekt "Stomnät i luften för anläggningsprojekt" ingår uppdraget att ta fram en ny beräkningstjänst baserad på LGO istället för Bernese GPS Software. Framtagandet av den nya beräkningstjänsten leds av Lantmäteriet som utvecklar och administrerar även dagens beräkningstjänst. I och med bytet av beräkningsmotor finns möjlighet till ytterligare förändringar i tjänsten. Trafikverket har därför önskemålet att den nya tjänsten ska, där det är möjligt, följa de krav på beräkning och redovisning vid etablering av stomnät med satellitbaserad teknik som ställs i den tekniska specifikationen från Swedish standard institute, Byggmätning - Geodetisk mätning, beräkning och redovisning vid långsträckta objekt, SIS-TS 21143:2009, och BVS 1584.10.

Syftet med detta dokument är att beskriva de krav som finns i SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10 och avseende beräkning och redovisning vid etablering av stomnät samt de önskemål Trafikverket har kring användargränssnittet av beräkningstjänsten som underlag för Lantmäteriets utvecklingen av den nya projektanpassade beräkningstjänsten. Dokumentet pekar på de avsteg från SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10 som kommer att göras vid användning av den nya beräkningstjänsten LGO som beräkningsmotor. Beräkningstjänsten måste även kunna användas där lägre krav finns än vid etablering av anslutningsnät. Det här dokumentet fokuserar dock till kraven enligt SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10. Ingen värdering är heller satt till om kraven borde vara högre ställda.

3 Projektanpassad beräkningstjänst för anslutningsnät i plan

Vid etablering av anslutningsnät i plan med satellitbaserad teknik inom Trafikverket ska kraven enligt SIS-TS 21143:2009 för vägprojekt och BVS 1584.10 för järnvägsprojekt följas och eventuella avsteg dokumenteras. För att kunna uppfylla detta är det önskvärt att den projektanpassade beräkningstjänsten följer kraven i dessa två regelverk där det är möjligt. Önskemålen på beräkningstjänsten berör kontroll av indata, beräkningsgång och dokumentation samt vidare önskemål med att kunna integrera befintliga koordinater och traditionellt mätta höjder och längder i beräkningen.

Den projektanpassade beräkningstjänsten kommer att användas vid etablering av anslutningsnät i plan men även vid beräkning av andra mätningar. Beräkningstjänsten måste därför vara anpassad för flera typer av beräkningstillfällen. En lösning på detta kan vara att antingen i beräkningstjänsten välja typ av beräkning

med olika krav på indata och beräkningskriterier eller att de krav som finns i SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10 för anslutningsnät i plan inte sätts som fasta kriterier för att beräkningen ska få utföras utan som värden där varning ges om kraven inte är uppfyllda.

4 Uppladdning och granskning av indata

4.1 Gränssnitt vid uppladdning

På SWEPOS hemsida bör information ges om hur beräkningarna går till och om det finns satta kriterier för indata och beräkningar. Vilken data som ska/kan laddas upp och vilken information som måste finnas med i filerna. Det bör även finnas information om hur man mäter antennhöjder och att de är rätt specificerade i filerna samt länkar till externa sidor som t.ex. NGS för vidare information om olika antenner.

Filerna bör kunna kontrolleras innan de skickades upp för att få en enkel och snabb process. Vid en snabb respons på att information saknas eller är ofullständig kan informationen snabbare åtgärdas än det skulle ta om man behöver vänta på ett fullständigt resultat.

Information bör även ges om möjligheten till att ladda upp egna kända punkter och hur de används vid beräkningen om det är vid utjämningen eller för kontroll.

4.2 Granskning

För att uppfylla kraven på beräkning och redovisning är det önskvärt att den projektpassade beräkningstjänsten utför en granskning av indata för att verifiera att de data som ska används vid beräkningen uppfyller de ställda krav i SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10 för planering och mätning. Om indata inte är fullständigt behöver ingen beräkning utföras utan användaren får direkt information om vad som saknas och kan åtgärda detta utan att behöva vänta på det felaktiga beräkningsresultatet.

Granskningen av data bör kontrollera att:

- använda antenner finns med i LGO med fabrikat, typ och kalibrering
- korrekt angivna antenninställningar finns
- punktnamn finns
- ungefärliga koordinater finns

Vid beräkning för etablering av anslutningsnät bör det även kontrolleras att:

- mätningarna är gjorda samtidigt
- alla mätningar är mot minst fem satelliter
- mättiden är minst 120 minuter, annars borde en varning ges.
- elevationsgränsen är lägst 10 grader

5 Beräkning

Beräkning ska enligt BVS 1584.10 utföras enligt SIS-TS 21143:2009 med följande tillkommande krav:

- Beräkning av initialkoordinater för startpunkt ska utföras enligt HMK-Ge:GPS.6.1.
- Baslinjer ska beräknas och utvärderas var för sig.
- Kriterier för godkännande av baslinjer för aktuell version av använd programvara ska redovisas
- Alla baslinjer ska vara bestämda med godkänd fixlösning.

Sammanställs kraven för beräkning av stornät med satellitbaserad teknik i SIS-TS 21143:2009 6.1 och BVS 1584.10 8.2 bör beräkningen av stornätet utföras med minsta kvadrat metoden för hela stornätet och i följande steg:

- Beräkning av initialkoordinater för startpunkt
- Baslinjeutjämning och kontroller av baslinjer
- Fri utjämning
- Inpassning av fri utjämning
- Koordinatberäkning genom utjämning och inpassning med kända utgångspunkter.

Enligt SIS-TS 21143:2009 6.1 ska HMK-Ge:GPS andra utgåvan användas för formler och felgränser, där HMK-Ge:GPS tabell 6.1 ska användas för beräkning av medelfel vid utjämning och utvärdering och HMK-Ge:GPS bilaga A för felgränser.

Nedan beskrivs de olika beräkningsstegen med avseende på de krav som finns i SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10 avseende beräkning vid etablering av anslutningsnät samt de avsteg som kommer att göras vid användningen av den nya projektanpassade beräkningstjänsten.

5.1 Beräkning av initialkoordinat

Beräkning av initialkoordinater ska utföras enligt HMK-Ge:GPS.6.1. Då koordinaterna för de kända punkterna är i SWEREF 99 behövs inte denna beräkning. (BVS 1584.10)

5.2 Baslinjeutjämning och kontroller av baslinjer

Baslinjer ska beräknas och utvärderas var för sig, vilket är möjligt i LGO som bygger på baslinjeutjämning. Alla baslinjer som används i den fortsatta beräkningen ska vara bestämda med en godkänd fixlösning. De kriterier som används i beräkningstjänsten måste redovisas. (BVS 1584.10 8.2)

Baslinjer ska alltid beräknas mellan intilliggande nypunkter, intilliggande risknätspunkter och mellan riksnätspunkter och nypunkter. (BVS 1584.10 bilaga C1)

I LGO sätts ett antal parametrar med kriterier för hur data ska behandlas. Periodobekanta för en baslinje kan bara bli lösta om kod och fasmätningarna har kunnat bearbetas samt att baslinjens längd inte överstiger den i beräkningstjänsten definierade maxlängden.

De baslinjer som inte har en tillfredställande lösning ska inte tas med i den fortsatta beräkningen utan ska tas bort. En kontroll bör utföras för att verifiera att nätet fortfarande har en fullgod baslinjekonfiguration innan fortsatt beräkning görs.

Samtliga baslinjer som tas bort måste redovisas i resultatrapporten från beräkningstjänsten

Mätningen ska enligt SIS-TS 21143:2009 6.1 alltid utföras i minst två sessioner och beräkningen ska utföras sessionsvis och kontrolleras mellan sessionerna genom dubbelmätta baslinjer och slutningsfel i slingor.

BVS 1584.10 8.2 tar upp svårigheterna att vid flera mottagare mäta och beräkna i sessioner enl. HMK-Ge:GPS och tillåter därför att mottagare flyttas under dagen och att varje dag beräkningsmässigt räknas som en egen dag

Ett avsteg från sessionsvisa beräkningar kommer att göras då beräkningstjänsten inte tillåter uppladdning och kontroll av flera sessioner. Genom att ha långa mättider på minst 120 minuter kan man göra ett avsteg från kontrollen mellan sessioner. Om fel upptäcks i beräkningarna finns, om man har långa mättider, möjligheten att i efterhand dela upp mätningen i två sessioner och utföra beräkningarna manuellt för att hitta felet. Ett krav vid beräkningen för anslutningsnät bör därför vara att mätningarna ska vara mer än 120 minuter.

5.3 Fri utjämning

Fri utjämning ska utföras efter baslinjeberäkningen för att kontrollera eventuella grova fel. Vid utjämningen ska endast de godkända baslinjerna från baslinjeutjämningen tas med. (SIS-TS 21143:2009 6.1)

Vid utjämningen ska formlerna i HMK-Ge:GPS tabell 6.1 användas för standardviktsättningen för beräkningen av a priori medelfel vid utjämningen. Felgränserna för de standardiserade förbättringarna anges i HMK-Ge:GPS.A.2 (SIS-TS 21143:2009 6.1)

Observationer som är förenade med grova fel ska tas bort succesivt och viktning av medelfelsparametrar ska anges. Observationerna som tas bort ska undersökas hur de påverkar nätet och observationernas k-tal. Samtliga observationer som tas bort ska redovisas med anledningen till felet. (SIS-TS 21143:2009 6.1)

I LGO kontrolleras nätet genom statistiska tester, s.k. F-testet och W-testet. F-testet testar modellen i sin helhet och null-hypotesen medan W-testet kontrollerar om det finns grova fel i de enskilda observationerna genom metoden datasnooping. Från utjämningen fås även standardiserade residualer. Se Koch 1999 för beskrivning av de statistiska testerna.

5.4 Inpassning av fri utjämning

Inpassning utförs av den fria utjämningen mot de kända punkterna efter att alla grova fel har tagits bort. Inpassningen görs för att kontrollera deras inbördes riktighet. (SIS-TS 21143:2009 6.1)

Kända punkter som tas bort från fortsatt beräkning ska tas med i redovisningen.

Punkterna bör kontrolleras med avseende på grundmedelfel, skala, vridning och passfel. Inpassningen bör få bättre värden än de som anges i HMK-Ge:GPS tabell 6.2.

5.5 Koordinatberäkning genom utjämning och inpassning med kända utgångspunkter.

För beräkning av definitiva koordinaterna görs utjämningen med kända utgångspunkter, som kontrollerats vid den fria utjämningen, och sedan en slutgiltig inpassning. Endast godkända mätningar ska tas med i beräkningen. (SIS-TS 21143:2009 6.1)

5.6 Beräkning av lutande längder mellan nypunkter

Lutande längder mellan punkterna i ett punktpar ska beräknas utifrån den fasta utjämningen och inpassningen. Informationen används som underlag för att jämföra de satellitmätta baslinjerna med kontrollmätningar som utförs med totalstation.

6 Redovisning

Resultatrapporten från beräkningen gjord i beräkningstjänsten är en del av den rapport för hela etableringen av stornätet och bör därför vara så pass bra att den går att använda direkt som en bilaga. Resultatrapporten ska det därför vara enkel att hitta resultat och följa den beräkningsgång med de i beräkningstjänsten fördefinierade parametrar och gränsvärden. Rapporten ska även innehålla information om programvaran, datum etc.

6.1 Projektinformation

Projektinformationen för den utförda beräkningen ska redovisa om system och dess versioner, projektspecifik information som datum, tid, beställare etc. samt information om indata i form av indatafiler, antenninformation och använda SWEPOS-stationer.

6.1.1 Systeminformation

Systeminformationen ska innehålla information om beräkningstjänsten och version.

- Version av beräkningstjänsten
- Programvara och version av beräkningsmotor (LGO)

6.1.2 Projektspecifik information

Den projektspecifika informationen ska hantera information om den specifika beräkningen:

- Vilken anpassning (område) beräkningstjänsten används för
- Jobb id
- Datum och tid
- Beställare

6.1.3 Information om indata

Information om indata ska redovisas.

- Indatafiler

- Punktnamn
- Mättider
- Antenninformation (typ, höjd, kalibrering)
- bandatafiler

6.2 Koordinatlistor

Koordinatlistor ska finnas för både för de nya punkterna och för utgångspunkterna i SWEREF 99 som geocentriska kartesiska koordinater (N, E, H) och geodetiska koordinater. I de fall RT90 är projektets referenssystem ska även koordinater i RT 90 och höjd i RH70 anges.

Information om referens- och höjdsystem samt punktnummer måste finnas med.

6.3 Nätkarta

Nätkarta från LGO som visar nätets konfiguration innehållande samtliga beräknade och godkända baslinjer. Nätkartan ska genom olika symboler skilja på kända och nya punkter. Nätkartan ska innehålla norrpil.

Till kartan bör en text läggas till som beskriver att det är en nätkarta.

6.4 Baslinjeberäkning

I resultatrapporten ska en beskrivning finnas med satta parameterinställningar för hur data behandlas samt de kriterier och gränsvärden som finns för godkännandet av baslinjerna i den version av beräkningstjänsten och LGO som används.

Rapporten ska ange vilken utgångspunkt i SWEPOS-nätet som används för baslinjeberäkningarna.

De baslinjer som inte får en fixlösning, på grund av att kod- och fasmätningen inte har bearbetats eller att längden på baslinjen är längre än den maxlängd som är fördefinierad i beräkningstjänsten, tas inte med i den fortsatta beräkningen och ska därför redovisas i rapporten med information om baslinjen och mätningen mellan stationerna.

Samtliga baslinjer som tas med i beräkningen ska presenteras i appendix med hänvisning i rapporten. All information i baslinjeberäkningsöversikten kan tas med.

Information ska ges att nätet fortfarande har god baslinjekonfiguration.

6.5 Nätutjämning

Information ska ges anges om vilka kriterier som används vid beräkningen samt vilka gränsvärden som är satta för att godkänna observationer.

6.5.1 Fri utjämning och inpassning

Resultatet från den fria utjämningen och inpassningen mot kända punkter ska framförallt ge en kontroll av mätdata och kända punkter. Rapporten måste ge en information om det kan finnas grova fel i mätningarna. En beskrivning av de test som utförs med information om vad de betyder och vilka gränsvärden som är satta måste finnas.

Rapporten av den fria utjämningen bör innehålla:

- viktning av medelfelsparametrar
- standardiserade förbättringar eller residualer
- resultat av sökningen av grova fel
- redovisning av samtliga baslinjer som tas bort

Redovisningen av den fria utjämningen ska ange vilken viktning av medelfelsparametrarna. Viktningen ska vara enligt HMK-Ge:GPS tabell 6.1 (SIS-TS 21143:2009 6.1).

Rapporten bör redovisa resultatet från testerna av sökningen för grova fel samt redogöra för hur många baslinjer tas bort och hur många som används i den fortsatta beräkningen. De baslinjer som tas bort ska redovisas med information om mellan vilka punkter baslinjen finns samt vilka kriterier eller gränsvärden som överstegs till grund för att tas bort.

Observationer med grova fel som tas bort ska undersökas avseende nätets och enskilda observationers k-tal. De observationer som tas bort ska redovisas med orsak till borttagandet. (SIS-TS 21143:2009 6.1)

Nätutjämningsrapporten från LGO kan tas med som bilaga.

Inpassning av de fritt utjämnade koordinaterna för SWEPOS-stationerna (eller egna kända punkter när det fungerar) görs på de kända SWEREF99-koordinaterna. Inpassningen görs för kontroll av punkternas inbördes riktighet. Kända punkter som tas bort från de fortsatta beräkningarna ska redovisas. (SIS-TS 21143:2009 6.1)

Punkterna bör kontrolleras med avseende på grundmedelfel, skala, vridning och passfel. Inpassningen bör få bättre värden än de som anges i HMK-Ge:GPS tabell 6.2.

6.5.2 Fast utjämning och inpassning

De definitiva koordinaterna fås vid den fasta utjämningen, med kända utgångspunkter. (SIS-TS 21143:2009 6.1).

Rapporten ska innehålla resultat med (SIS-TS 21143:2009 6.1.1):

- medelfel a priori
- grundmedelfel
- standardiserade förbättringar (eller residualer) enl. A.2 HMK
- medelfel/felellipser
- k-tal

En fullständig redovisning av den fasta utjämningen och inpassningen kan tas med som bilaga.

6.6 Beräkning av baslinjer mellan punktpar

För att möjliggöra en jämförelse med kontrollmätta baslinjer ska rapporten innehålla lutande längderna mellan samtliga parpunkter.

7 Slutsatser och förslag på fortsatt utveckling

Manual/metodbeskrivning bör finnas för hela kedjan, planering, mätning och redovisning, vid etablering av stomnät för Trafikverket, bland annat för att täcka upp för att beräkningstjänsten inte används utan granskning av resultatet. Då den nya projektanpassade beräkningstjänsten, med LGO som beräkningsmotor, ska kunna användas både vid etablering av stomnät samt vid mätningar av enskilda punkter eller nät, där lägre noggrannhetskrav finns, krävs att det finns tydliga riktlinjer för hur tjänsten ska användas. Detta för att förhindra att beräkningstjänsten används på fel sätt så att beräkningarna utförs med för lågt ställda noggrannhetskriterier eller att resultatet tolkas fel så att mätningarna och beräkningen godkänns för vidare användning trots att de ställda kraven i projektet inte blivit uppfyllda.

Beräkningstjänsten bör på sikt kunna byggas vidare med ytterligare funktionalitet för att bättre uppfylla de behov och krav som finns vid beräkningen vid etablering av stomnät. Framförallt finns stora behov av att kunna integrera mätta längder och avvägda höjder i beräkningsprocessen.

Beräkningstjänsten skulle även kunna byggas vidare med möjlighet att utföra sessionsberäkningar och på det sättet kunna utföra kontrollerna av dubbelmätta baslinjer eller slutningsfel i slingor.

8 Referenser

Jämnäs, L. (2009) Utvärdering av testberäkningar – projektanpassade beräkningstjänster vs. LGO, PM, Lantmäteriet, Gävle.

Koch, Karl-Rudolf (1999), Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models, Second updated and enlarged edition.

Lantmäteriet (1993), Handbok till mätningsskugörelsen, Stomnät, HMK:Ge-S

Lantmäteriet (1993), Handbok till mätningsskugörelsen, GPS, HMK:Ge-GPS

Swedish Standards Institute (2009), Teknisk specifikation SIS-TS 21143:2009

Trafikverket, BVS 1584.10. Geodetisk mätning/Järnvägsanläggningar