

Forundersøgelser af potentielt industriområde i Sisimiut

Delopgave: Geodæsi

Vejleder Lars Stenseng



Rigtig god rapport

20. september 2010

Sophie Christine Yatman

Studie nr. S103508

Forord:

Denne rapport er udarbejdet som led i kursus 11821, Forundersøgelser, Arktisk Teknologi. Lars Stenseng, cand.scient., Danmarks Tekniske Universitet, DTU Space, er vejleder. Rapporten beskriver opmålingen af det potentielle industriområde i Sisimiut ved hjælp af GPS. Teorien bag GPS er beskrevet hovedsageligt på baggrund af forelæsninger ved Lars Stenseng(2010).

Sophie Christine Yatman, stud.ing., Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Center for Arktisk Teknologi.

Indholdsfortegnelse:

Forord:	2
1 Teori:.....	3
1.2 NAVSTAR GPS	3
1.3 Kodemåling	3
1.4 Fasemåling	3
1.5 Real Time Kinematic	5
1.6 Geodætisk referencesystem	5
2 Dataindsamling	6
2.1 Statisk faseobservation af hovedpunkter	6
2.2 RTK opmåling af området	7
2.3 Vurdering	9
3 Konklusion	9
4 Referencer:	9

1 Teori:

Global Positioning System (GPS), er dagligdags tale for NAVSTAR GPS, som er det amerikanske militærs satellit navigations system. Dette er en del af Global Navigation Satellite System (GNSS), hvorunder der også findes flere forskellige systemer, såsom GLONASS(russisk), Compas(kinesisk) og Galileo(europæisk). GPS er det mest anvendte system og har både civile og militære brugere verden rundt.

1.2 NAVSTAR GPS er bygget op af 3 segmenter; rum segmentet, kontrol segmentet og bruger segmentet. Rum segmentet er udgjort af satellitterne. Der er 32 i bane om jorden. For at dække hele jorden skal minimum 24 være i brug. Satellitterne er udstyret med 4 atom ure, 2 rubidium og 2 cæsium. Rubidium ure har en meget lille fejl ved korte perioder, sekunder og minutter, mens cæsium ure har en meget lille fejl ved længere perioder, timer og døgn. Kontrol segmentet består af 5 kontrol stationer, som drives af det amerikanske forsvar. Stationerne er placeret spredt på jorden og indsamler data fra satellitterne. Urkorrektioner og baneparametre beregnes og data sendes retur til satellitterne. Bruger segmentet består af en antenne og en modtager, der ud fra signalet fra satellitterne beregner positionen.

Signalerne fra satellitterne udsendes ^{på} **som** bærebølgerne L1 og L2. På disse moduleres navigationssignalet for satellitten og to koder, Coarse/Aquisition (C/A)-koden og Precision (P)-koden, til måling. Positionen kan bestemmes enten ved at måle på koderne eller ved direkte måling på bærebølgen.

1.3 Kodemåling

Ved kodemåling generer modtageren en kopi af koden fra satellitten og ved korrelation mellem de to bestemmes tiden signalet har været undervejs. Afstanden mellem satellit og modtager kan dermed bestemmes som en pseudoafstand, hvor $\text{afstand} = \text{hastighed} \cdot \text{tid} + \text{et antal kodelængder}$:

Da satellitterne kender deres positioner, kan modtagerens position ud fra pseudoafstanden til 3 satellitter beregnes. Der vil dog altid være en urfejl i modtageren, som kan korrigeres ved at tilføje en 4. Satellits pseudoafstand. Der er derfor altid mindst 4 satellitter til bestemmelse af en position. P-koden er forbeholdt det amerikanske militær og er krypteret, dette kaldes Anti Spoofing (AS). C/A-koden er derfor den typisk anvendte. Indtil 1/5 2000 var der på C/A-koden påført en bevidst urfejl, Selective Availability (SA), for at begrænse nøjagtigheden af civil brug af GPS. Udover de genererede fejl er der de naturlige fejlkilder som signalets påvirkning i atmosfæren. Der korrigeres for disse fejl ved modeller. Multipath er en signalreflektion fra omgivelserne, som kan forstyrre det rigtige signal. Unøjagtigheder i navigationsbeskeden, såsom banefejl eller fejl i satellit uret, kan også påvirke præcisionen af positioneringen. Det er disse fejl kontrol stationerne forsøger at opdage og korrigere så hurtigt som muligt.

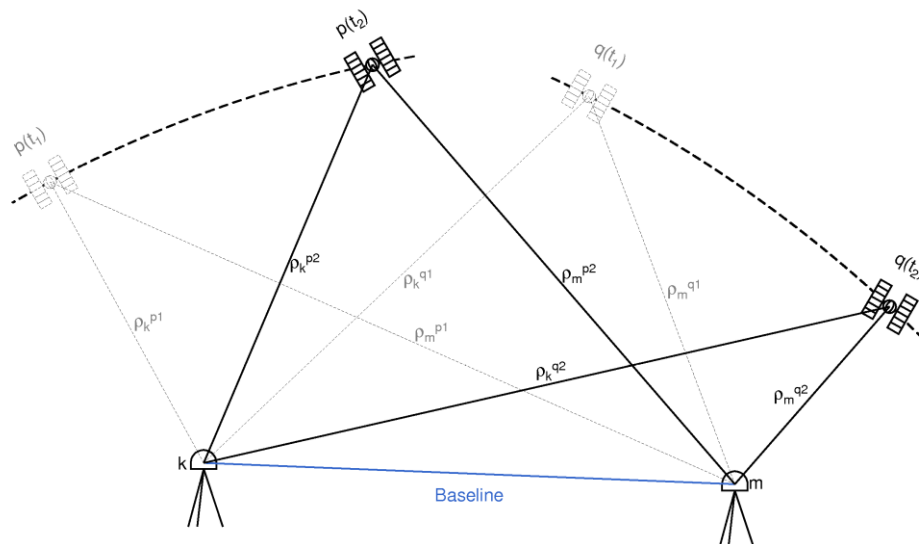
1.4 Fasemåling

For at opnå en højere præcision ved positionering kan der anvendes statisk faseobservation, hvor der måles direkte på en fase af bærebølgen fra satellitten, på denne måde undgår man de genererede fejl og modtager støjen mindskes. Afstanden til satellitten bestemmes som det hele antal bølglængder + fassen af bølgen. For at udjævne fejlkilder opstilles faseobservationsligningen:

Beskriver længden af den modtagne bølge siden målingen startede til tiden t medregnet fejlbidrag.

ρ er den sande geometriske afstand mellem satellit og modtager. N er det hele antal bølgelængder, λ er periodekonstanten. λ er bølgelængden. c er lysets hastighed i vakuum. δ er urfejlen i modtageren. ϵ er satellitturets fejl. δ er satellittens banefejl. δ er afstandskorrektionen for ionosfærefejlen. δ er afstandskorrektionen for troposfæreforsinkelsen. δ Er målt, men ud over c og δ er alle led i ligningen ubekendte.

Periodekonstanten er kun konstant, hvis modtageren ikke på noget tidspunkt mister forbindelsen til satellitten. Hvis dette sker kaldes det cycle-slips. Faseobservationsligningen kan bruges som fundamentalligning, når man udjævner fejlbidrag i GPS målingen. Det gør man ved enkelt-, dobbelt- eller trippeldifferens. Ved enkelt differens har man to modtagere til samme satellit. De to modtagere skal placeres så tæt på hinanden at det er rimeligt at antage, at de passerer gennem de samme vejrfænomener, og derfor kan atmosfærefejlene udlignes. Da det er samme satellit de modtager signal fra, kan satellittens banefejl også udlignes. Og ligeledes satellittens urfejl. Ved dobbelt differens dannes der forbindelse til to satellitter fra to modtagere. Ved at danne to enkelt differenser, en til hver satellit, kan urfejlen i modtagerne udlignes. Ved at måle faseforskellen over et tidsinterval, en epoke, kan der opstilles to dobbelt differenser, ved at subtrahere de to dobbelt differenser dannes en trippeldifferens. Hermed udgår periodekonstanten, da denne er konstant over begge epoker (fig. 1). Der kan dermed opnås meget præcis måling af et punkt ved hjælp af faseobservation. Det kræver dog at modtagerne måler i punkterne over en periode, jo længere jo bedre.



Husk reference på
figur

Figur 1: Forbindelse fra to satellitter til to modtagere over en epoke.

1.5 Real Time Kinematic

Ved opmålingen af det potentielle industri område er anvendt RTK. For at foretage en Real Time Kinematic (RTK) måling, er man nødt til at have en antenne med GPS modtager med mulighed for RTK målinger, og forbindelse til en RTK reference station, som er placeret i et kendt punkt. Grundlaget for RTK er en kinematisk GPS måling, hvor signalet fra reference stationen bruges til at udlede en differentieret position i real tid. Fordelen ved RTK frem for kinematisk måling er en hurtig og præcis positionering, med en fejl på ca. 5cm. Til gengæld er det kun aktuelt at bruge RTK indenfor rækkevidden af nærmeste reference station. I Sisimiut er der placeret en RTK reference station ved Tele hytten. Denne ligger på toppen af en bakke og giver et signal, som dækker det meste af byen, der kan være dårlig forbindelse i nogle dale.

1.6 Geodætisk referencesystem

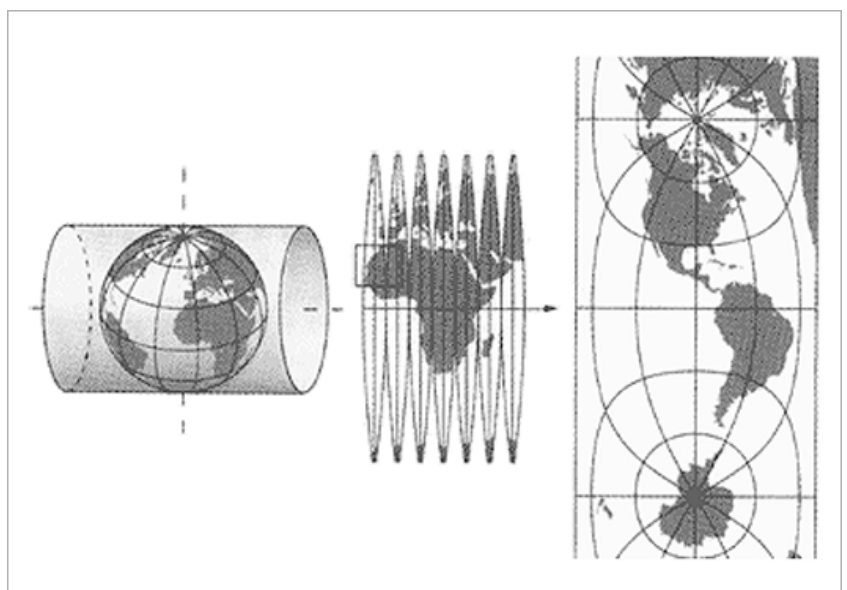
For at kunne bruge GPS positionering til noget, er der nødvendigt at kende det geodætiske referencesystem hvori koordinaterne er opgivet. Det vil sige den måde GPS dataene skal tolkes. Et Geodætisk referencesystem er udgjort af et datum, en kortprojektion og et højdesystem.

Som en model for Jorden anvendes en omdrejningsellipse, da denne ellipsoide ikke er helt sammenfaldende med den egentlige form af Jordens overflade, som er en geoide, er man nødt til at tilpasse den forskellige områder. Denne tilpasning betegnes datum. World Geodetic System 1984 (WGS84) er et eksempel på datum, det er et 3 dimensionalt globalt datum. Det er et jordcenteret system, hvor man har tilstræbt at placere nulpunktet i jordens tyngdepunkt (Jacobi, 1997).

Kortprojektioner beskriver afbildningen af ellipsoiden i et plan. Der findes forskellige måder at projicere koordinater på som for eksempel en kegle projektion eller en cylinder projektion. Det man ønsker med en kortprojektion er at gøre den areal tro, vinkel tro og afstands tro. Alle tre kriterier kan dog ikke opfyldes samtidig og derfor findes der forskellige projektioner alt efter hvilket behov man har. Universal Transverse Mercator (UTM) er en cylinderprojektion, hvor cylinderaksen ligger i ækvator planet. Tværsnittet af cylinderen er dermed en ellipse. Ved at lade ellipsen være lidt mindre end jordellipsoidens meridian, skærer den jordellipsoiden i stedet for at tangere den. I de to steder hvor den skærer, vil projektionen være meget præcis. Bevæger man sig væk fra skæringspunkterne bliver forvanskningen større. Forvanskningen er mindsket ved at bruge 30 cylindere der hver dækker et område, der ligger mellem to meridianer med en indbyrdes vinkelforskel på 6° (Jacobi, 1997). Dette danner 60 zoner som dækker hele Jorden (fig. 2).

Højdesystemet definerer nulpunktet for måling af højden. Lokalt er systemet ofte bestemt ud fra middelvandstanden. Globalt knytter det sig til det benyttede datum, det vil sige højden over den definerede ellipsoide.

Figur 2: UTM cylinder projektion med eksempel på inddelingen i zoner (swisstopo, 2010).

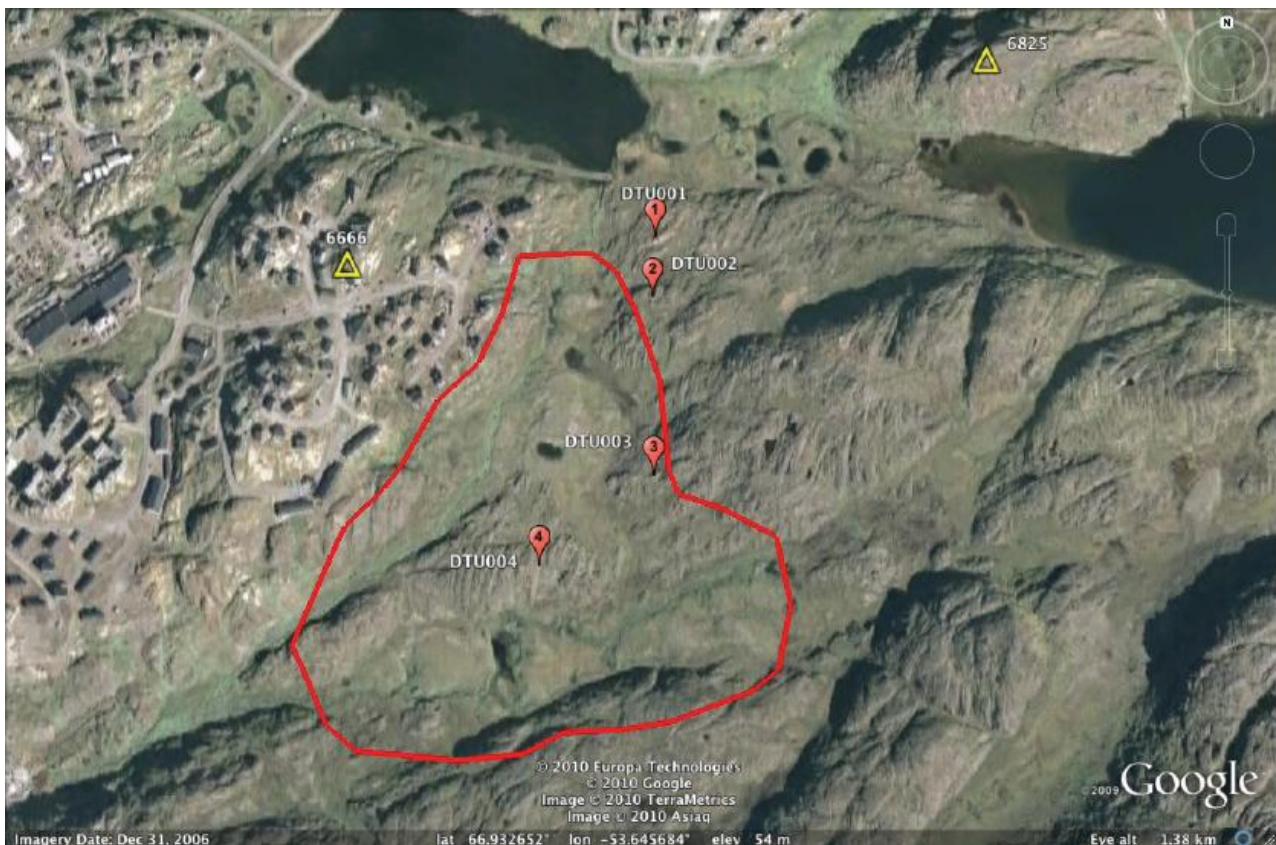


2 Dataindsamling

Formålet med opmålingen af området er at skabe en digital tærren model. For at kunne gøre dette kræves der en grundig dækning af området med punktmålinger der viser position og højde. Den digitale tærren model for området vil blive opstillet på et senere tidspunkt, denne rapport vil kun fremlægge de målte data.

2.1 Statisk faseobservation af hovedpunkter

Der er oprettet 4 hovedpunkter på klippe med godt udsyn over området. Punkterne skal bruges som reference punkter til detailopmåling og afsætning. Disse kaldes DTU001, DTU002, DTU003 og DTU004 (fig. 3). D. 15/9 2010 er der opsat to referencepunkter i kendte GR96 koordinater, 6666 og 6825. Der er ved statisk måling målt på de 4 hovedpunkter i ca. 45min. Punkterne er målt i UTM zone 22N, WGS84 datum og med højden angivet i ellipsoide højde.



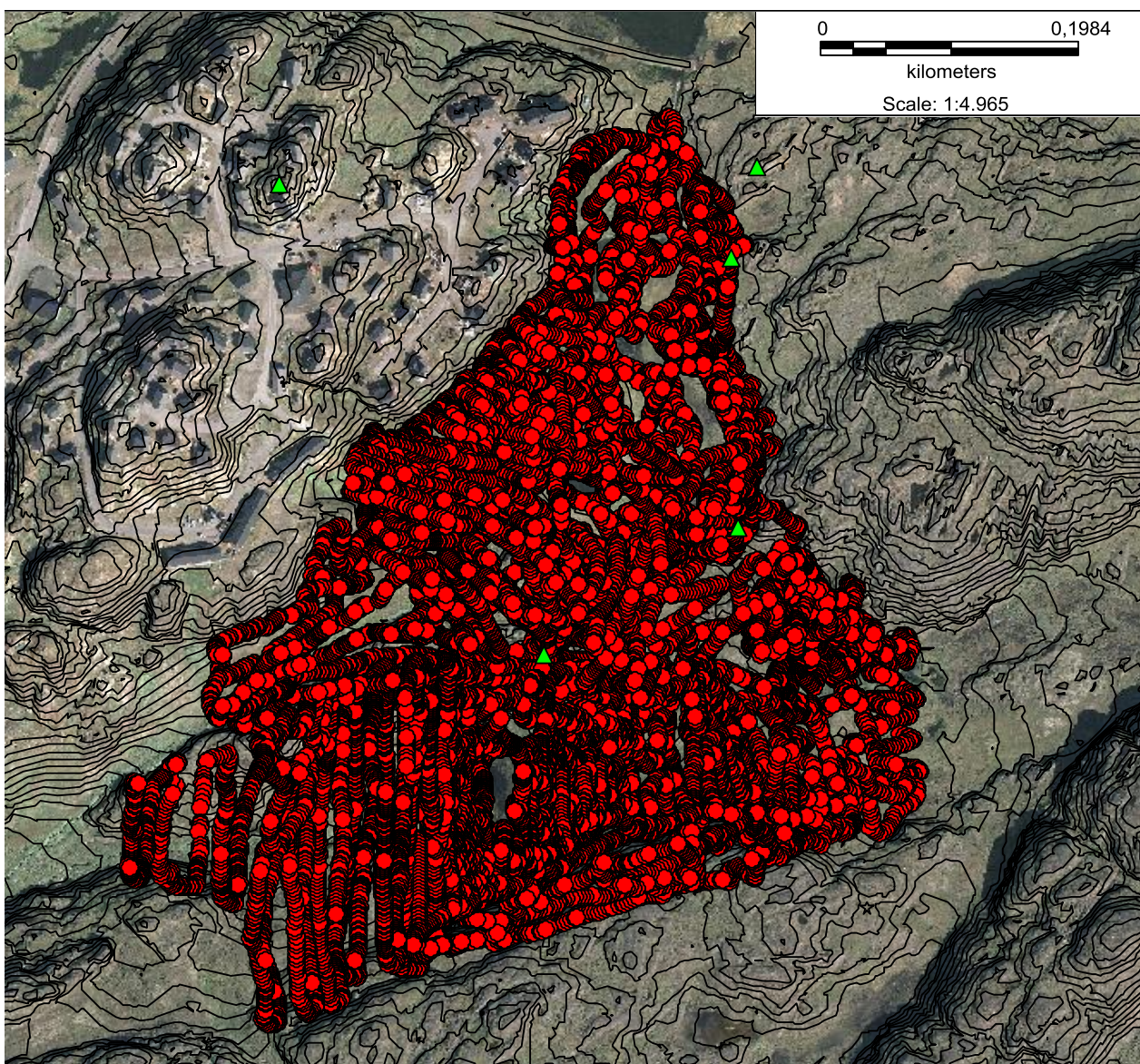
Figur 3: Den røde markering viser afgrænsningen af det potentielle industriområde. Hovedpunkter og fikspunkter er markeret.

Ud fra referencestationen 6825 er de 4 hovedpunkters koordinater korrigeret i Trimble Geomatics Office, disse er vist i tabellen. Højden er omregnet med KMSTrans til højde over middelvandstand, kote. Ud fra den lave RMS værdi er det konkluderet at målingerne er ganske præcise.

	Northing	Easting	Ellipsoide højde	Kote	Solution type	RMS
DTU003	7426274,878m	384364,970m	80,079m	52,890m	L1 fixed	0,007
DTU004	7426178,193m	384215,997m	79,302m	52,116m	L1 fixed	0,005
DTU002	7426481,377m	384358,841m	81,178m	53,991m	L1 fixed	0,005
DTU001	7426551,058m	384378,448m	84,107m	56,923m	L1 fixed	0,005

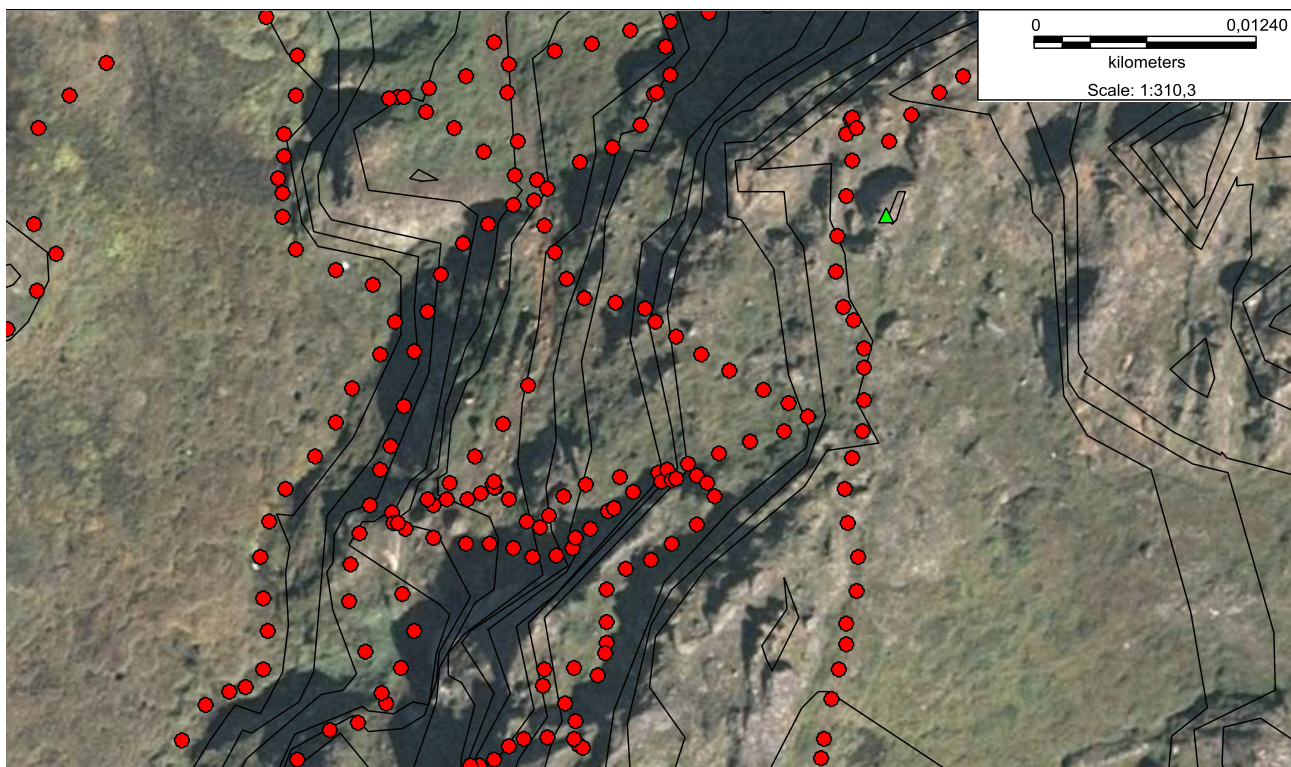
2.2 RTK opmåling af området

For at dække området med så mange målinger som muligt, er der anvendt RTK Continuous Topo, med en måling hvert 2. sekund. Området består af sumpede lavninger med vandløb og små søer samt klipper med stejle sider. Målingerne er forsøgt foretaget i lige linjer, men hovedparten af området er målt i brudlinjer. I alt er der målt ca. 18000 punkter i området. Punkterne for RTK målingerne er visualiseret i MapInfo (fig. 4).



Figur 4: de røde punkter markerer RTK målingerne, de grønne trekanter viser hoved- og fikspunkter. Luftfoto og 1 meters højdekurver er lagt ind fra ASIAQ(2009).

Det ses at målingerne er fordelt jævnt ud over hele området. De steder hvor der er større huller skyldes uforenkkeligt tærrer eller søer. Hvis der ses nærmere på fordelingen af punkterne, kan man se at de ligger i linjer med ca. 2m mellemrum mellem hvert punkt, linjerne ligger tilfældigt på kryds og tværs og der er op til ca. 20m imellem dem. Dog er der ved ændringer i hældning målt med ca. 5-10m mellem linjerne, som eksempel se fig. 5.



Figur 5: Billedet viser området forstørret ved DTU002. De røde punkter markerer RTK målingerne, den grønne trekant markerer DTU002. Luftfoto og 0,5m højdekurver er fra ASIAQ(2009).

Højden af DTU002 er sammenlignet med højden af den nærmeste RTK måling.

	Northing	Easting	Ellipsoide højde	Kote
DTU002	7426481,377m	384358,841m	81,178m	53,991m
Nærmeste RTK	7426482,426m	384356,716m	80,126m	52,555m

Forskellen i koterne er 1,4m. Da der ikke er foretaget nogen RTK målinger i nogen af de opstillede hovedpunkter, kan sammenligningen af højderne kun blive ud fra cirka mål. Ud fra højdekurverne på fig. 5 må det antages at der mellem punkterne kun er 0,5m forskel, det tyder på en usikkerhed på omkring 1m i RTK målingerne. For at tjekke op på dette, må der laves nye RTK målinger, hvor højden kan sammenlignes i nogle af de gamle RTK målinger og hovedpunkterne.

2.3 Vurdering

De statiske observationer i DTU hovedpunkterne antages at være opmålt ganske præcist på baggrund af de lave RMS værdier i baseline rapport. Vurderingen af RTK målingerne er svær da der endnu ikke er stiftet bekendtskab med digitale tærren modeller (DTM), og det derfor endnu er uklart om der er nok målinger og om de er placeret rigtigt i forhold til hinanden. Med hensyn til præcisionen af højden er det ønskeligt, at tjekke op på denne, da en usikkerhed på 1m formodes at være for stor til en brugbar DTM.

3 Konklusion

Det konkluderes på baggrund af de lave RMS værdier, at opmålingerne af de 4 hovedpunkter er præcise nok til, at de kan anvendes som reference punkter til detailopmåling og afsætning. Det kan ikke konkluderes endnu om RTK målingerne er brugbare til en digital tærren model.

4 Referencer:

Mundtlig Kommunikation:

Stenseng, L (2010), cand.scient., Danmarks Tekniske Universitet, DTU Space, Forelæsninger og slideshows mellem 7/9-2010 og 17/9-2010.

Litteratur:

Jacobi, O (1997), Digital Kortlægning, 3. Udgave, Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Planlægning.

Figur fra nettet:

Federal Office of Topography Swisstopo, UTM illustration, www.swisstopo.admin.ch.