

Struves meridianbue: Instrumenter fra 1800-tallet som ble brukt ved målinger av jorden i nord.

Innledning:

Struves meridianbue ble målt ved hjelp av flere typer utstyr. Målingene ble utført i flere seksjoner og i et stort geografisk område. Ulike naturforhold påvirket valget av utstyr og teknikker. **Ulike teknikker og en oversikt over målinger er beskrevet i egne tekster.** De nordlige delene av målingen i Tornedalen og Muonidalen og Finnmark ble utført i 1840-årene og i begynnelsen av 1850-årene. Instrumentene kom fra forskjellige produsenter og hadde bestemte funksjoner.

Landmålergruppene lånte utstyr av hverandre for å få best mulig resultater. Ved å bli kjent med hva slags utstyr som ble brukt, og hvilke målinger som ble utført, kan vi bedre forstå kvaliteten på og utfordringene ved dette vitenskapelige arbeidet på 1800-tallet.

Landmålerne arbeidet for forskjellige stater og vitenskapelige selskaper. Én del av målingen ble gjort gjennom Finland til Nedertorneå. Dette arbeidet ble ledet av Fredrik Woldstedt, som arbeidet direkte under F.G.W. Struve i Pulkovo-observatoriet. Observasjonene fortsatte nordover fra Nedertorneå, og det arbeidet ble ledet av N.H. Selander. De norske målingene ble ledet av professor C. Hansteen, men han deltok ikke selv i feltarbeidet. D.G. Lindhagen slo sammen to trekantkjeder og deltok også i grunnlinjemålinger. **Oppdagelsesreisende presenteres i en egen tekst.**

Nøkkelord:

Måleutstyr, teodolitt, universalinstrument, grunnlinje, heliotrop, kronometer

Innhold

Innledning:	1
De beste vitenskapelige instrumentene	1
Samarbeid mellom observatører over landegrensene	2
Hovedtyper av målinger	4
Måleinstrumenter: sekstant, teodolitt, meridiansirkel og universalinstrument.	4
Grunnlinjemålinger	7
Signal og heliotrop	9
Kronometer, barometer og termometer	9
Noen begreper som brukes ved måling av jorden	10
Eksempel på breddegradmålinger i Torneå.	11
Litteratur	11

De beste vitenskapelige instrumentene



Foto 1. F.G.W. Struve-statuen i Tartu. Foto: Jarno Niskala 2019.

Den baltisk-russisk-tyske astronomen og geodeten F.G.W. Struve ble et ledende navn i det store geodetiske arbeidet som ble utført i Europa. Etter å ha startet geodetiske målinger i Livland rundt 1812 arbeidet han for å utvide trianguleringsmålingene til også å omfatte nordområdene allerede på et tidlig stadium. General Karl Tenner begynte samtidig å arbeide med trianguleringsmålinger i sørlig retning. I begynnelsen av 1820-årene utarbeidet man planer for en utvidelse av trianguleringen i Finland, men de faktiske målingene på finsk jord begynte først i 1830-årene. Planen var å kombinere trianguleringen med tidligere arbeid utført av Maupertuis og J. Svanberg i Torneå. Sverige og Norge besluttet senere å delta i Struves prosjekt, og observatører fortsatte også målingene i sine områder. (Smith 2005.)

Ettersom det tidligere observasjonsarbeidet var imponerende, med flere stater involvert i arbeidet, klarte man å få en god finansiering, slik at man kunne gå til anskaffelse av kvalitetsutstyr for observasjonene. Samtidig videreutviklet observatorier i Europa funksjonene til astronomiske og vitenskapelige instrumenter. På den tiden observasjonene fant sted (1816–1855), holdt mange av de største utstysproduzentene til i Tyskland og England.

Måleinstrumenter var kostbare og ofte vanskelig å få tak i. Transport av instrumenter mellom ulike observasjonspunkter måtte gjøres med forsiktighet. De måtte pakkes med omhu, og også oppbevaringen av dem krevde forsiktighet. Når instrumenter ble etterlatt på et observasjonspunkt, måtte noen passe på dem. Kasser ble ofte båret av lokale hjelpere. Svenskene hadde instrumenter som kunne fraktes i to kasser, hver på en persons rygg. Dette var lettere enn det som var tilfellet med en gruppe fra Pulkovo i Russland, som hadde kasser som måtte bæres av to personer. (Struve 1860.)

Samarbeid mellom observatører over landegrensene

Et godt eksempel på nært internasjonalt samarbeid mellom vitenskapsmenn var de observasjonene som ble utført av astronomen D.G. Lindhagen. Lindhagen tilhørte den russiske gruppen. Han og assistenten A. Wagner var på vei til Nedertorneå i 1851 for å gjennomføre observasjoner. De forlot Pulkovo og kom til Stockholm 1. juni 1851. Løytnant F. Klouman fra Norge hadde tatt med seg instrumenter for grunnlinjemålinger til Stockholm etter å ha brukt dem i Finnmark, og kassene ble åpnet for inspeksjon. Da det ble konstatert at de var i perfekt stand, fikk Klouman en kvittering av Lindhagen. Senere inspiserer de svenske vitenskapsmennene N.H.

Selander og C. Skogman og flere andre medlemmer av Kungliga Vetenskapsakademien instrumentene. Svenskene inspiserte instrumentene fordi Selander og Lindhagen skulle bruke dem i Tornedalen. Før Lindhagen dro til Haparanda, engasjerte han en offiser som skulle følge utstyret nordover. Offiseren skulle holde øye med instrumentene i astronomens fravær. (Struve 1860.)

Den finske observatøren Henrik Johan Walbecks arbeid for å skaffe nytt utstyr til observatoriet i Åbo beskriver godt situasjonen i den første delen av 1800-tallet. Walbeck samarbeidet med F.G.W. Struve, som da var tilbake i Tartu. Walbeck reiste til München i 1820, der kun en teodolitt var klar for å transporteres til Finland. Andre instrumenter var fortsatt under bygging. Under oppholdet i München laget de mange nye spesifikasjoner for instrumentene som var under bygging. De kom for eksempel frem til at de ville lage meridiansirkelen større. Instrumentmakerne i München var Reichenbach, Ertel og Utzschneider. (Markkanen, Donner, Linnaluoto og Poutanen 1984.)



Foto 2-3. Et universalinstrument fra Reichenbach-Ertel fra 1820–1822. Universitetet i Göttingen.

Før Walbeck kom tilbake til Åbo, hadde han besøkt flere viktige astronomiske sentre i Europa og møtt fremtredende vitenskapsmenn som C.F. Gauss, F.W. Bessel og F.G.W. Struve. Han besøkte observatoriene i Altona (Hamburg), Göttingen, Gotha, Seeberg, Berlin og til slutt i Tartu. Mens han ventet på instrumentene i Finland, begynte han å forberede Struves trianguleringsarbeid over Finskebukta og enda lenger nord. Arbeidet fikk en sørgelig slutt da Walbeck begikk selvmord i observatoriet i 1822. (Markkanen, Donner, Linnaluoto og Poutanen 1984; Ollikainen 2003.)



Foto 4. Landmåler i begynnelsen av 1900-tallet. Foto Atelier Apollo. Helsingfors stadsmuseum.

Hovedtyper av målinger

Trianguleringsarbeidet i Struves meridianbue krevde flere typer målinger. Horisontalvinkler mellom målepunkter ble målt slik at trekantene fikk sin form. Trekantsidenes faktiske lengde ble bestemt ved å måle ti grunnlinjer. Grunnlinjene var relativt korte linjer på bakken som ble målt nøyaktig, før de ble forlenget inn i én av sidene i en stor trekant ved hjelp av et ekspansjonsnett.

Ved å måle høyden til én eller flere stjerner (for eksempel Polarstjernen) kunne man bestemme en breddegrad. Med høyde menes her en vinkel over horisonten for objektet (stjernen). Denne vinkelen kan kalles høydevinkelen over horisonten (eller over senit). En annen astronomisk måling var målingen av lengdegrad, noe som ikke var en enkel oppgave på midten av 1800-tallet. En tidligere brukt metode for å bestemme en lengdegrad på var å observere en astronomisk hendelse på himmelen på stedet og ved nullmeridianen samtidig. Observatører i Struves meridianbue gjorde også observasjoner av asimut (nordover) ved astronomiske stasjoner. Retningen ble målt for å kunne orientere et triangelnett. (Norin.)

Man målte også punkters høyde sammenlignet med havnivå. Dette kalles geodetisk høydemåling, til forskjell fra astronomisk høydemåling. Disse høydemålingene kunne omfatte trigonometrisk høydemåling, nivellering og barometriske målinger. Trigonometrisk høydemåling ble brukt, og det innebærer å måle vertikalvinkler fra et objekt til et annet. Trigonometrisk høydemåling ble gjort med flere målepunkter, og det gav informasjon rundt debatten om landheving og gav også en pekepinn om høydeforskjellen mellom Finskebukta og Nordishavet. Nivellering innebærer å måle høydeforskjeller mellom stenger ved hjelp av et nivelleringsinstrument. Barometrisk høydemåling gjøres ved å måle forskjeller i lufttrykket med et barometer. (Norin.)

Måleinstrumenter: sekstant, teodolitt, meridiansirkel og universalinstrument.

Søken etter presisjon

Teodolitter ble brukt under observasjoner i de nordlige delene av buen i 1840-årene og i begynnelsen av 1850-årene. Teodolitten var det grunnleggende instrumentet for landmålingsarbeid fra midten av 1800-tallet.

Da F.G.W. startet sitt trianguleringsarbeid, arbeidet han først med en sekstant, en eldre type måleinstrument som kunne brukes til måling av både vertikal- og horisontalvinkler. Senere fikk han en teodolitt fra G. Reichenbach i München. (Pettersen 2011.) En teodolitt var et videreutviklet vinkelmåleinstrument. En teodolitt kombinerer et teleskop av god kvalitet og en fingradert skive som gjør det mulig å lese av vinkelverdier etter hvert som teleskopet dreies (Craig 2007).

Utstyret kunne ha andre navn når det hadde andre funksjoner. I stedet for teodolitter snakket landmålere ofte om **passasjeinstrumenter** og **universalinstrumenter**. Et passasjeinstrument ble brukt til å observere en stjerne når den passerte meridianen. Lengdegraden ble bestemt ved hjelp av et passasjeinstrument. For å kunne bestemme breddegraden ble opprinnelig et lignende instrument brukt. Det var utstyrt med en stor **vertikalsirkel**, noe som gjorde det mulig å måle nøyaktig en stjernes høyde over horisonten eller fra senit. Dette instrumentet kalles en **meridiansirkel**. Et **universalinstrument** er en teodolitt som kan brukes til måling av horisontalvinkler, og til astronomiske observasjoner som gjør det mulig med nøyaktige beregninger

av stjerners høyde. Et **universalinstrument** kalles også en **astronomisk teodolitt**. For å kunne observere stjerner høyt på himmelen måtte teleskopet på et **universalinstrument** enten være brutt (som betyr at okularet var plassert i en ende av horisontalaksen) eller være plassert ved siden av instrumentet. (Norin.)



Foto 5. Meridiansirkelen i Pulkovo-observatoriet, fra 1830-årene. Produsent Ertel und Sohn, München. Foto Dan Norin, Lantmäteriet.

Målingene av Struves meridianbue fra Sør-Finland mot Torneå ble slutført i 1844. Sjøflandmåleren, professor F. Woldstedt, brukte den 13-tommers Reichenbach-teodolitten til måling av horisontalvinkler. Han målte også senitavstander med et universalinstrument fra Ertel. (Kakkuri 2002; Smith 2005.)

Også løytnantene F. Klouman og C.A.B. Lundh brukte universalinstrumentet fra Reichenbach da de drev med forberedelser i Finnmark i 1845. Noen måneder før det faktiske feltarbeidet begynte i den arktiske enden av Struves

meridianbue i Norge, skaffet professor Hansteen en liten 7-tommers teodolitt fra Repsold. (Pettersen 2011; Skogman 5/1862.)

Som Norin påpeker, kan en astronomisk teodolitt eller et universalinstrument brukes til både astronomiske observasjoner og til triangulering. Dette multifunksjonelle instrumentet kalles et **universalinstrument**. Teodolitten ligner på et **passasjeinstrument**, men har en skive med høyere oppløsning for avlesning av vinkelverdier. Derfor er en teodolitt mer nøyaktig enn et passasjeinstrument. (Duggal, 2013.)



Foto 6. Tall på skalaen på Reichenbach-Ertels universalinstrument fra 1820–1822. Universitetet i Göttingen.

Som nevnt brukte vitenskapsmenn ulike typer instrumenter fra forskjellige produsenter. I tillegg til instrumenter fra Reichenbach og Repsold var det instrumenter fra andre produsenter i bruk i nord. Svenskene satte sin lit til en Littman-teodolitt som var produsert i Sverige (Skogman 5/1862). Littman-teodolitten ble kun brukt til å måle horisontalvinkler i Struves meridianbue. Andre kvalitetsinstrumenter som ble brukt av svenskene, var laget av de tyske instrumentmakerne Ertel og Repsold.



Foto 7. Teodolitten fra Littman, produsert i Stockholm i 1834. Foto Dan Norin, Lantmäteriet.



Foto 8. En teodolitt fra Ertel. Foto Sari Jantunen, Lusto – Finlands skogsmuseum.

Til høydevinkel- og asimutobservasjoner i Tornedalen og Muonidalen ble følgende utstyr brukt (Skogman 5/1862.):

- en vertikalsirkel (meridiansirkel) laget av Repsold som tilhørte sjefobservatøren N.H. Selander
- et universalinstrument fra Repsold som tilhørte Lunds universitet
- et universalinstrument fra Ertel
- en vertikalsirkel fra Repsold som tilhørte Pulkovo-observatoriet

Vinkelmåling – en teodolitts funksjon

En teodolitt ble montert på et stabilt stativ og ble forsiktig nivellert i en stasjon der observasjoner skulle gjennomføres. Deretter kikket observatøren gjennom teleskopet og rettet inn det vertikale trådkorset mot målet lengst til venstre. Horisontalsirkelen i teodolitten ble rotert slik at den viste like over null når trådkorset var rettet inn mot dette målet. Sirkelen ble deretter låst i sin posisjon, og retningen som var angitt på sirkelen, ble avlest og registrert. Etter at avlesningen var gjort, ble teleskopet rotert med klokken til trådkorset var rettet inn mot det andre målet. Nok en gang ble retningen avlest på sirkelen og registrert. Denne prosedyren ble gjentatt til alle målene var observert og registrert. Deretter ble teleskopet rotert 180 grader. De samme stasjonene ble observert igjen, og vinkelverdiene ble registrert. Systematiske feil ble eliminert ved å gjenta observasjonene og ved å bytte sirkelen. (Craig 2007.)

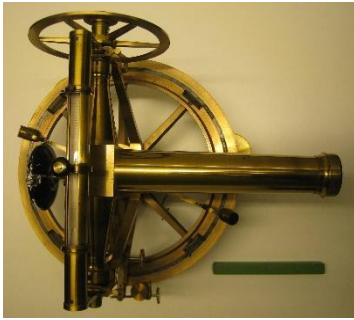


Foto 9. Littman-teodolitten med et teleskop og en stor horisontalsirkel med en diameter på 12 pousse (1 pousse tilsvarer 2,70699 centimeter). Øverst er det festet et nivelleringsinstrument. Foto Dan Norin, Lantmäteriet.

Senitavstander

Senit er et imaginært punkt like over et bestemt sted på en imaginær himmelkule. Ved å måle vertikalvinkler, også kalt senitavstander, kunne man sammenligne høydeforskjeller mellom målepunkter. Dette ble for eksempel brukt til å sammenligne havnivåer. Dette må skilles fra astronomiske observasjoner, der man måler vinkler til stjerner for å bestemme breddegraden. (Kakkuri 2002). Senitavstanden er ikke det samme som **høydevinkelen**, som måles mellom horisonten og punktet (stjernen) man sikter på. Når man går ut fra at vinkelen mellom horisonten og senit er 90 grader, og senitavstanden er 30 grader, er høydevinkelen 60 grader. (Hult 1894.) Breddegraden kan bestemmes med vertikalsirkelen ved å måle stjerners høydevinkel og senitavstand. Stjerner passerer deretter meridianen på begge sider av senit. (Struve 1860.)

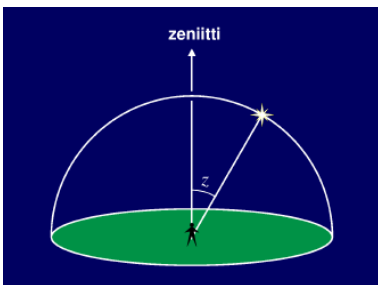


Foto 10. Senitavstanden er vinkelen mellom senit og punktet man sikter på. Karttunen, URSA.

Asimut

Asimut er et vinkelmål som ofte tas fra nordlig retning. Det er derfor en vinkel mellom nord og et bestemt himmellegeme. En asimutvinkel kan også bestemmes for et objekt på bakken. I Hammerfest ble for eksempel asimut bestemt for trekantsiden Fuglenes–Seilandsstuva ved å observere vinkelen til bestemte stjerner. (Bratheim 2021).

Grunnlinjemålinger

For å finne lengdene på sidene i en trekant må man først måle en bestemt avstand svært nøyaktig fra A til B. Denne linjen kalles også grunnlinje. Den nøyaktige lengden av grunnlinjen overføres til en større trekantside ved hjelp av trigonometriske vinkelmålinger og beregninger. Innenfor Struves

meridianbue er det ti grunnlinjer, tre av dem ble målt opp med Karl Tenners instrumenter, og sju med Struves instrumenter. Struves utstyr bestod av fire jernstenger som hver var to toise lange. I den ene enden av hver stang var det en liten sylindere med en noe avrundet ende. I den andre enden var det en spak som kunne dreies rundt stangen. Det var også to termometre i hull i stengene. Stengene ble oppbevart i kasser. (Smith 2005.)

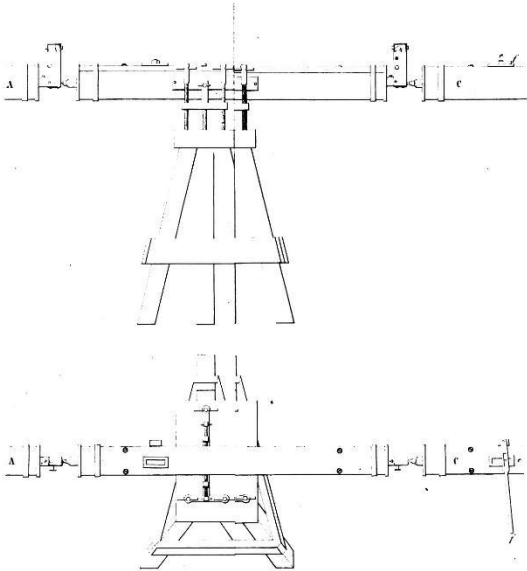


Foto 11. Skisse av Struves instrument for grunnlinjemåling, sett fra siden og ovenfra. Struve F.G.W. (1857). Arc du méridien de 25° 20' entre le Danube et la Mer Glaciale: planches.

Grunnlinjemålinger ble gjort i Alta i 1850. D.G. Lindhagen reiste til Finnmark for å arbeide sammen med C.A.B. Lundh og F. Klouman. De brukte Repsold-instrumentet til å justere målestengene og utføre trekantmålinger knyttet til grunnlinjen. Den store teodolitten fra Pulkovo ble brukt av Lindhagen til å måle endepunkter for grunnlinjen og den nærliggende stasjonen. (Pettersen 2011.)

I august 1851 ble det utført grunnlinjemålinger i Övertorneå med det samme utstyret som tidligere var brukt i Alta. N.H. Selander ledet arbeidet sammen med Lindhagen. Baron Carl Skogman kom først fra Stockholm og forberedte arbeidet i Övertorneå. Han hadde med seg utstyr for grunnlinjemåling. Lindhagen drev samtidig med målinger i Nedertorneå og skulle bistå med grunnlinjemålingen. Lindhagen og hans assistent Wagner møtte senere Selander, og sammen dro de til Övertorneå (Struve 1860; Skogman 4/1862.)



Foto 12. Eksempel på grunnlinjemåling med Struves utstyr. Foto Pulkovo-observatoriet.

Signal og heliotrop

Et signal ble bygd på toppen av et målepunkt. Signalet kunne ses på avstand fra et annet målepunkt. Et signal var et skilt som ofte var laget av tre. Det kunne for eksempel være en tønne eller en tavle på toppen av et tre eller et byggverk av tre. Når sikten var dårlig, kunne man ved hjelp av en heliotrop se målepunkter på lang avstand. Heliotropen, som var utviklet av den tyske matematikeren og astronomen Carl Friedrich Gauss, reflekterer sollyset i en fokusert stråle som kan ses på flere kilometers avstand. Skogman (1862) sier at han kun med et lite speil som reflekterte lyset kunne se så langt som 60 kilometer med det blotte øye.

Vinkler måles på akkurat på punktet eller ved siden av det. Avstanden til og retning mot en teodolitt som er plassert på et eksentrisk punkt, må måles nøyaktig og sentralisert med samme teodolitt eller med et mindre instrument. Professor A. Petrelius, som arbeidet med trekantmålinger i området rundt Kemijoki i begynnelsen av 1900-tallet, brukte fortsatt tønner som signaler. Denne typen signal ble alltid bygd på stedet, og dette er grunnen til at målinger her måtte tas fra et eksentrisk punkt. (Rainesalo 1928.)

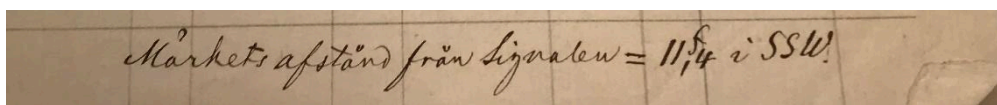
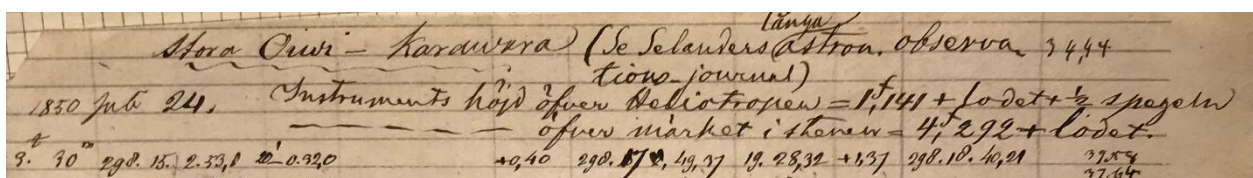


Foto 13–14. Originalnotater om observasjoner i Storrahanovaivi (skrevet Stora Oivi) i 1850. Høyden til instrumentet over både heliotropen og merket på steinen ble bestemt. Avstanden mellom merket og signalet måtte også bestemmes. Kungliga Vetenskapsakademien.

Heliotropen ble brukt i den siste fasen av målingene av Struves meridianbue. Heliotropen var standardutstyr for triangulering i stor skala frem til rundt 1840, da mer sofistikert utstyr ble tilgjengelig. Meyerstein-heliotropen ble brukt i Finnmark i 1850, muligens også i Lappland. (Skogman 4/1862; Gray 2021; Arosenius 1859; Bedini 2004; Lindhagen 1853.)



Foto 15. Meyerstein-heliotropen. Foto Norsk kartmuseum, Kartverket.

Kronometer, barometer og termometer

Et kronometer var et av de instrumentene som ble brukt til å bestemme lengdegrader. Det har vært et viktig instrument, særlig i sjøfart. Et kronometer var en type klokke som ble brukt til tidsbestemmelse. Det stilles inn på en kjent tid, for eksempel Greenwich-tid, når solen er på sitt høyeste. Deretter kan man midt på dagen se tidsforskjellen mellom den aktuelle posisjonen og Greenwich-meridianen. Ved å kjenne tidsforskjellen i et bestemt punkt kan man beregne punktets **lengdegrad**. (Wikipedia.)

I Struves rapporter er det ingen angivelser av lengdegrad (Ollikainen 2003). Kronometre ble brukt til å bestemme tidsforskjellen som tilsvarende lengdegradsforskjellen. Lengdegraden for Tartu ble bestemt sommeren 1854 i forhold til Pulkovo. Bestemmelsen ble gjort ved å transportere så mange som 31 kronometre hele ti ganger mellom Pulkovo og Tartu. I gjennomsnitt tok reisen nesten to døgn (45 timer). (Struve.) Lengdegrader ble bestemt med fire kronometre i Hammerfest allerede under La Recherche-ekspedisjonen. Denne ekspedisjonen ble gjennomført i Torndalen og Muonidalen samt Finnmark i 1838–1839, og lengdegradene ble bestemt i forhold til Paris-meridianen. (Lilliehöök 1888.)

Barometer- og termometeravlesninger ble gjort under målinger av **senitavstand** i forbindelse med Struves meridianbue. Lundh brukte for eksempel et barometer i Finnmark i 1845 og 1846. Siden lufttrykket synker med høyde over havet, er det mulig å bruke en bestemt formel til å beregne hvor høyt man er. (Valen 2016.) Disse avlesningene ble brukt til å beregne påvirkningen fra refraksjon på de observerte senitavstandene. (Wikipedia).



Foto 16. Kessels-kronometeret. Dette ligner på det som sluttet å fungere i Torneå i 1851. Navigasjonsvesenet anskaffet dette kronometeret i 1835 Foto Forsvarets museer

Noen begreper som brukes ved måling av jorden

Meridianer er imaginære linjer som knytter sammen Sørpolen og Nordpolen. Avstanden mellom meridianer måles i grader, minutter og sekunder. Meridianer måles vestover og østover fra nullmeridianen. Representanter fra forskjellige land besluttet i Washington D.C. i 1884 at meridianen som går gjennom Greenwich i England, skulle utgjøre nullmeridianen eller utgangsmeridianen (Royal Museum Greenwich). På Struves tid hadde de fleste land sin egen utgangsmeridian for å måle lengdegrader. Norge brukte for eksempel Christiania-meridianen, og den var i bruk helt frem til moderne referansesystemer ble innført. (Smith 2005; Bratheim 2021.)

Ekvator er en imaginær linje som ligger halvveis mellom Nordpolen og Sørpolen. Den løper i øst–vest-retning hele veien rundt jorden. **Parallellsirkler** beskriver posisjoner nord og sør for ekvator, og også disse måles i grader, minutter og sekunder. Ekvator er 0°. Nordpolen er 90° nord

(N), og Sørpolen er 90° sør (S). Polarsirkelen (66° 30' N) er en av parallellsirklene som løper nordover fra ekvator. (<https://kids.britannica.com/>)

Lengdegrad er vinkelen mellom nullmeridianen og meridianen som går gjennom et bestemt punkt på jorden. Lengdegraden spesifiserer øst–vestposisjonen. **Breddegrad** er også en vinkel, men den forteller hvor langt nord eller sør punktet ligger. (Norin 2021.)

Lengdeenheter

På den tiden målingene ble gjort, var metersystemet allerede etablert. Men grunnlinjemålingene ble registrert med to forskjellige lengdeenheter. Struve brukte den gamle franske måleenheten toise (ca. 1,949 m). General Karl Tenner, som også ledet det russiske målearbeidet, brukte den russiske enheten sajen (ca. 2,134 m). På 1700-tallet var 1 sajen definert som 7 engelske fot. (Smith 2005.)

I 1830 hadde Struve og Tenner etter nøye undersøkelse av målestavene løst problemet med å omregne sajen til toise. Dette var trolig siste gang i historien toise ble brukt som lengdeenhet ved måling av jorden. Det var en påminnelse eller et vitnesbyrd om franskmennenes meritter innenfor måling av jorden. (Smith 2005.)

Eksempel på breddegradmålinger i Torneå.

Landmålergruppen som ble ledet av D.G. Lindhagen, bestemte **breddegrad og asimut** i Nedertorneå i 1851. De brukte de samme instrumentene som i Fuglenes i 1850. For å bestemme tid og asimut brukte de **universalinstrumentet**. De observerte lengdegraden med **vertikalsirkelen** og **passasjeinstrumentet** i storsirkelen. Storsirkelen er en vertikalsirkel i øst–vest-retning som går gjennom senit. (Struve 1860.)

Lindhagens assistent A. Wagner observerte hovedsakelig tid og asimut. Lindhagen selv gjorde flere observasjoner av Polarstjernen for asimuten. Her ble Kivalo og Kaakamavaara brukt som siktepunkter. Til å måle tiden for stjerners bevegelse brukte de et kronometer. Kessels-kronometeret 1257 sluttet å fungere i Torneå. Heldigvis hadde de et annet, Dent 1942, som ble ansett som godt nok ettersom Wagner gjorde tidsbestemmelser hver dag. (Struve 1860.)



Foto 17. Måleutstyret ble plassert på balkongen i kirketårnet i Nedertorneå. Foto Tornedals museum.

Til å bestemme breddegraden observerte Lindhagen med **vertikalsirkelen** høydevinklene til stjernene som passerte meridianen på begge sider av senit. Stjernene som passerte meridianen, dannet en

bestemt vinkel i forhold til observatørens senit. Han observerte Polarstjernen i flere timevinkler, og seks andre stjerner ble observert ved observasjonsstasjonen i Nedertorneå. Lindhagen brukte vertikalsirkelen fra Repsold i Torneå og Fuglenes. (Struve 1860.)

Litteratur

Arosenius, J. F. N. (1859). Om svenska topografiska kartverket. Geodetic Archives of the National Land Survey of Sweden.

Bedini, Silvio. The Surveyor's Heliotrope, Its Rise & Demise. *American Surveyor* 1:6 (Nov. 2004)

Bratheim, P. (2021). Kartverket. Unpublished.

Craig, C. (2007). An Angular Point of View: A Photo Collection Illustrating the History of Theodolites at the National Geodetic Survey. <https://celebrating200years.noaa.gov/theodolites/welcome.html>

Duggal, S.K. (2013). *Surveying*. Vol. 1. MC Graw Hill.

<https://1lib.sk/book/5489420/b3b43a?id=5489420&secret=b3b43a&dsource=recommend>

Gray, J. J. (2021). "Carl Friedrich Gauss". *Encyclopedia Britannica*, 26 Apr. 2021, <https://www.britannica.com/biography/Carl-Friedrich-Gauss>. Accessed 21 May 2021.

Hult, R (1894). Grunddragen af den Allmänna Geografien. I. Matematisk geografi och klimatografi. Weilin & Göös, Helsingfors.

Kakkuri, J. (2002). Venäläis-skandinaavinen astemittaus. *Maankäyttö* 1/2002.

Karttunen, H. Ursa ja Tuorlan observatorio. <https://www.astro.utu.fi/>

Lindhagen, D.G. BERICHT AN DEN HERRN DIRECTOR DER HAUPTSTERNWARTE ÜBER DIE IM SOMMER 1850. AUSGEFÜHRTE EXPEDITION NACH DEN NORWEGISCHEN FINNMARKEN VON DG LINDHAGEN. In the book MÉLANGES MATHÉMATIQUES ET ASTRONOMIQUES TIRÉS DU BULLETIN PHYSICO MATHÉMATIQUE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST PÉTERSBOURG, Tome I 1849, 1853, p. 225-257. St.Petersburg 1853.

Lilliehöök, C.B. Sammandrag af geografiska Ortsbestämningar och magnetiska iakttagelser åren 1838, 1839 och 1840 under den Fransyska vetenskapliga expeditionen till Spetsbergen m. fl. ställe. Öfversigt af Kongl Vetenskapsakademiens förhandlingar, no 5, 1888, pp 291-298.

Markkanen, T., Donner, K. J. t., Linnaluoto, S. t. & Poutanen, M. t. (1984). TÄHTITIETEEN VAIHEITA HELSINGIN YLIOPISTOSSA: OBSERVATORIO 150 VUOTTA. [HKI]: Helsingin yliopisto. Observatorio.

Norin, D (2021). Lantmäteriet. Unpublished.

Ollikainen, M. Teoksessa Poutanen, M. & Bilker-Koivula, M. (2003). *Maan muoto*. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa.

Pettersen B.R. (2011). En Repsold-teodolitt i den arktiske forlængelsen av Struves meridianbue. *KART og Plan*, 1/2011.

Rainesalo, A. Kajaanin-Kemijärven-Tornion kolmioketju. Teoksessa Pohjois-Suomen kolmiomittaukset. Maanmittaushallituksen toimesta Pohjois-Suomessa suoritettut kolmiomittaukset 1, Maanmittaushallituksen julkaisuja 15/1928, 7-34.

Royal Museum Greenwich.

<https://www.rmg.co.uk/stories/topics/what-prime-meridian-why-it-greenwich>

Royal Swedish Academy of Sciences. Archivematerial: Anteckningar rörande Selander (Agardhs) gradmätningar i Lappland 1846-1852.

Skogman, C. (1862). Svensk-Norska gradmätningen 1845-52. Tidskrift i sjöväsendet Häfte nr.4, 5. 1862.

Smith, J.R. (2005). "The Struve Geodetic Arc." International Institution for History of Surveying & Measurement.

Struve F.G.W. (1857). Arc du méridien de 25° 20' entre le Danube et la Mer Glaciale: planches.

Struve F.G.W. (1860). Addition C. Report on the Expedition to Laponie carried out in 1851 by M. D.G.Lindhagen.

Valen, G. (2016), The Art of Survey of the Earth from Finnmark. Expeditions in Finnmark for «Struve's geodetic arc» 1845-1850.

Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Laivakronometri>;

https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_refraction

<https://kids.britannica.com/>