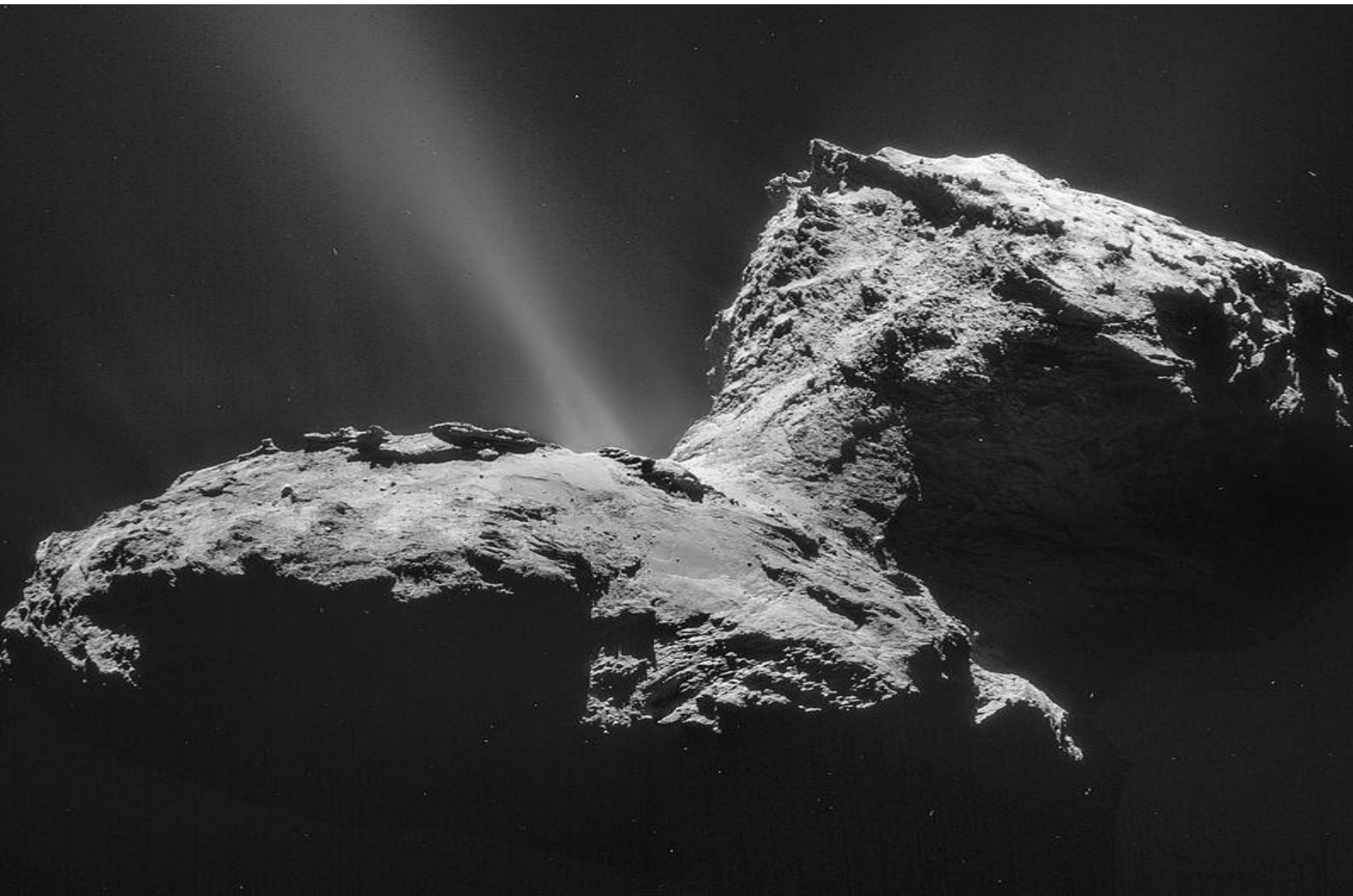




KATEDRALSKOLAN
GRUNDAD 1246

En undersökning av kometen 67P/Churyumov-Gerasimenkos tidiga kometaktivitet



ESA, 2015.

Josephine Maglio
N16A Katedralskolan
Uppsala
2018-2019

1 **Abstract**

A comet's only lasting component is its core, it consists of volatile material which sublimates near the sun and more solid material which does not. When a comet approaches the sun in its orbit some of the material will sublimate, and the gases formed will stream outwards and form an atmosphere. Some of the gas will become ionized by the sun, and form an ionosphere consisting of plasma. The aim of this study was to examine the presence of an ionosphere around the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko when the comet was at a greater distance than 3 AU from the sun. The spacecraft Rosetta arrived at the comet in 2014. It carried 21 instruments, including the instrument LAP. Data from LAP has in this study been compiled to find how the measured current varies depending on time and longitude. Since the measured current is proportional to the density of the plasma this is a method to discover an ionosphere. In addition to this, an objective was to find out if an alternative method of finding the plasma of an ionosphere could be used. The alternative method was to use the standard deviation of the measured current, unlike the standard method which involved using the measured current only. The findings of this study suggest that no conclusion can be drawn regarding the presence of an ionosphere at a greater distance than 3 AU from the sun. In regards to the alternative method of using the standard deviation of the measured current it was successful, showing similar results as the standard method.

Jag skulle vilja tacka min handledare på institutet för rymdfysik i Uppsala, Anders Eriksson. Jag vill tacka honom för all den tid han har lagt ner på att hjälpa mig, då hans hjälp har varit ovärderlig. Jag vill dessutom tacka min handledare på Katedralskolan i Uppsala, Åslög Westerling, för hennes hjälp.

Innehållsförteckning

1	Abstract	2
2	Inledning	6
2.1	Bakgrund	6
2.2	Frågeställning	12
2.3	Begreppslista	13
3	Metod	14
4	Resultat	14
5	Diskussion och slutsats	39
5.1	Diskussion	39
5.2	Slutsats	41
6	Referenser	41
7	Bilagor	42

Tabell 1 - Tabell över intervallstart, intervalllängd, mod, latitud och vinklar och position på LAP1. 15

Figur 1 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-21	16
Figur 2 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-21	16
Figur 3 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-21	17
Figur 4 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-21	17
Figur 5 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-(25-26)	18
Figur 6 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-(25-26)	18
Figur 7 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-(25-26)	19
Figur 8 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-(25-26)	19
Figur 9 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-02	20
Figur 10 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-02	20
Figur 11 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-02	21
Figur 12 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-02	21
Figur 13 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-05	22
Figur 14 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-05	22
Figur 15 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-05	23
Figur 16 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-05	23
Figur 17 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-06	24
Figur 18 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-06	24

Figur 19 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-06.....	25
Figur 20 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-06	25
Figur 21 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-08.....	26
Figur 22 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-08.....	26
Figur 23 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-08.....	27
Figur 24 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-08	27
Figur 25 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-12	28
Figur 26 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-12.....	28
Figur 27 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-12	29
Figur 28 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-12	29
Figur 29 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-16.....	30
Figur 30 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-16.....	30
Figur 31 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-16.....	31
Figur 32 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-16	31
Figur 33 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(18-19)	32
Figur 34 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(18-19).....	32
Figur 35 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(18-19)	33
Figur 36 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(18-19).....	33
Figur 37– Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-22	34
Figur 38 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-22.....	34
Figur 39 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-22.....	35
Figur 40 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-22	35
Figur 41 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(24-25)	36
Figur 42 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(24-25).....	36
Figur 43 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(24-25)	37
Figur 44 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(24-25).....	37
Figur 45 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-30.....	38
Figur 46 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-30.....	38
Figur 47 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-30.....	39
Figur 48 – Diagram över standardavvikelser för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-30	39

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Vårt universum tros för tillfället vara ungefär 13,8 miljarder år gammalt med en felmarginal på ungefär 130 miljoner år. Vårt solsystem är bara ungefär 4,6 miljarder år, vilket i jämförelse med universums ålder är relativt ungt (1). Precis som alla andra stjärnsystem bildades vårt solsystem ur en kollapsande nebulosa. En nebulosa består av gas och stoft, och tack vare gravitation kollapsar det runt en central massa vilket drar resten av systemets massa runt sig. Det är i den processen som stjärnor bildas, och när vår sol hade bildats fanns det fortfarande gas och stoft i omloppsbana runt den. De partiklarna kolliderade och blev större och större, till slut fanns planeterna som idag finns i vårt solsystem och många andra mindre kroppar (2).

Utanför Neptunus bana på cirka 30 AE börjar Kuiperbältet, ett skivformat område i rymden som sträcker sig ut till cirka 55 AE och innehåller många isiga objekt. De isiga objekten är rester från bildandet av vårt solsystem, vore det inte för Neptunus så hade de kanske bildat en större kropp. Istället så resulterar Neptunus gravitation i att objekten inte kan bilda större föremål. Många av objekten är kometer, och kometererna som kommer från Kuiperbältet är kortperiodiska vilket innebär att deras omloppsbanor runt solen tar mindre än 200 år att fullborda (3). En komets enda varaktiga beståndsdel är dess kometkärna, den är porös och består både av lättflyktigt material som sublimerar nära solen och material som inte gör det. Att materialet sublimerar innebär att det går direkt från fast form till gasform utan att först vara i flytande form. De flyktiga materialen är främst fruset vatten, men också frysta gaser som metan, koldioxid, kolmonoxid och ammoniak. Materialen som inte sublimerar är bland annat silikater, stoft och organiskt material i form av polymerer. När en komet kommer nära solen i sin bana sublimerar en del av materialet, gaserna strömmar utåt och bildar ett moln som kan breda ut sig cirka 100 000 km (4). Gaserna kallas även för neutralgas, vilken är ojoniserad och i huvudsak består av vattenmolekyler (5). Stoftkorn som inte sublimerar stöts ut tillsammans med gaserna. Ultraviolett solljus splittrar molekylerna och de små fragmenten breder ut sig ytterligare några 100 000 km. När fragmenten sedan belyses av solen fluorescerar en del av dem.

En del av gasen joniseras, det vill säga att den joniserande strålningen från solen slår bort elektroner från molekyler så att fria elektroner och positiva joner bildas (4). I och med joniseringen bildas en jonosfär som består av plasma. En jonosfär är en joniserad del av en atmosfär, det vill säga ett område som är elektriskt ledande (5). Eftersom kometer generellt sett är lätta så är inte deras tyngdkraft så stor, därmed är jonosfären inte bunden av kometen utan fortsätter att expandera utåt med resten av atmosfären (4). Neutralgasens täthet (antal vattenmolekyler per volymenhet) avtar med $1 / r^2$ där r är avståndet från kometkärnan, och sannolikheten för en molekyl att joniseras är konstant. Det innebär att ju längre tid och ju längre sträcka från kometen, desto större är sannolikheten för en molekyl att joniseras. Neutralgasens täthet avtar med $1 / r^2$ medan sannolikheten för en molekyl att joniseras ökar med r , det vill säga avståndet. Det ger att plasmatätheten borde bero på avståndet som:

$$r \cdot 1 / r^2 = r / r^2 = 1 / r$$

Detta innebär att plasmat i kometens jonosfär avtar med ungefär $1/r$ nära kometkärnan där solvinden inte påverkar så mycket (5). Längre ut kommer solvinden att dra med sig kometens joner och elektroner, och då finns det inte längre någon jonosfär att tala om.

Koman är en temporär atmosfär, när en kometes bana tar den längre bort från solen försvinner atmosfären. Kometer har dessutom två svansar: plasmasvansen och stoftsvansen.

Plasmasvansen är smal och rak och består av joniserad gas som binds vid solvindens magnetfält och strömmar i solvindens riktning, det vill säga bort från solen. Detta eftersom solvinden är ett flöde av plasma som konstant strömmar ut från solen. Det mesta av plasmasvansens ljus kommer från fluorescerande joniserat kolmonoxid, vilket ger den en blå färg. Stoftsvansen är bred och svagt krökt, och består av mikroskopiska stoftpartiklar. Stoftet påverkas av solljusets strålningstryck, i förhållande till plasmasvansen böjer den av lätt bakåt mot kometbanan. Stoftsvansen kan anta en gulaktig färg på grund av att de små kornen sprider solljus, vanligtvis är den också den ljusstarkare av de två svansarna (4 & 6).



Comet Hale-Bopp, E. Kolmhofer, H. Raab, 1997.

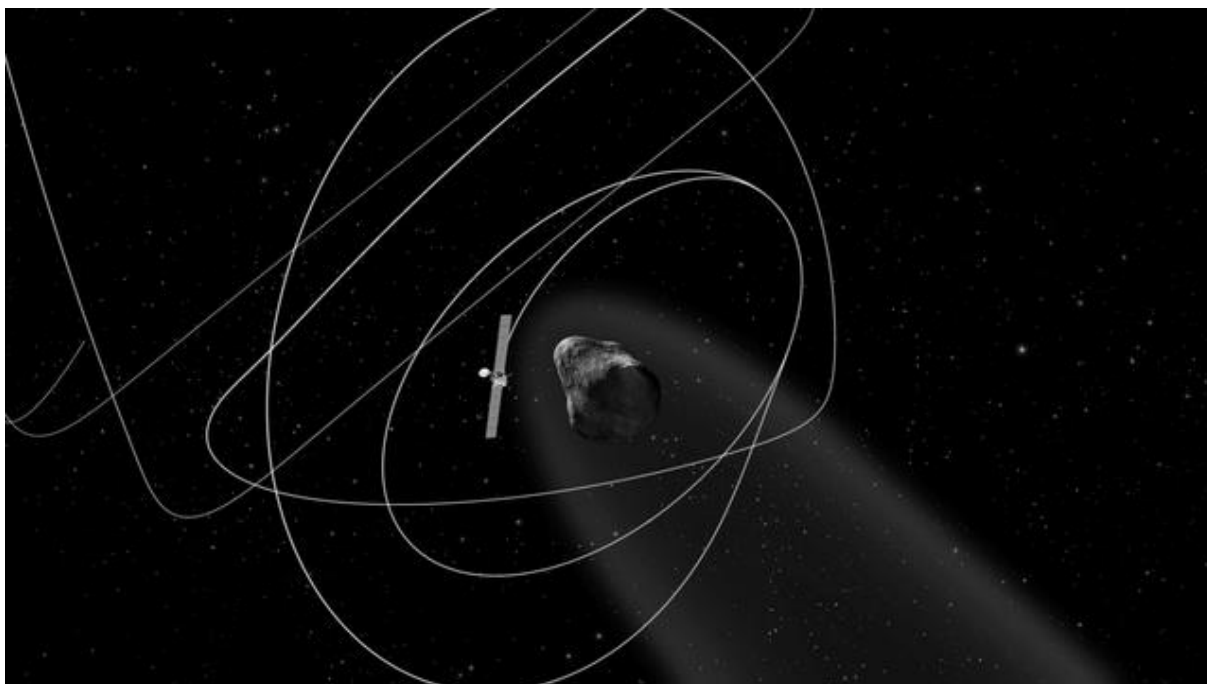
Ovan är en bild tagen på kometen Hale-Bopp år 1997. Både plasmasvansen och stoftsvansen ses tydligt på bilden.

Kometen 67P/Churyumov Gerasimenko (hädanefter hänvisad till som "67P") upptäcktes 1969 av Klim Churyumov på en bild tagen av Svetlana Gerasimenko. 67P är en kortperiodisk komet med omloppstiden 6,45 år. När en rymdsond kom fram till kometen år 2014 upptäckte man att den har en massa på cirka $1,0 \cdot 10^{13}$ kg och att dess kärna består av två delar som är

ungefär $2.50 \text{ km} \times 2.14 \text{ km} \times 1.64 \text{ km}$ respektive $4.10 \text{ km} \times 3.52 \text{ km} \times 1.63 \text{ km}$. De två delarnas sammansättning får 67P att likna en anka till formen. Dess bana runt solen är kontrollerad av Jupiter, och därför tillhör kometen den så kallade Jupiterfamiljen. Kometer från Jupiterfamiljen kommer från Kuiperbältet, som ett resultat av kollisioner eller gravitationella störningar blev de utstötta från bältet och föll in mot solen. När kometerna korsar Jupiters bana interagerar de med planetens gravitation, och gradvis justeras deras egna banor som ett resultat av det. Så småningom kommer kometerna antingen att kollidera med solen eller en planet, splittras och ånga bort, eller slungas ut ur solsystemet. Fram tills år 1840 var kometens perihelium (där omloppsbanan är som närmast solen) troligtvis mer än 4,0 AE, vilket oftast kan anses vara för långt bort för att kometen ska bli aktiv. Under åren har Jupiters gravitation fått 67Ps perihelium att minska, efter en nära passage av Jupiter år 1959 blev kometens perihelium cirka 1,29 AE, och det har inte ändrats mycket sedan dess (7). Idag är 67Ps perihelium cirka 1,25 AE.

Den 2 mars 2004 skickade ESA upp rymdsonden Rosetta. Rosettas uppdrag var att undersöka kometen 67P, mer specifikt inkluderade uppdraget att undersöka 67Ps kometkärna, dess ursprung och vad det kunde säga om det tidiga solsystemet. 67P var inte det ursprungliga valet. Egentligen planerade man att skicka Rosetta till kometen 46P/Wirtanen, men då uppskjutningen försenades valdes istället 67P som mål (7). Efter uppskjutningen kunde inte rymdsonden flyga direkt till 67P, istället inleddes en serie manövrar som tog den runt solen. I och med detta åkte Rosetta förbi jorden tre gånger och Mars en gång. Varje gång justerades sondens kurs och hastighet för att utvinna energi ur planeternas gravitationsfält.

I augusti 2014 anlände Rosetta till kometen, efter mer än ett decenniums resa. Den långa färden gav tillfälle för andra saker att undersökas på vägen, som asteroiderna 2867 Steins och Lutetia. Det gav också möjligheten att testa och justera manövrar som skulle användas vid 67P. De sista två-tre åren av resan tillbringade Rosetta i dvala, eftersom farkosten var så långt från solen hade solpanelerna på farkosten svårigheter med att hålla alla system i drift. Därför försattes rymdsonden i dvala och allt stängdes av förutom grundläggande system. Den 20 januari 2014 var det dags för Rosetta att vakna, och under de närmaste månaderna väcktes även de 21 instrument som fanns ombord. Tio manövrar utfördes så att rymdsonden skulle sakta farten och inte flyga förbi kometen. Den sista manövern för att anlända till kometen skedde den sjätte augusti 2014. Under de följande veckorna flög Rosetta ännu närmare 67P, och man upptäckte att den inte var potatisformad som förväntat, utan snarare var formad som en anka. Ungefär 100 kilometer från kometen inleddes så kallade "pyramid trajectories", triangelformade banor där kometkärnan själv utgjorde den fjärde spetsen i en tänkt pyramid, för att sonden skulle komma närmare kometen. Därefter inleddes cirkulära banor på allt lägre höjd för att kartlägga kometens yta inför att landaren Philae skulle sättas ner i november (8).



Rosetta's orbit around the comet, ESA, 2014.

Ovan syns en bild på Rosettas ”pyramid trajectories” och övergången till cirkulära banor, nedan finns en länk till videon bilden är tagen från.

[Rosetta's Orbit Around The Comet](#)

Den 10 september 2014 fångades Rosetta av 67Ps gravitation, vid ett avstånd på 30 kilometer. Farkosten kom ännu närmare under tiden som följde, ibland så nära som nio kilometer från kometens center. I november 2014 skickades landaren Philae ner till 67Ps yta. Philae hamnade i dvala kort efter sin landning för att spara energi, och vaknade inte förrän sju månader senare, i juni 2015. I juli 2015 hade Philae kontakt med Rosetta för sista gången då förhållandena på 67P blivit ohållbara för landaren. Medan Philae var på kometen och genomförde sina mätningar låg Rosetta kvar i omloppsbanan runt 67P och tog emot data från landaren och utförde sina egna mätningar. Den sista september 2016 avslutades även Rosettas uppdrag i och med att rymdsonden utförde en kontrollerad landning på 67Ps yta (8).

Rymdfarkosten Rosetta hade en mittendel som var boxformad med måtten 2,8 m x 2,1 m x 2,0 m. På motsatta sidor av mittendelen satt två solpaneler med längden 14 m, eller totalt 64 m², som försåg farkostens system med elektricitet. Ombord på Rosetta fanns 21 stycken instrument varav tio fanns på landaren Philae. De elva instrument som fanns på själva rymdfarkosten var följande:

ALICE (Ultraviolet Imaging Spectrometer)

CONCERT (Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission)

COSIMA (Cometary Secondary Ion Mass Analyzer)

GIADA (Grain Impact Analyzer and Dust Accumulator)

MIDAS (Micro-Imaging Dust Analysis System)

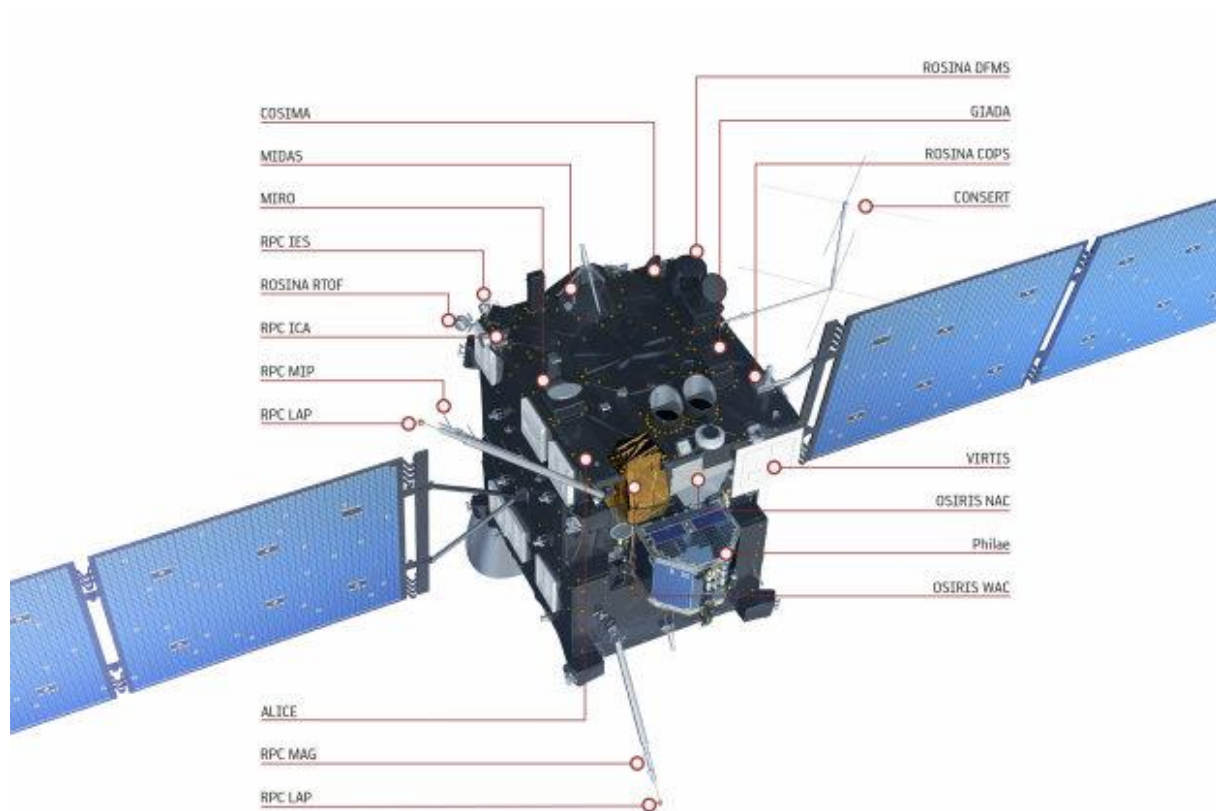
MIRO (Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter)

OSIRIS (Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System)

ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis)
RPC (Rosetta Plasma Consortium)
RSI (Radio Science Investigation)
VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer)

Instrumentgruppen RPC bestod av följande instrument:

ICA (Ion Composition Analyser)
IES (Ion and Electron Sensor)
LAP (Langmuir Probe)
MAG (Fluxgate Magnetometer)
MIP (Mutual Impedance Probe)
PIU (Plasma Interface Unit) (9)

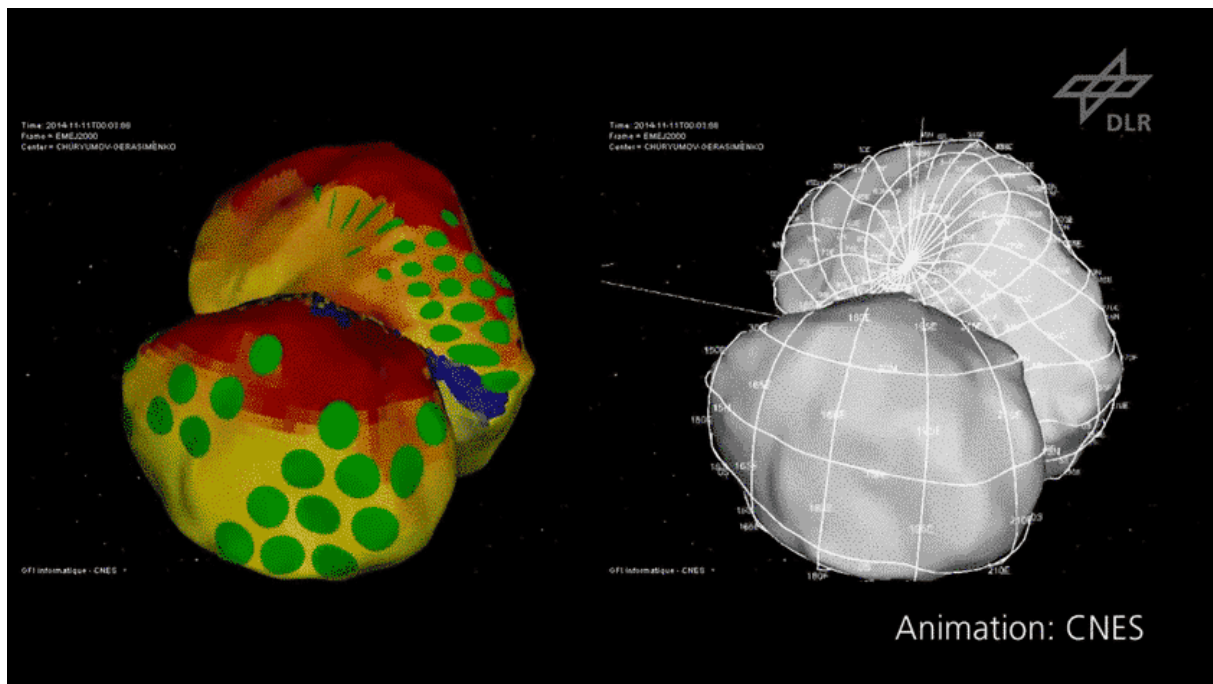


ESA/ATG medialab, 2014.

Instrumentet LAP, som bestod av två identiska Langmuirprober monterade på Rosetta, tillhandahölls och drevs av IRF Uppsala. De två proberna kallades för LAP1 och LAP2 och satt monterade 5 meter ifrån varandra på 1,6 meter och 2,2 meter långa bommar. Själva sensorerna var titansfärer med en diameter på 5 centimeter och en ytbeläggning av titannitrid. Överallt i rymden finns rymdplasma, en tunn gas av elektriskt laddade partiklar. Genom att lägga på en spänning på Langmuirproben så kan man uppmäta en ström till den, och genom att variera spänningen och mäta hur strömmen till den förändras kan man ta reda på olika

egenskaper hos rymdplasma. Exempelvis så kan man med hjälp av den uppmätta strömmen räkna ut temperatur, hastighet, täthet och tryck (10 & 11). Strömmen är proportionell mot plasmatätheten enligt $I_0 = A \cdot n \cdot e \cdot \sqrt{2 \cdot k \cdot T / \pi \cdot m}$ där I är ström, A är arean på proben, n är plasmatätheten eller elektronkoncentrationen, e är elektronens laddning och $\sqrt{2 \cdot k \cdot T / \pi \cdot m}$ är elektronernas medelhastighet vinkelrätt mot probytan (12).

Langmuirproberna mäter i olika sorters plasma, exempelvis kometplasma och solvind. Kometplasma är plasma genererad av kometen, det vill säga dess jonosfär, medan solvinden kommer från solen. Därför har olika plasman olika sammansättningar. Kometplasma är huvudsakligen vattenjoner och elektroner eftersom det mesta av materialet som sublimerar från en komet är just vatten. Solvinden består av protoner, heliumjoner och elektroner eftersom solen består av väte och helium. När Langmuirproberna mäter solvindens plasmatäthet varierar det en hel del. Kometplasmats täthet varierar också, men variationerna är regelbundna och styrs av kometens form, rotation och sammansättning. Kometen 67P är formad ungefär som en anka, med ett kometdygn på cirka 12 timmar innebär det att kometen visar bredsida mot solen var sjätte timme. Eftersom bredsida har en större area än kortsida blir gasutströmning större när kometens bredsida är vända mot solen. Större gasutströmning innebär att mer gas joniseras och blir till plasma, därför borde man se en topp i den uppmätta tätheten - och därmed strömmen - var sjätte timme. Man tittar dessutom på hur strömmen - tätheten - ser ut i förhållande till longituden för 67P. Ett koordinatsystem är fäst i kometen. Där löper longitudlinjerna samman vid nordpolen, som är placerad strax nedanför nacken på ryggen på kometen. Ekvatorn delar in 67P i norra och södra halvklotet eller halvankan. Ovansida rygg och baksida huvud är norra halvklotet, undersidan och framsida huvud är södra halvklotet. Norra halvankan ligger på en positiv latitud medan södra halvankan ligger på en negativ latitud. Longitudlinjerna går från pol till pol, och därför finns det longituder för kometen som ger optimal bredsida mot solen. De longituderna är mellan 60° och 90° , och mellan -90° och -120° . Mäter man ström i förhållande till longituden borde det alltså finnas toppar i tätheten vid antingen 60° och -120° , eller vid 90° och -90° om det finns tecken på en jonosfär. Som tidigare nämnt är detta eftersom kometens gasutströmning är som störst när någon av dess bredsida är vända mot solen, och en större mängd neutralgas resulterar i en större mängd joniserade partiklar och därmed en större plasmatäthet. Finns det toppar i strömmen i förhållande till tiden var sjätte timme och toppar i strömmen i förhållande till longituden vid longituderna tidigare nämnda är det ett tecken på att en jonosfär finns.



ESA, 2014.

Ovan syns två modeller av 67P. Den vänstra modellen visar solexponering (de röda partierna får mest solljus och de blåa minst) och vad som år 2014 bedömdes som möjliga landningsplatser för landaren Philae (de gröna prickarna). Den högra modellen visar koordinatsystemet som är fäst i kometen, med nordpolen belägen på ryggen. Nedanför finns en länk som visar en animering av bilden där kometens rotation syns.

[67Ps koordinatsystem](#)

2.2 Frågeställning

När rymdfarkosten Rosetta kom fram till kometen 67P i augusti 2014 var kometen ungefär 3,6 AE från solen. I oktober 2014 på cirka 3 AE från solen observerades tecken på en jonosfär (13). Fanns tecken på en jonosfär tidigare än så? Detta ledde fram till frågeställningen:

Till vilken grad kan man säga att det finns en jonosfär när kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko är mer än 3 AE från solen?

Ett tillägg till frågeställningen gäller att undersöka huruvida att mäta standardavvikelser för ström som funktioner av tid och longitud fungerar lika väl som att mäta ström som funktioner av tid och longitud.

2.3 Begreppslista

AE/AU: Astronomisk enhet, astronomical unit. Avståndet mellan solen och jorden, cirka $1,496 \cdot 10^8$ km.

ESA: European Space Agency.

Geometrifiler: Innehåller Rosettas position, framräknad med rutiner från ESA, sammanställda av Elias Odelstad.

IRF: Institutet för rymdfysik.

Jonosfär: En joniserad del av en atmosfär, ett område i atmosfären som är elektriskt ledande.

LAP: Langmuirprob, en slags rymdväderstation opererad av IRF.

LAP1: Den ena av två Langmuirprober.

LAP2: Den andra av två Langmuirprober.

NASA: National Aeronautics and Space Administration.

Plasma: Ett aggregationstillstånd där elektronerna har separerats från sina atomkärnor.

SAA: Solar Aspect Angle, solaspektvinkel. Hur rymdfarkosten är vriden i förhållande till solen.

Solvind: Ett flöde av plasma som hela tiden skickas ut från solen ut i solsystemet.

Sublimering: När ett ämne direkt övergår från fast form till gasform utan att först vara flytande.

Översiktsplottar: Sammanställd data från instrumentet LAP, gjorda av Elias Odelstad.

3 **Metod**

Översiktsplottar från perioden juli-augusti 2014 gjorda av Elias Odelstad med data från instrumentet LAP analyserades. Intervall där mätningarna var ostörda av vridningar av Rosetta eller störningar från andra instrument på Rosetta bedömdes som intressanta och undersöktes närmare. En tabell fördes över starttid för intervallen, hur långa de var, latituden under intervallen, kilometer från kometen under intervallen, vinklar för SAA och position på LAP1 under intervallen. Sedan analyserades tabellen och översiktsplottarna för att hitta intressanta intervall där avvikelser i strömmen som uppmätts av LAP kunde ses. Intervallen undersöktes för att se om de var av intresse eller ej. Efter det överfördes LAP-data från de intressanta intervallen till excel. Datan som överfördes var tidsstämplar för mätningarna, i sekunder sedan proben började mäta (ungefär 2003), medelvärden av ström uppmätt under 32 sekunder, standardavvikelser för strömmen under samma tid, spänningen som lades på och standardavvikelser för spänningen. Grafer gjordes över ström och standardavvikelser för ström som funktioner av tiden. Sedan överfördes longituddatan från geometrifierarna som är framräknade med rutiner från ESA till samma exceldokument och grafer över ström som en funktion av longitud och standardavvikelser för ström som en funktion av longituden gjordes. Efter det jämfördes graferna för varje intressant intervall och de med toppar var sjätte timme och runt longituderna 90 grader och -90 grader eller 60 grader och -120 grader valdes ut eftersom de visade tecken på en jonosfär.

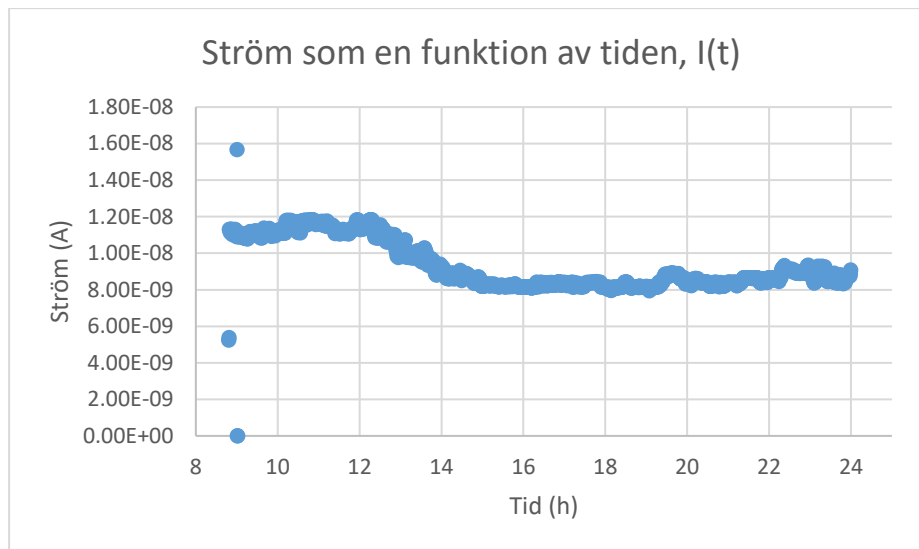
4 **Resultat**

Tabell 1s innehåll är sammanställt från översiktsplottar från perioden juli-augusti 2014 gjorda av Elias Odelstad med data från instrumentet LAP (se Bilaga 1). Figur 1-48 är diagram sammanställda med data från instrumentet LAP (se Bilaga 2) och geometrifier (se Bilaga 3) som är framräknade med rutiner från ESA. Den sammanställda datan från Bilaga 2 och Bilaga 3 samt Figur 1-48 ses i Bilaga 4.

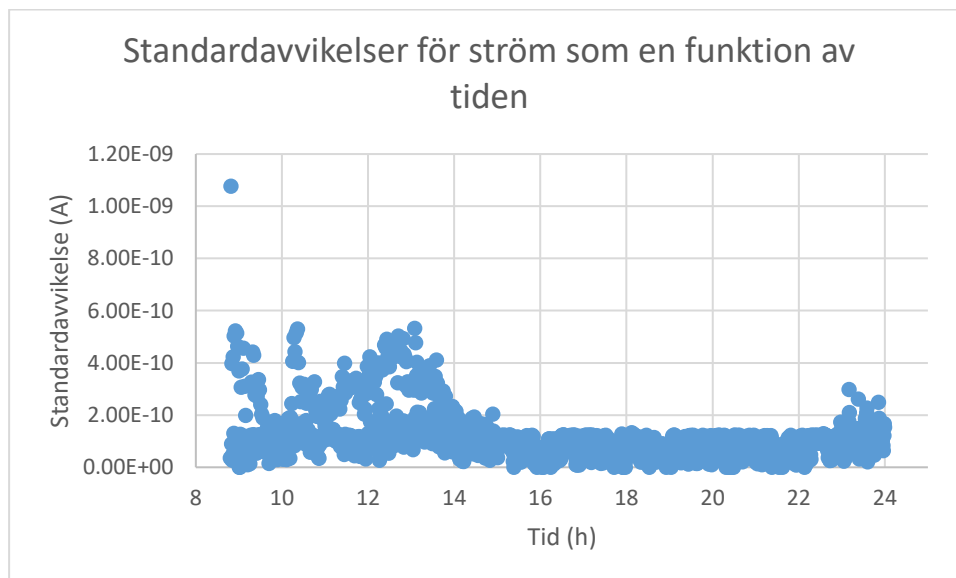
Begreppet mod som förekommer i Tabell 1s tabellhuvud indikerar hur LAP är inställd. Det finns med i tabellen för att visa vilka intervall som är jämförbara. De intervall som har samma mod hade samma inställningar. Emellertid så borde inte skillnaden mellan modsen 506 och 604 betyda något här.

Tabell 1 - Tabell över intervallstart, intervalllängd, mod, latitud och vinklar och position på LAP1.

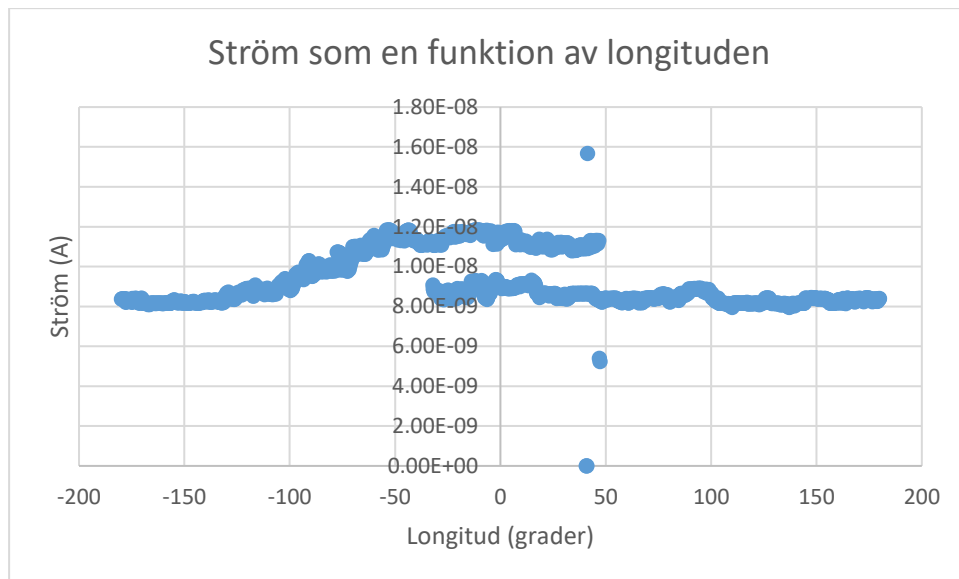
Intervallstart	Intervalllängd (h)	Mod	Avstånd (km)	Latitud (grader)	Vinklar (grader) och position på LAP1
2014-07-11, 04:50	11:20	604	17500-16000	40	SAA är cirka 160 och LAP1 är i skugga
2014-07-19, 08:50	12	604	7000-6000	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-20, 06:40	20	506	6000-5300	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-21, 08:50	17:25	604	5100-4700	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-25, 08:50	21	604	3200-2900	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-26, 11:50	19	506	2800-2500	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-27, 14:50	21	604	2300-2000	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-28, 17:50	19	506	2000-1750	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-29, 20:50	21	604	1600-1400	40	SAA är cirka 170 och LAP1 är i skugga
2014-07-30, 23:50	20:50	506	1300-1000	40	SAA är cirka 165 och LAP1 är i skugga
2014-08-01, 02:45	07:25	604	950-900	30	SAA är cirka 165 och LAP1 är i skugga
2014-08-01, 22:00	24	604	750-400	20	SAA är cirka 165-155 och LAP1 är i skugga
2014-08-02, 22:00	9	506	400-300	20-10	SAA är cirka 155-145 och LAP1 är i skugga
2014-08-03, 22:00	52:45	506	200-75	10-20	SAA är cirka 140-130 och LAP1 är i skugga de första 47 h
2014-08-06, 15:30	16:30	506	60-65	25-40	SAA är cirka 130-135 och LAP1 är i sol de första 8 h
2014-08-07, 22:00	25	604	70-75	50-80	SAA är cirka 140-145 och LAP1 är i skugga
2014-08-08, 23:00	11	506	75	80	SAA är cirka 145-135 och LAP1 är i skugga
2014-08-11, 22:00	28	604	80-75	40-0	SAA är cirka 150-130 och LAP1 är i skugga
2014-08-15, 22:00	34	506	80-65	20-25	SAA är cirka 150-130 och LAP1 är i skugga
2014-08-17, 22:45	35:15	506	75-65	40-80	SAA är cirka 135-145 och LAP1 är i skugga
2014-08-21, 22:00	31	506	55-50	50-20	SAA är cirka 140-135 och LAP1 är i skugga
2014-08-24, 17:00	17:10	506	40	0	SAA är cirka 130-135 och LAP1 är mestadels i skugga
2014-08-25, 22:00	20:30	506	40	5-10	SAA är cirka 135-130 och LAP1 är i skugga
2014-08-29, 22:00	20:30	506	40	80-75	SAA är cirka 135-130 och LAP1 åker in och ut ur skugga



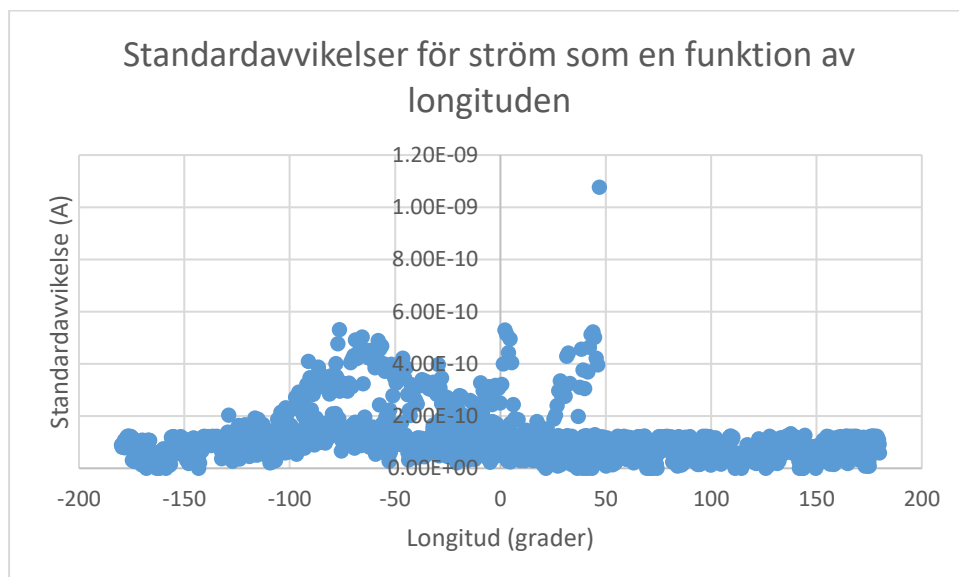
Figur 1 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-21



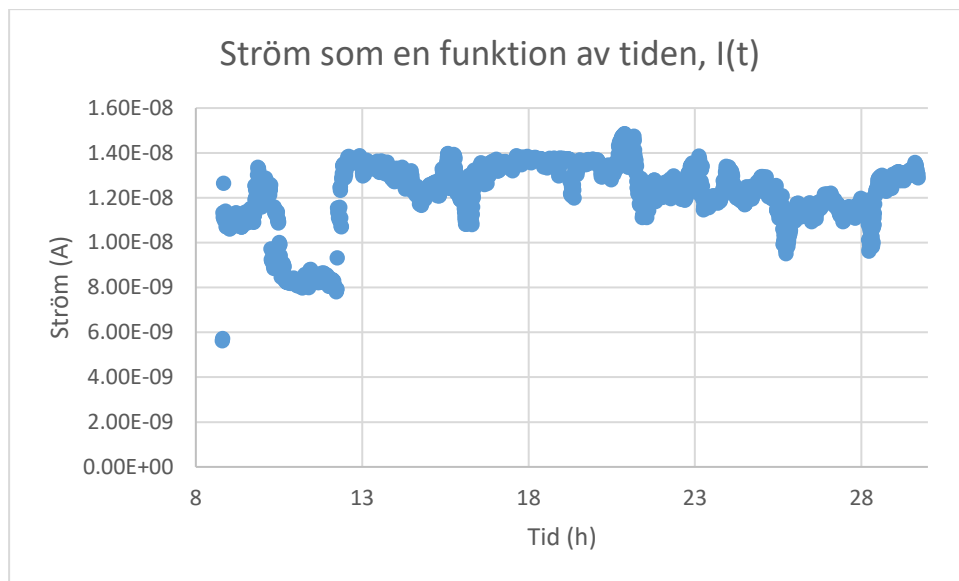
Figur 2 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-21



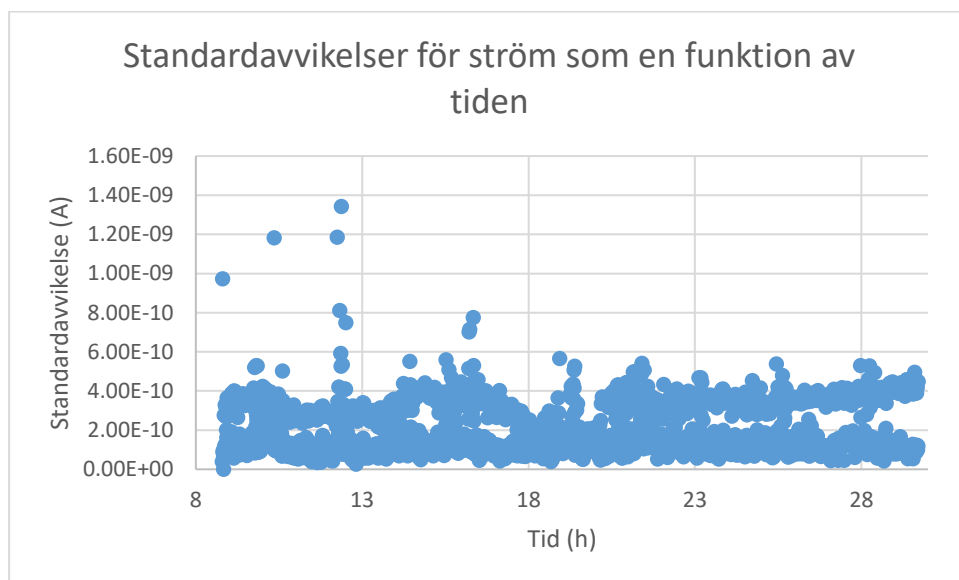
Figur 3 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-21



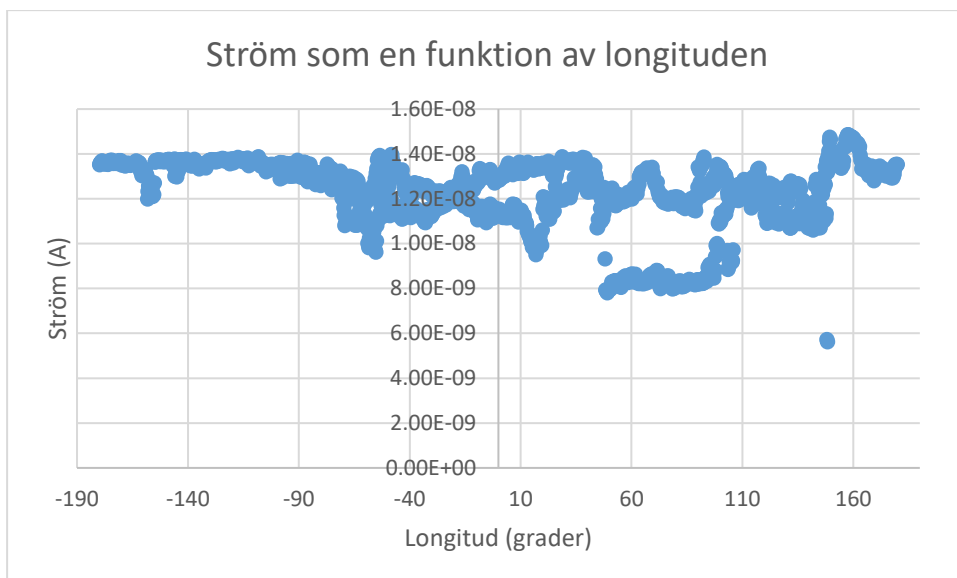
Figur 4 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-21



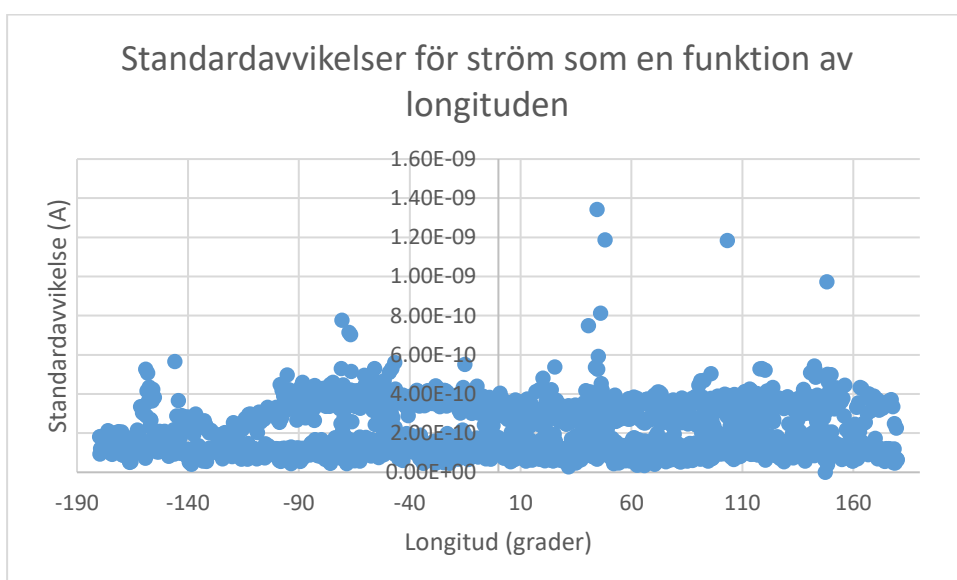
Figur 5 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-(25-26)



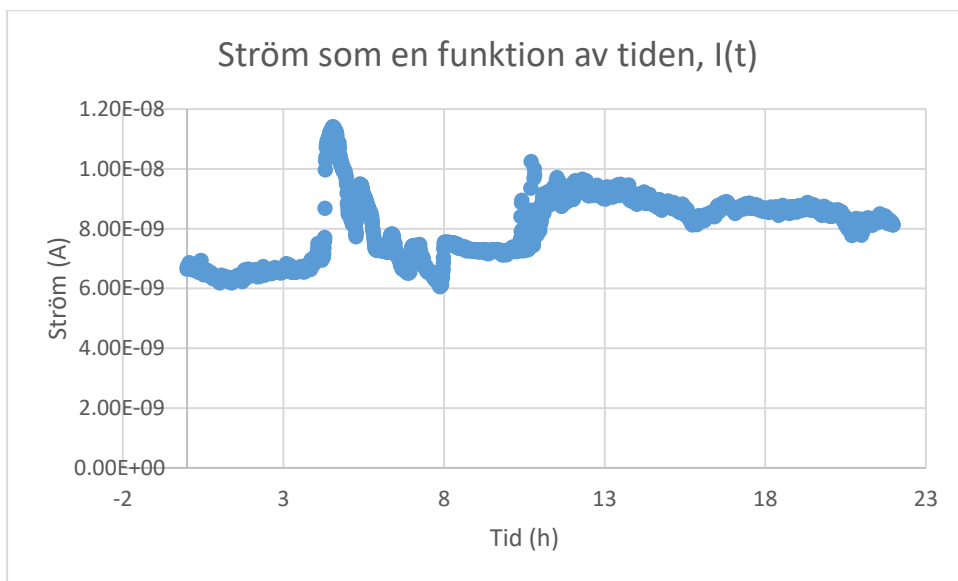
Figur 6 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-07-(25-26)



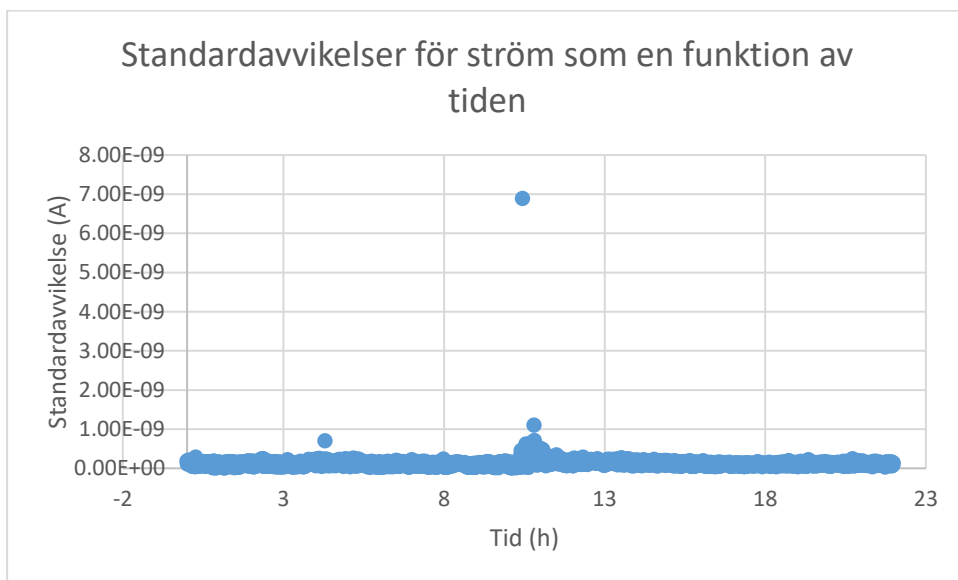
Figur 7 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-(25-26)



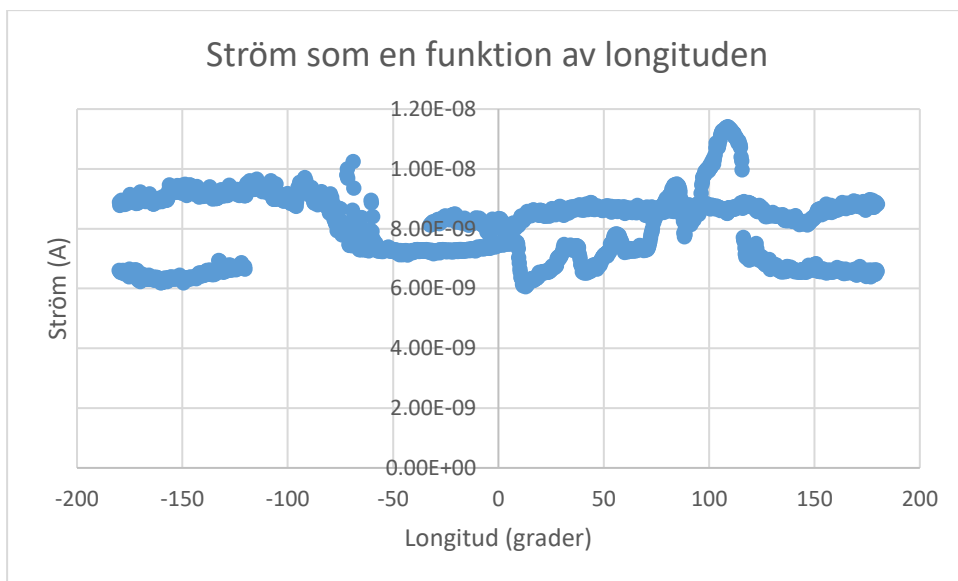
Figur 8 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-07-(25-26)



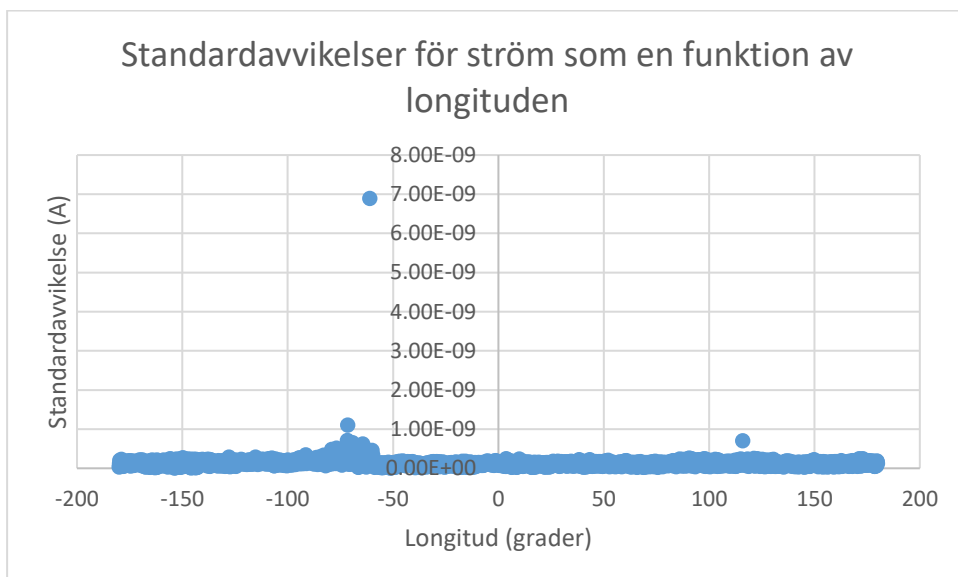
Figur 9 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-02



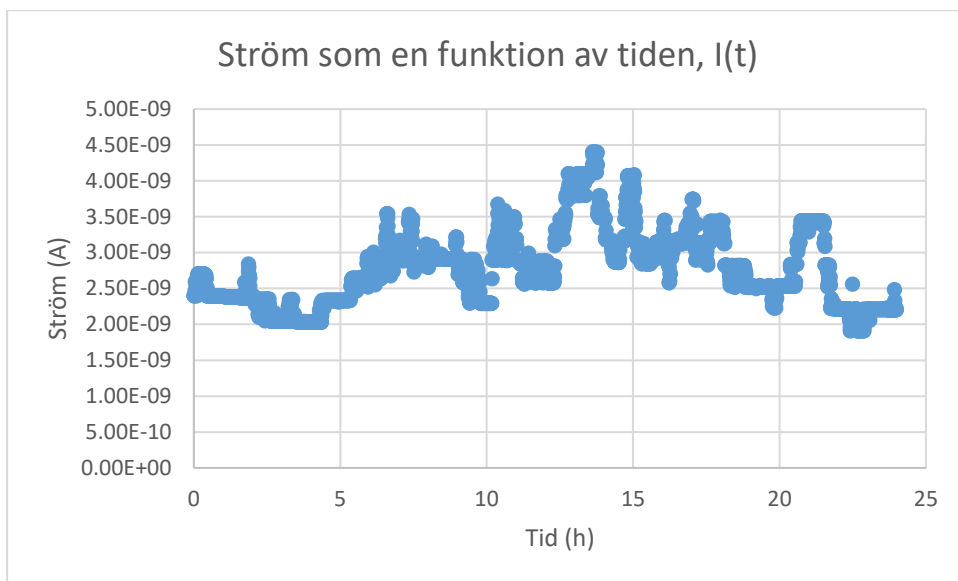
Figur 10 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-02



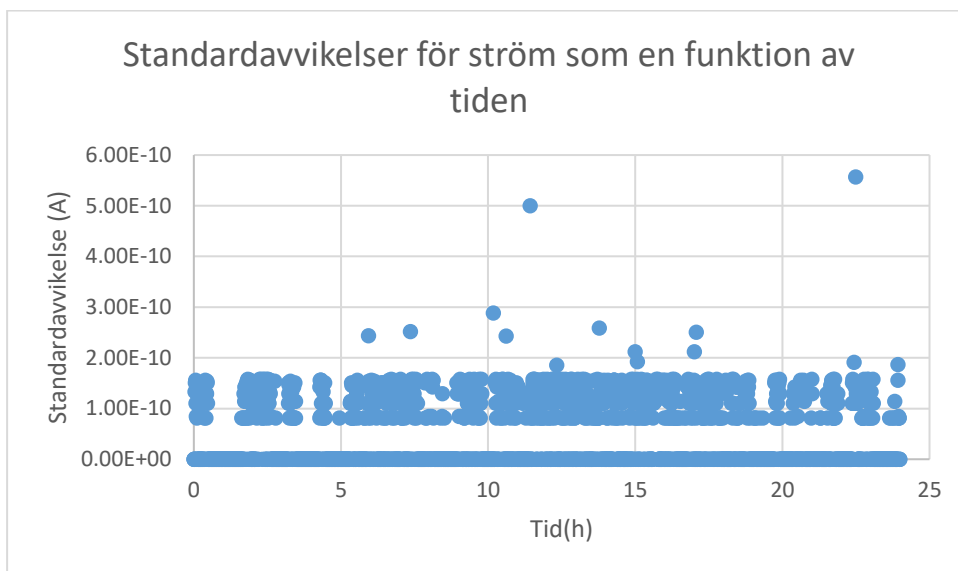
Figur 11 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-02



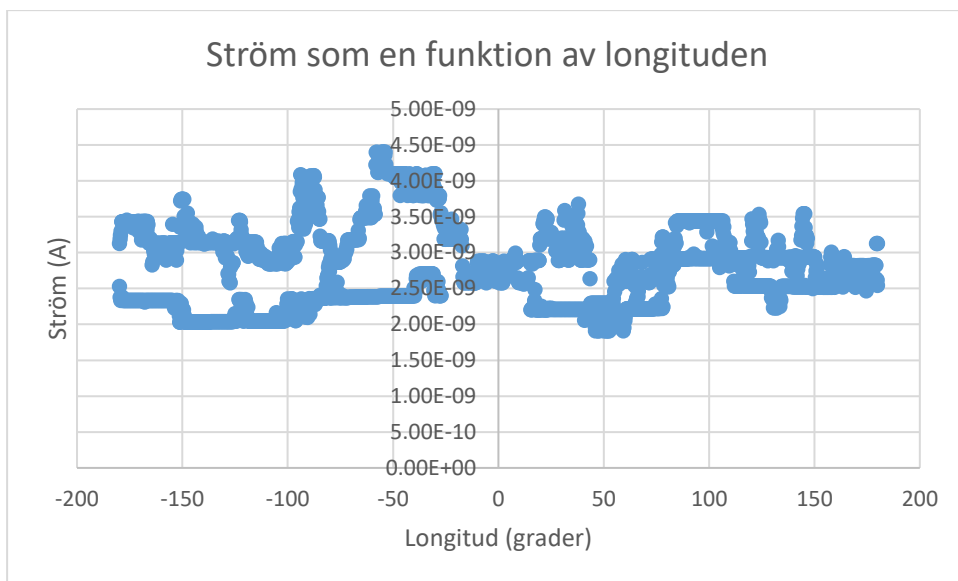
Figur 12 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-02



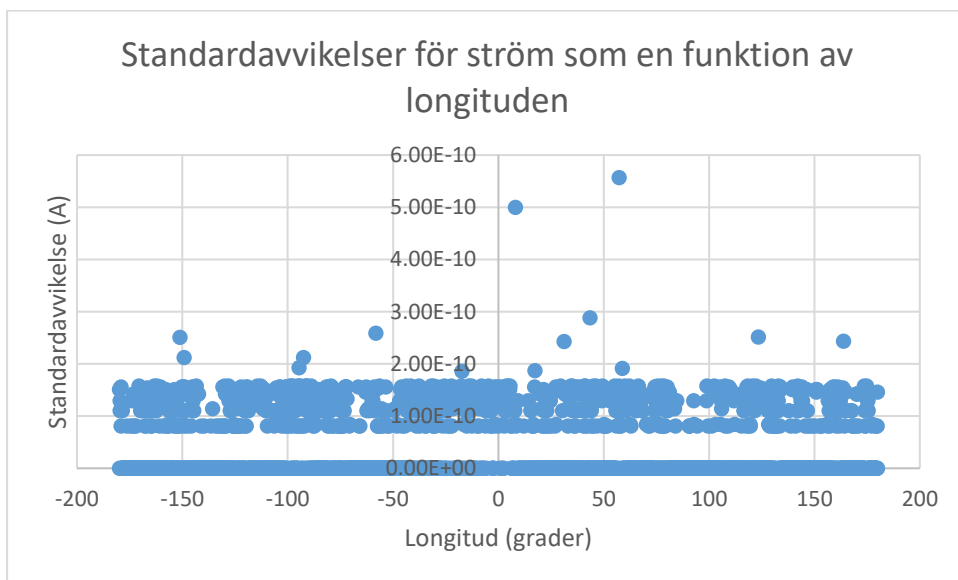
Figur 13 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-05



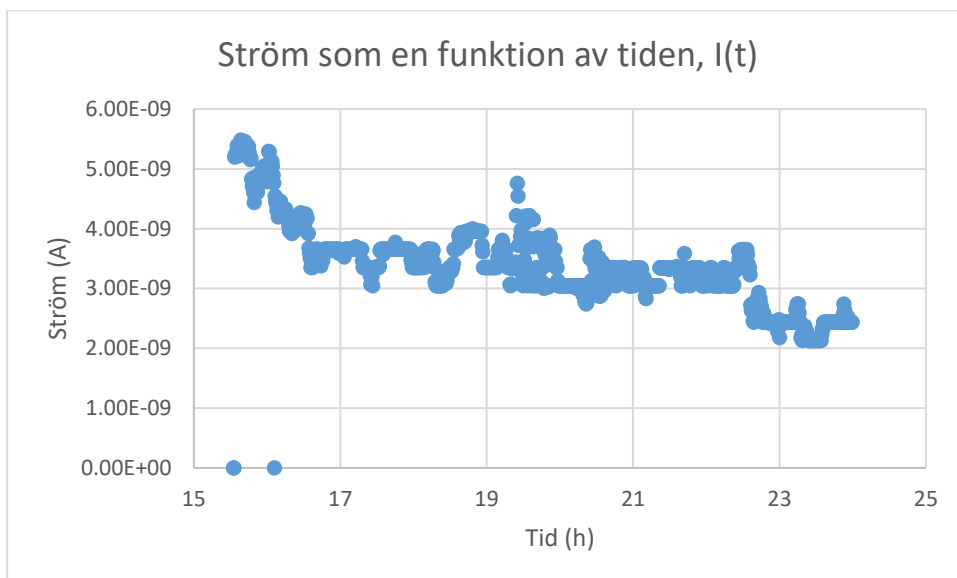
Figur 14 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-05



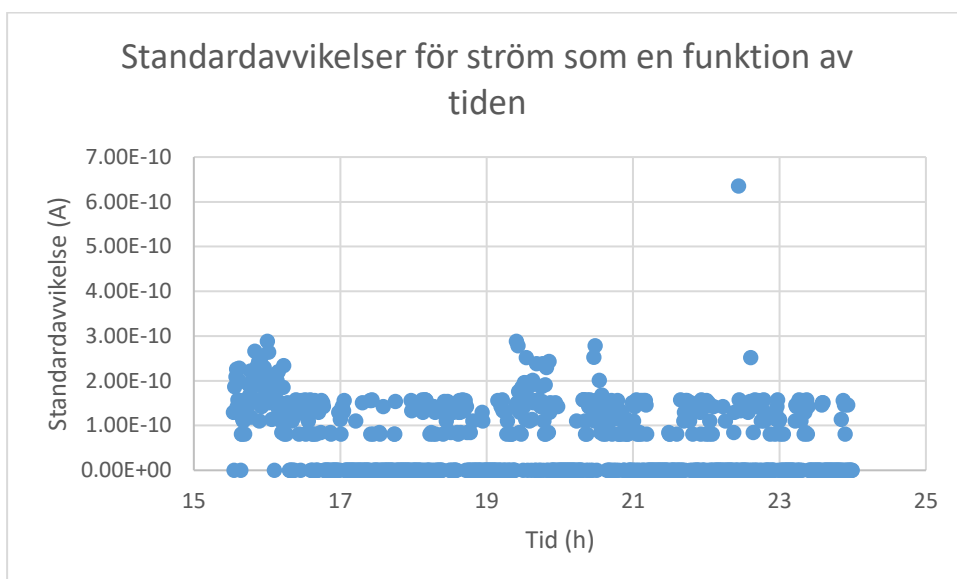
Figur 15 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-05



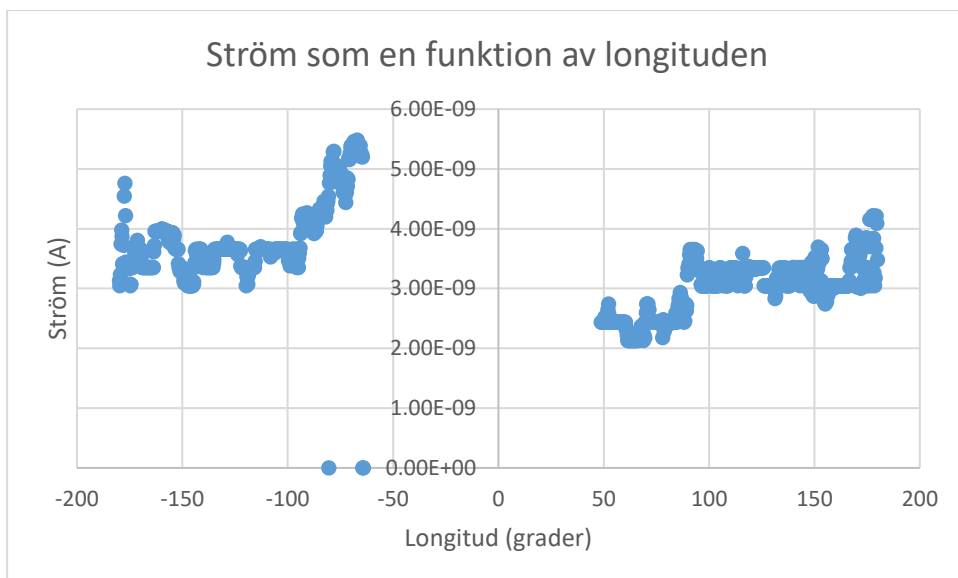
Figur 16 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-05



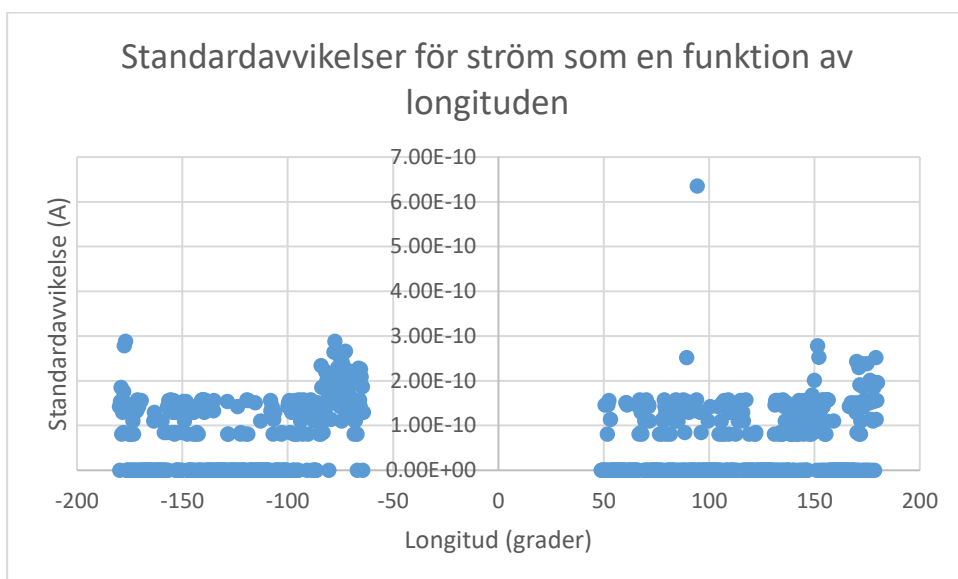
Figur 17 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-06



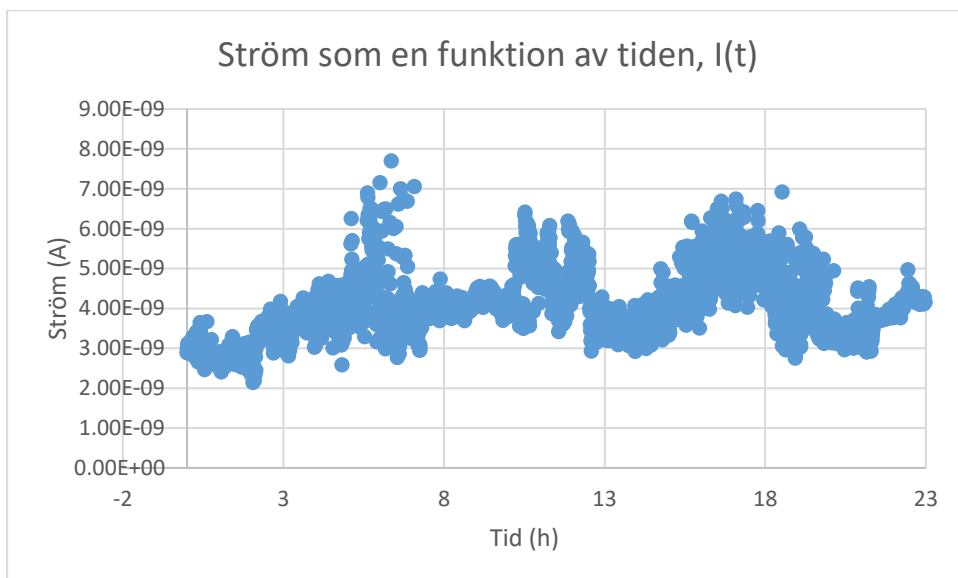
Figur 18 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-06



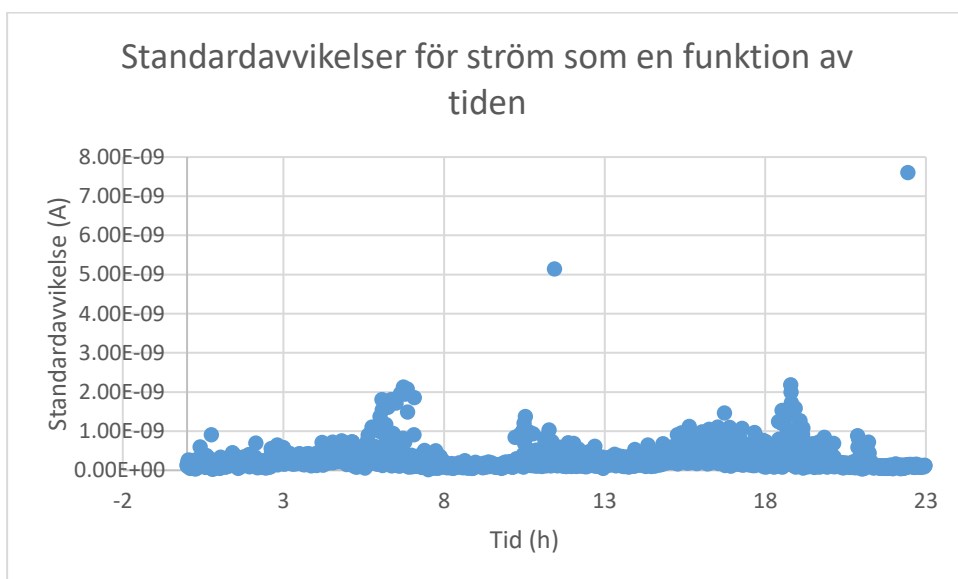
Figur 19 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-06



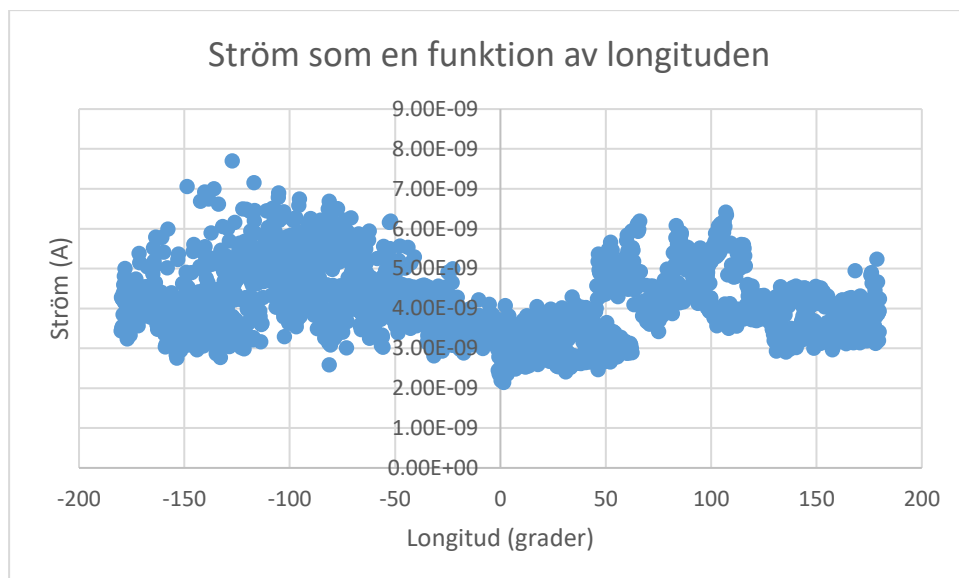
Figur 20 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-06



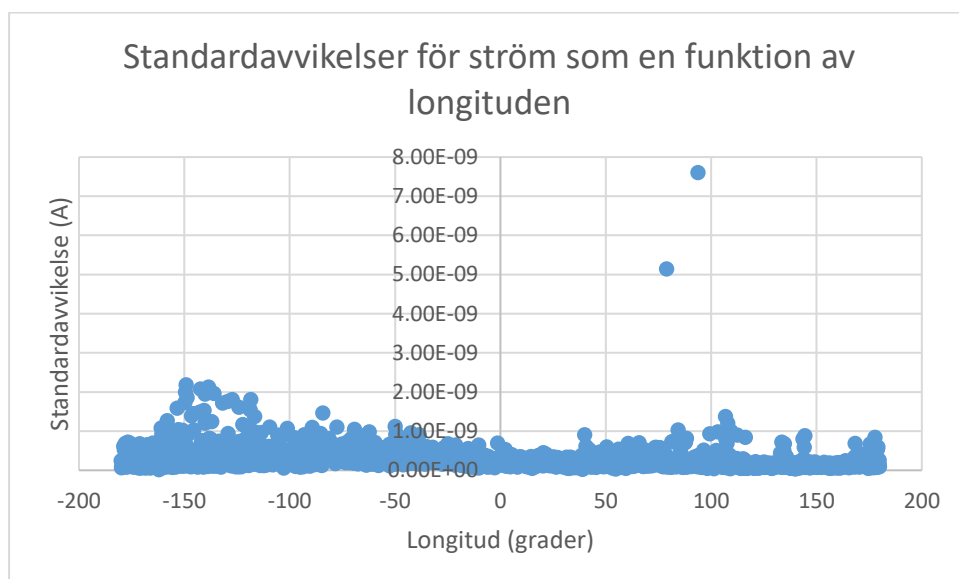
Figur 21 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-08



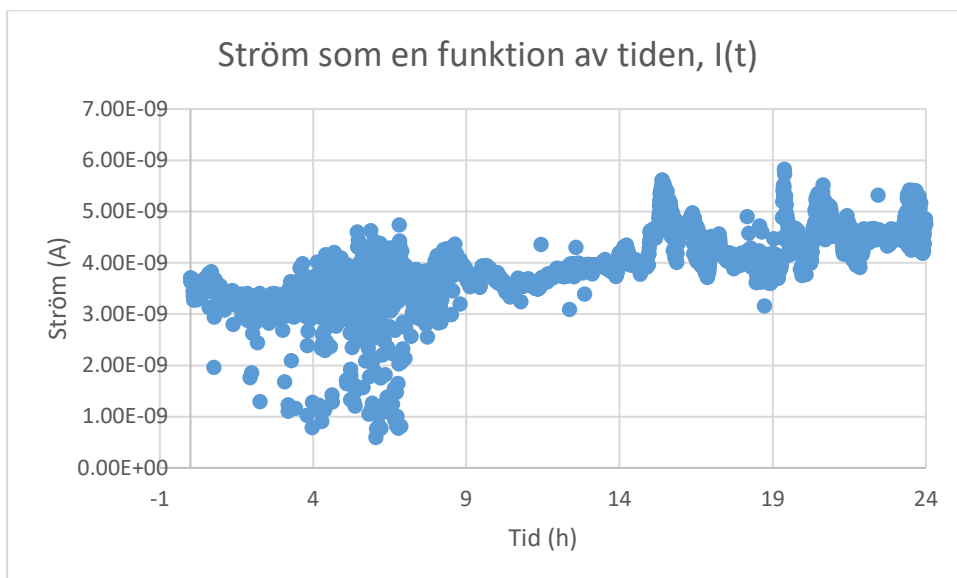
Figur 22 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-08



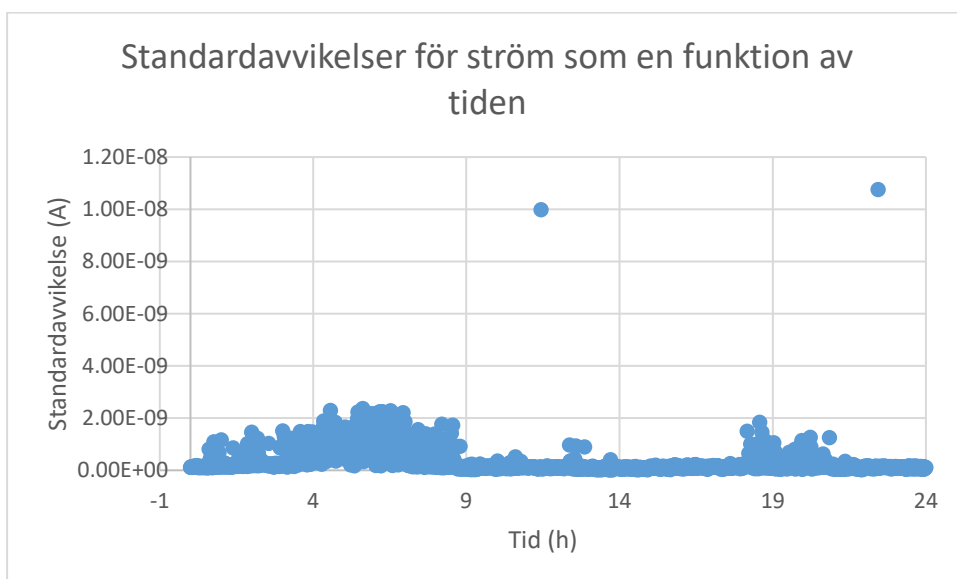
Figur 23 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-08



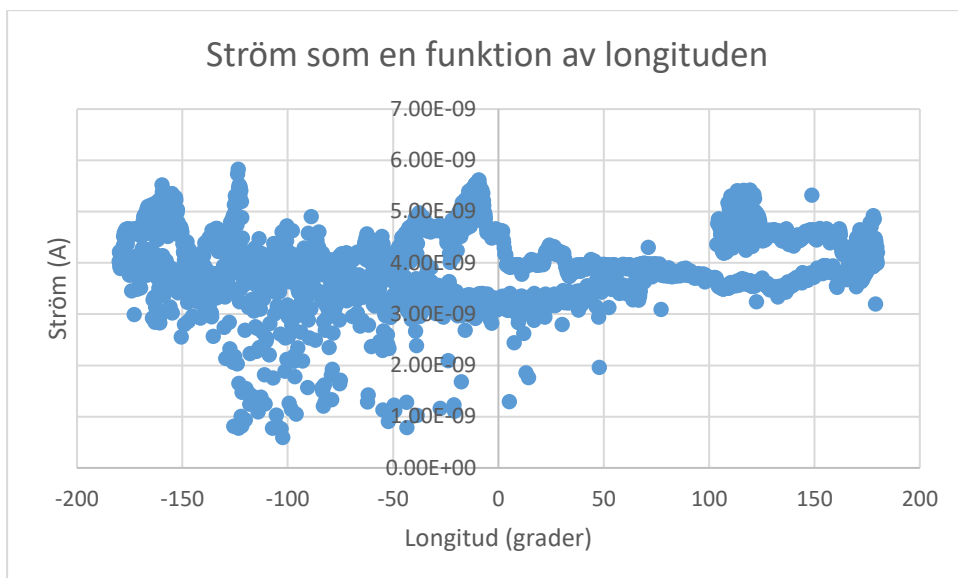
Figur 24 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-08



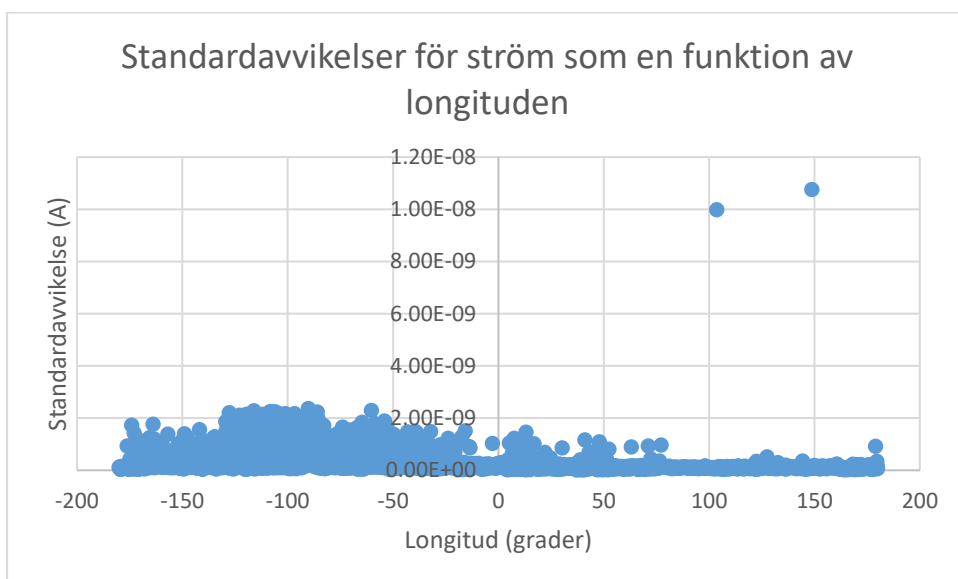
Figur 25 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-12



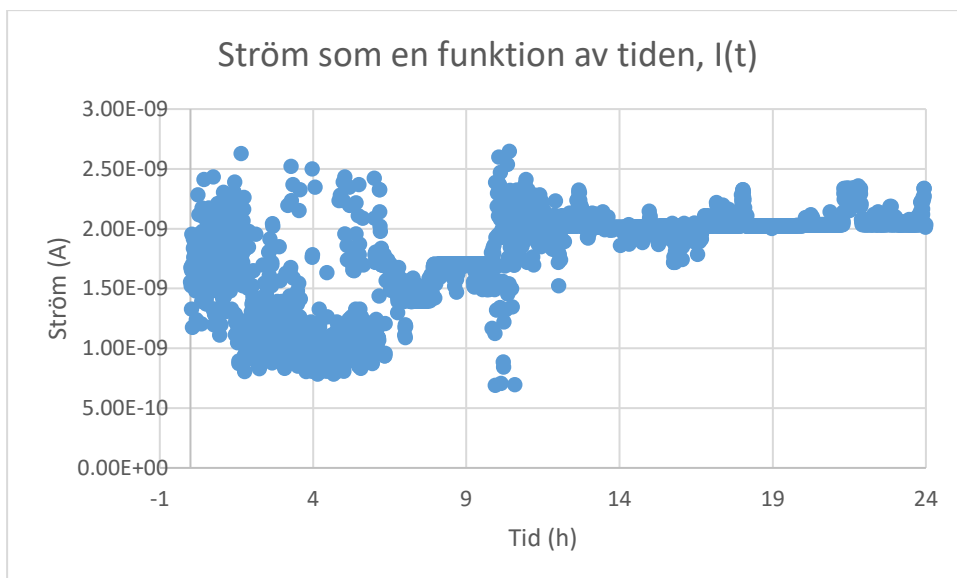
Figur 26 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-12



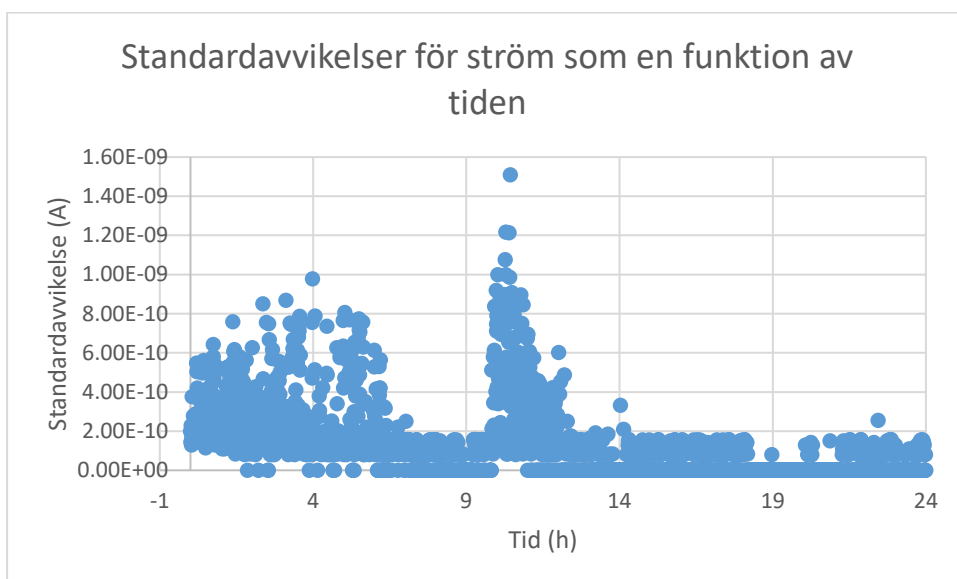
Figur 27 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-12



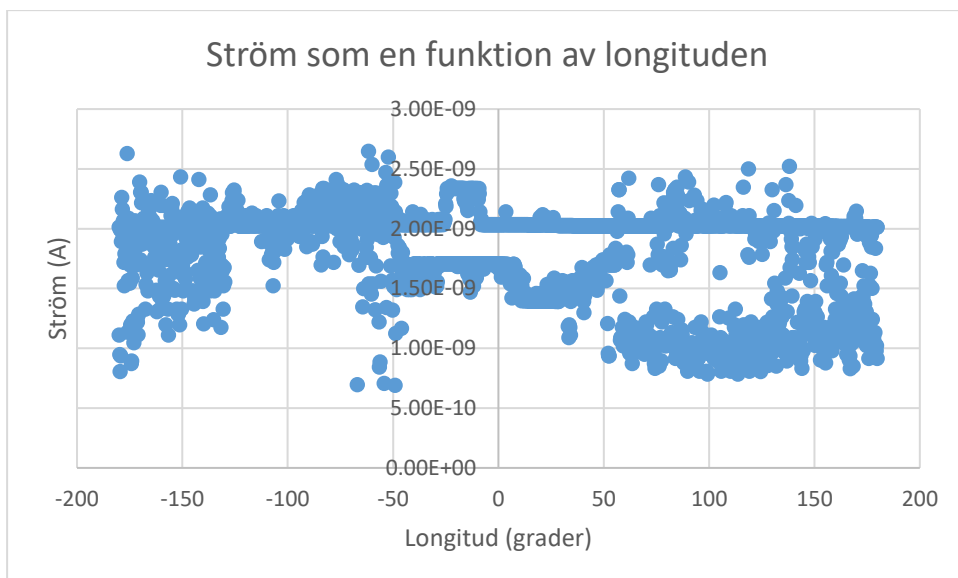
Figur 28 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-12



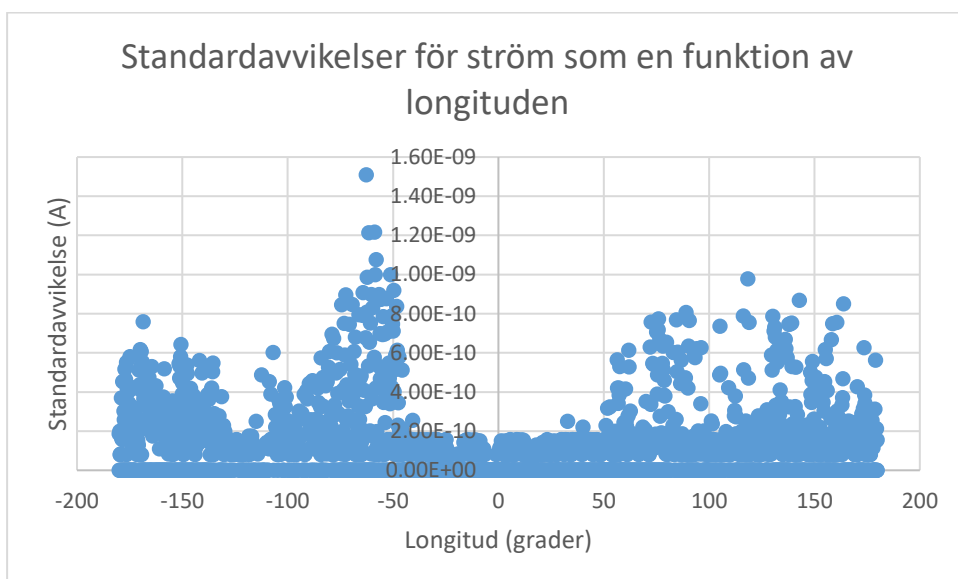
Figur 29 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-16



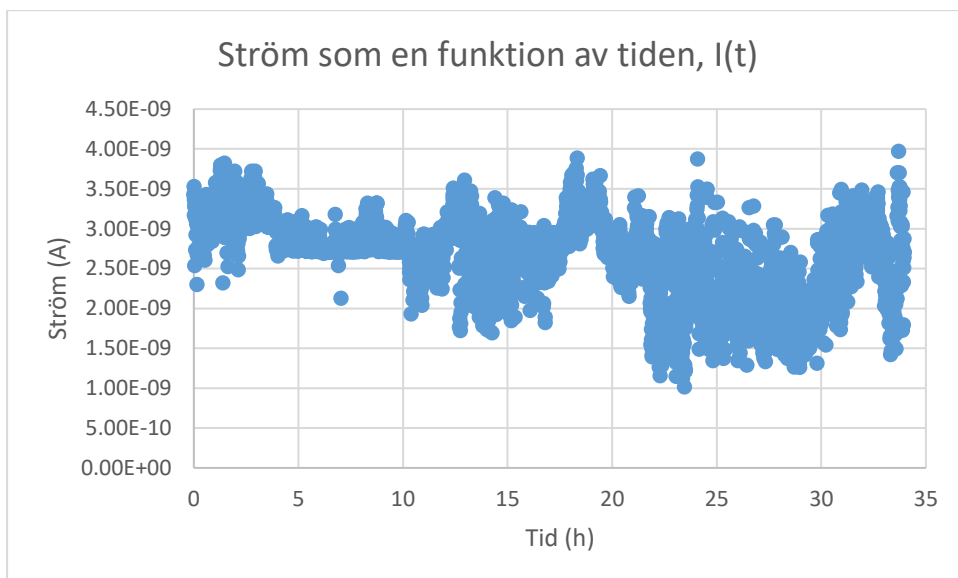
Figur 30 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-16



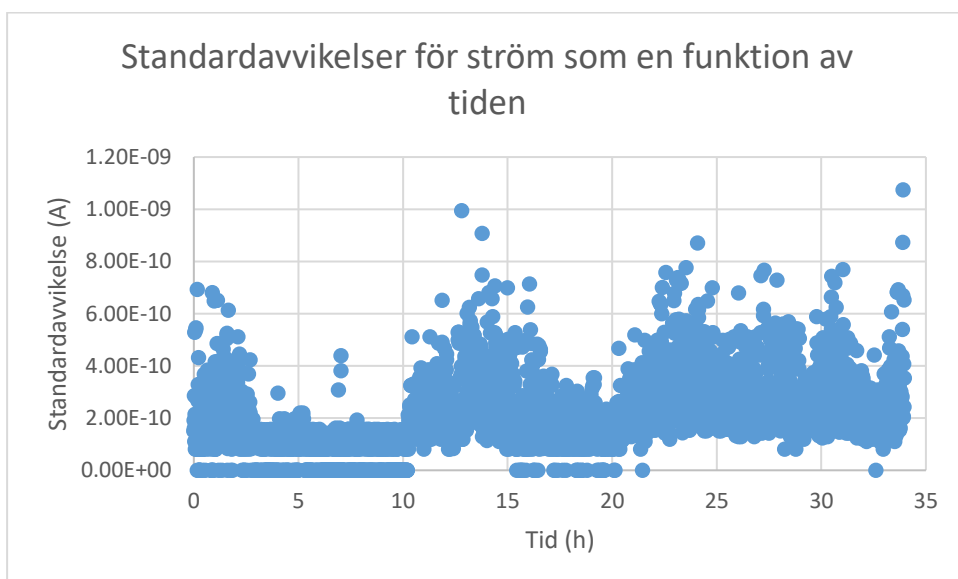
Figur 31 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-16



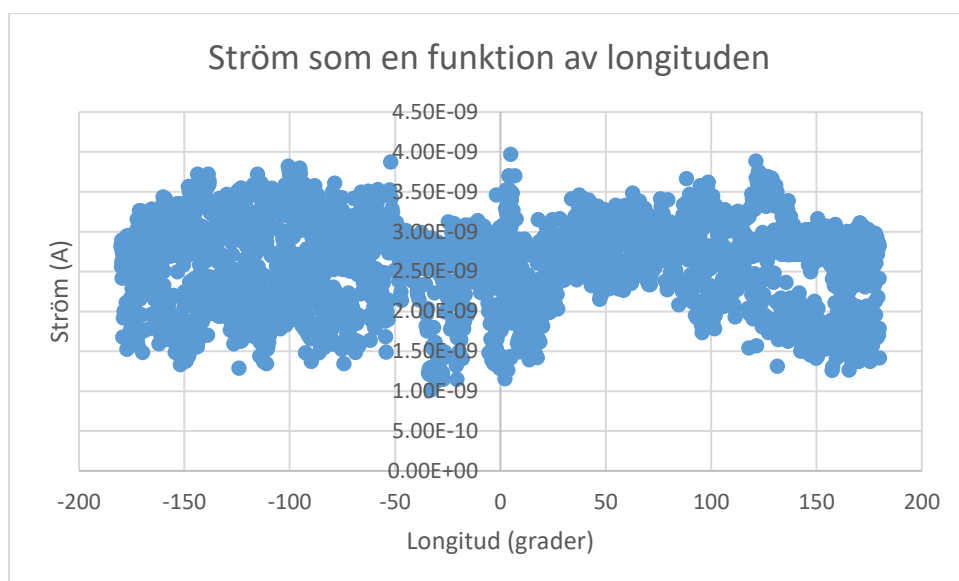
Figur 32 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-16



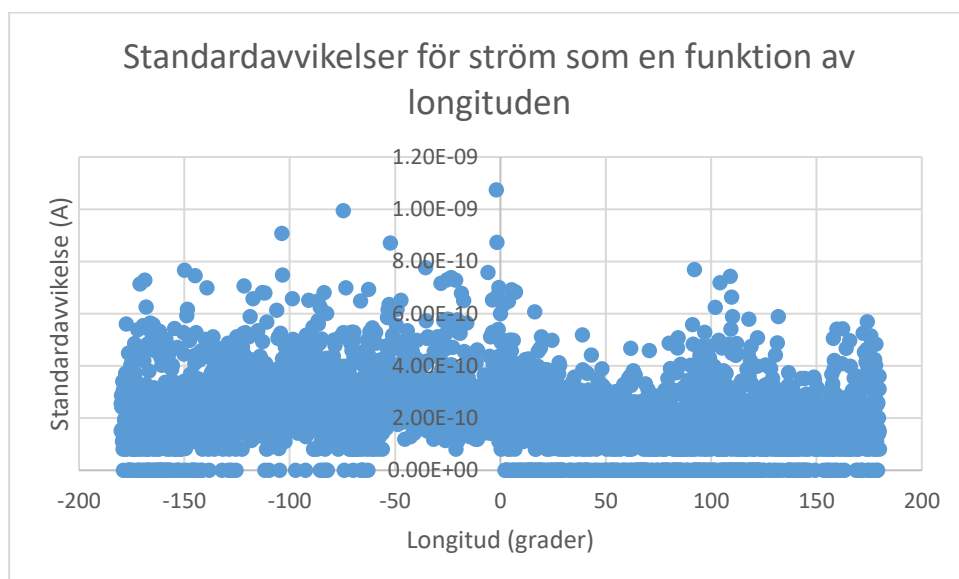
Figur 33 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(18-19)



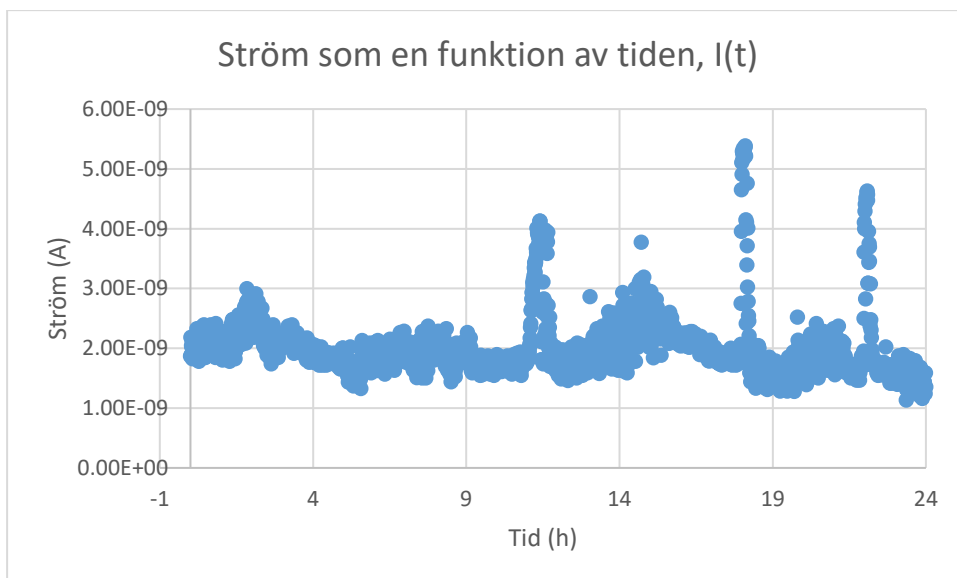
Figur 34 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(18-19)



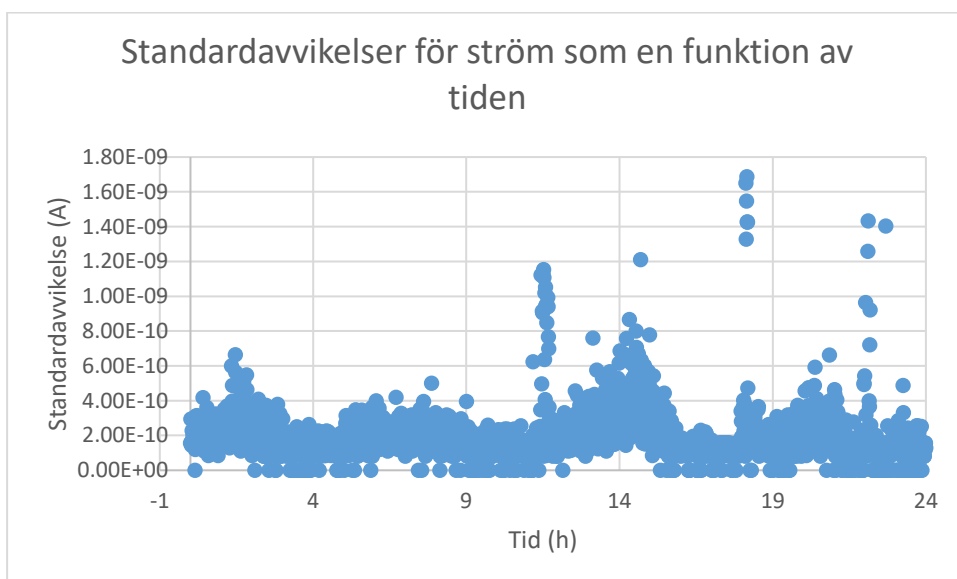
Figur 35 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(18-19)



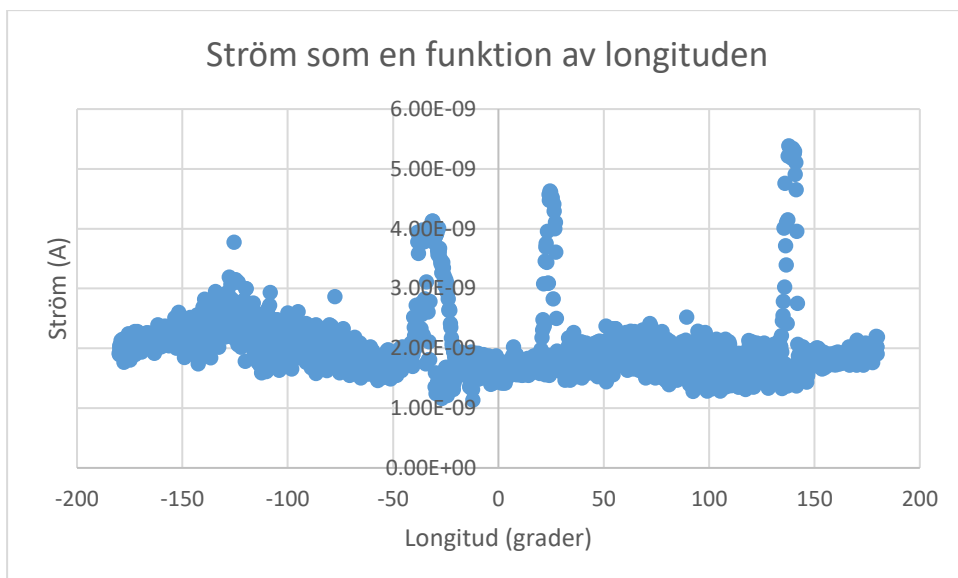
Figur 36 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(18-19)



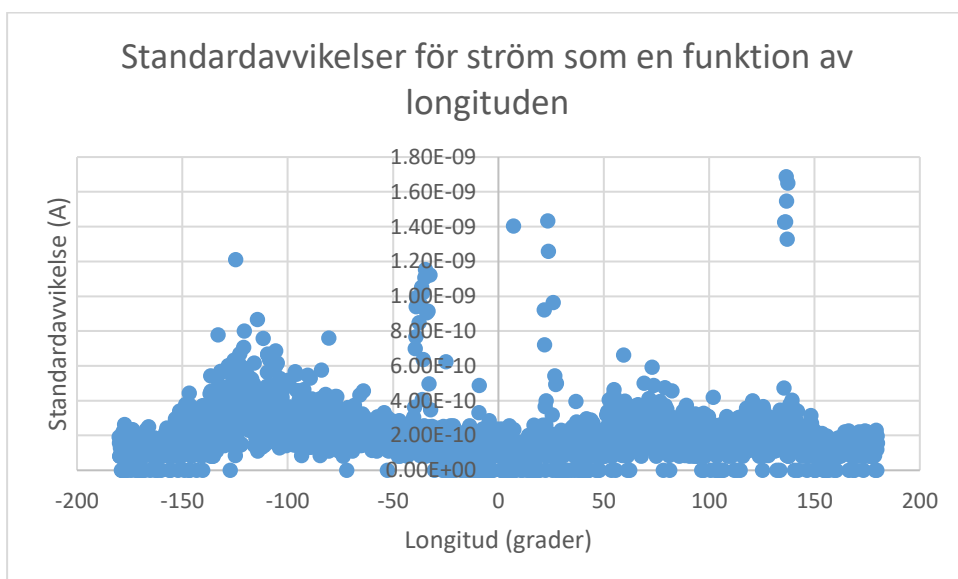
Figur 37– Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-22



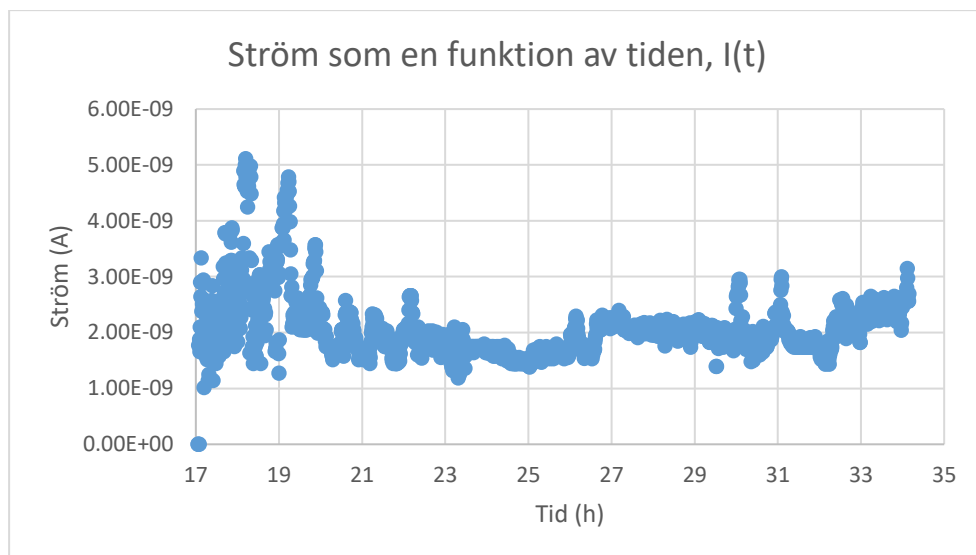
Figur 38 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-22



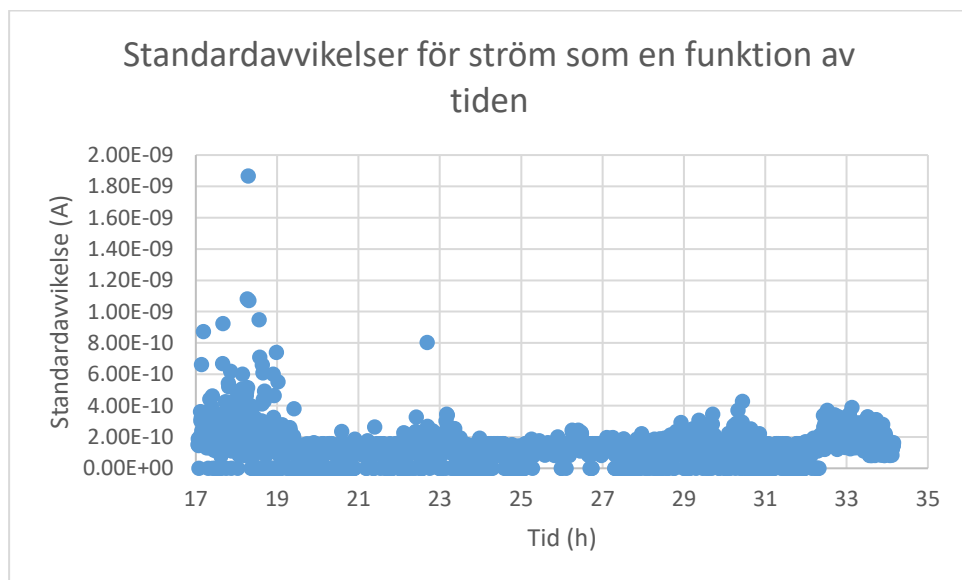
Figur 39 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-22



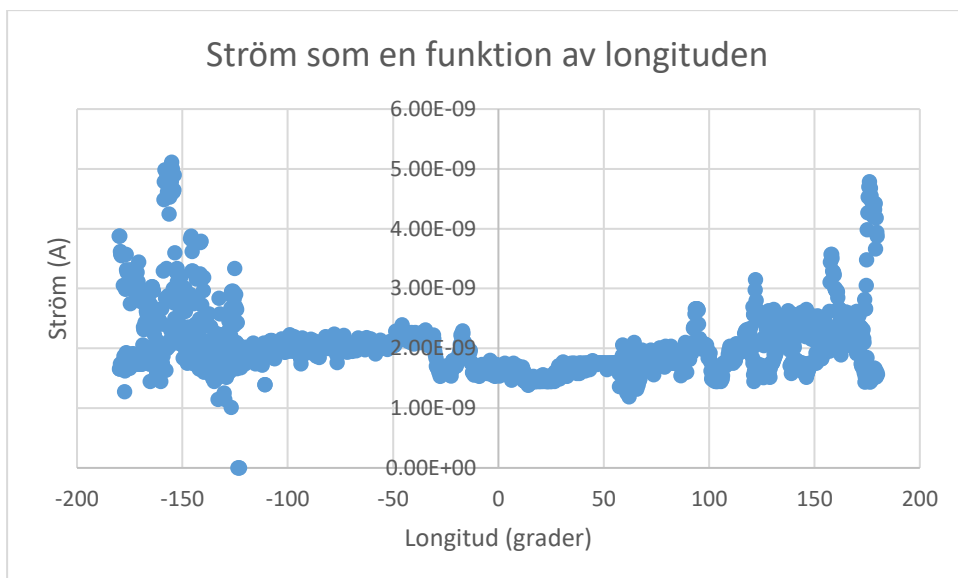
Figur 40 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-22



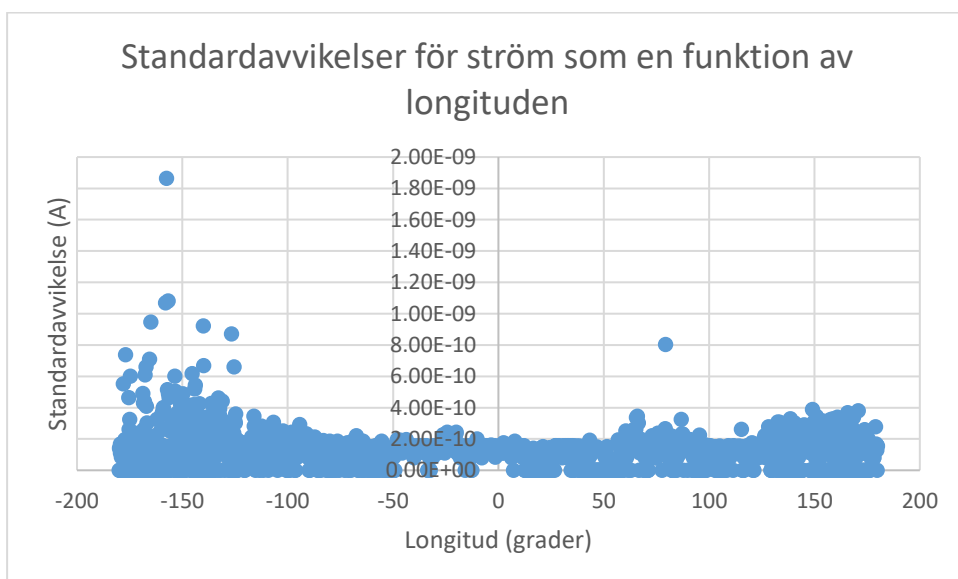
Figur 41 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(24-25)



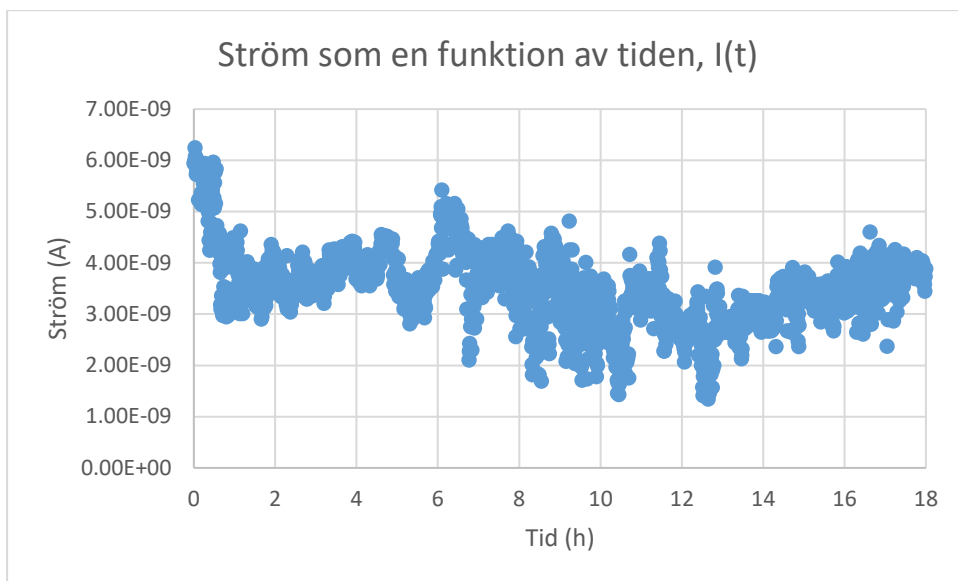
Figur 42 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-(24-25)



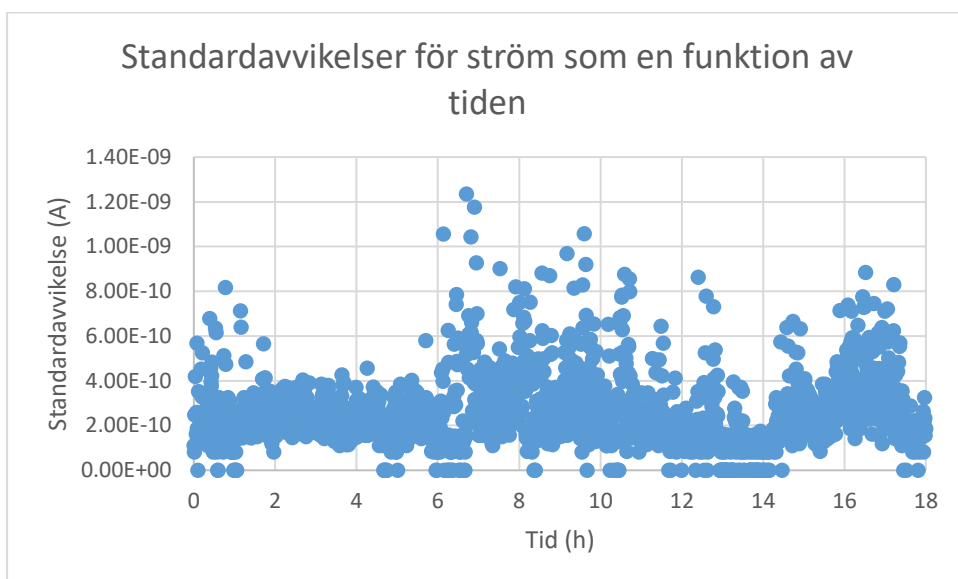
Figur 43 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(24-25)



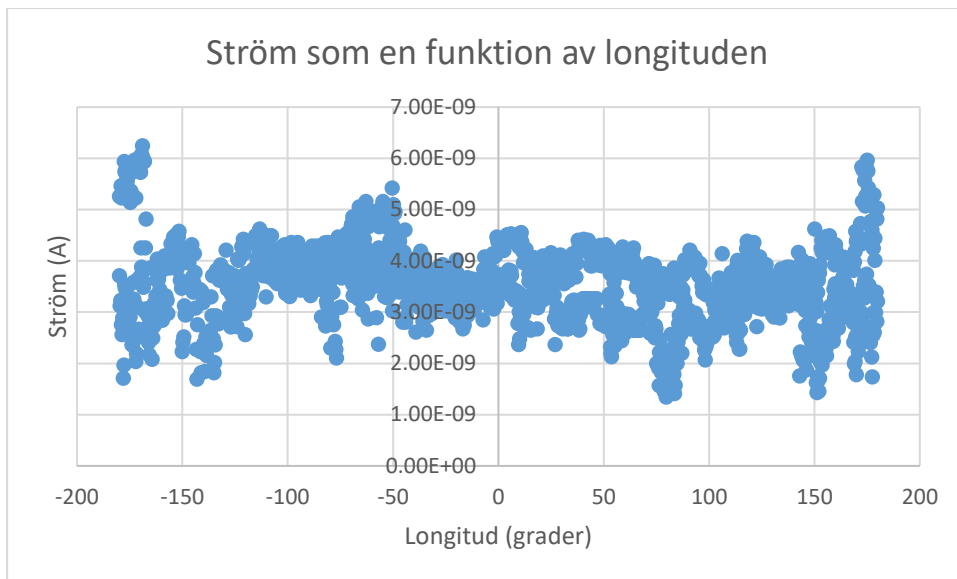
Figur 44 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-(24-25)



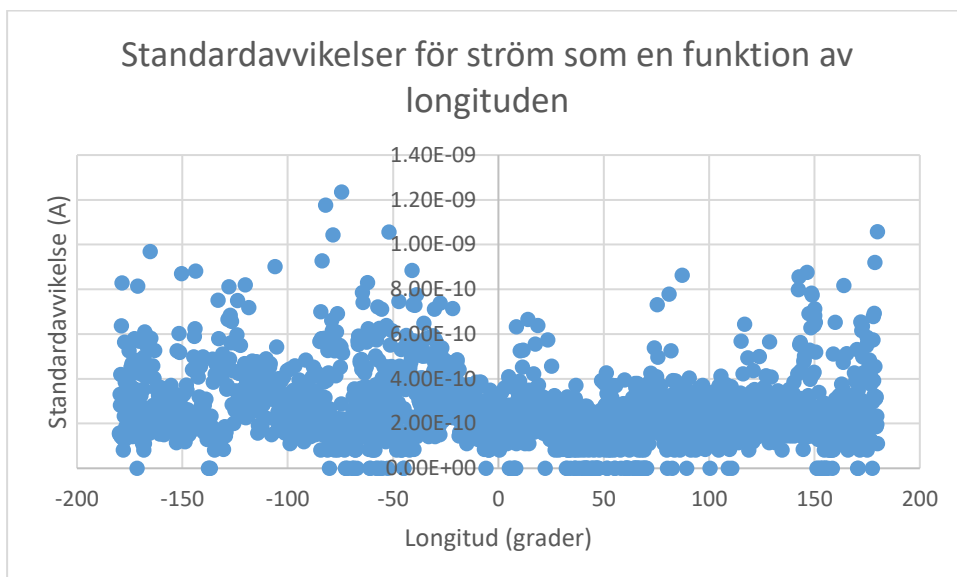
Figur 45 – Diagram över ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-30



Figur 46 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av tiden för intervallet 2014-08-30



Figur 47 – Diagram över ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-30



Figur 48 – Diagram över standardavvikelse för ström som en funktion av longituden för intervallet 2014-08-30

5 Diskussion och slutsats

5.1 Diskussion

Resultatdelen består av 48 stycken diagram från 12 olika intervall, därför är det inte speciellt praktiskt att diskutera dem alla. Alla diagram har analyserats enligt beskrivningen som ses under punkten 2.1 Bakgrund. De allra flesta intervall visar inga tydliga tecken på en jonosfär, och som exempel på det kan man titta på intervallet 2014-07-(25-26). I Figur 5 kan man se ström som en funktion av tiden under intervallet, och det har inga tydliga toppar var sjätte timme. I Figur 6 kan man se standardavvikelse för ström som en funktion av tiden under intervallet, och inte heller där kan man se några tydliga toppar med 6 timmars mellanrum. I

Figur 7 kan man se ström som en funktion av longituden under intervallet, men inga toppar finns vid longituderna 60° och -120° eller 90° och -90° . I Figur 8 kan man se standardavvikelser för ström som en funktion av longituden under intervallet, och inte heller där kan man se några toppar vid longituderna 60° och -120° eller 90° och -90° . Intervallet är 21 timmar långt, vilket kan ses i Tabell 1. Det innebär att kometen hinner snurra nästan två varv under intervallet, eftersom ett kometdygn är 12 timmar. Det betyder att det i Figur 7 finns dubbla mätningar från samma longitud på de flesta mätpunkter. Om det fanns en jonosfär skulle mätvärdena för de olika kometdygnen matcha eftersom en jonosfär ger regelbundna mätvärden. I Figur 7 kan man tydligt se att mätvärdena på samma longitud inte matchar, och därmed finns det inte tecken på en jonosfär.

Intervallet 2014-08-08 visar tydligast tecken på en jonosfär. I Figur 21 kan man se ström som en funktion av tiden under intervallet, och där kan tydliga toppar ses med cirka 6 timmars mellanrum. Topparna finns ungefär vid timmarna 5, 11 och 17. I Figur 22 kan man se standardavvikelser för ström som en funktion av tiden under intervallet, och under ungefär samma timmar som för strömmen kan man se små toppar. I Figur 23 kan man se ström som en funktion av longituden under intervallet, och där syns toppar vid longituderna 60° och -120° . I Figur 24 kan man se standardavvikelser för ström som en funktion av longituden under intervallet, och där finns tecken på toppar vid longituderna 60° och -120° som dock är för små för att man ska kunna dra en slutsats om vad de visar.

Resultaten anses vara relativt trovärdiga eftersom inte många felkällor finns. En felkälla är att det fanns en liten fördröjning i Rosettas mätningar eftersom farkosten var en bit bort från kometen vid tidpunkterna för mätningarna. Det innebar att när plasman från 67P nådde farkosten hade kometen hunnit vrida sig. Det har resulterat i att det finns en mindre förskjutning i diagrammen när det gäller longituden, men eftersom topparna fortfarande kan ses tydligt så påverkar det inte resultatet speciellt mycket. Något som har begränsat undersökningen är att mätvärdena som har använts är från när Rosetta först kom fram till 67P, därför experimenterade man mycket med de olika instrumenten för att se vad som fungerade bra. Med LAP provade man många olika inställningar i början, och det har gett färre intervall och mätvärden att undersöka.

I den här undersökningen har två olika metoder använts i och med att det använts både ström och standardavvikelser för ström i diagrammen. Båda har fungerat bra, även om ström fungerar bättre eftersom det ger tydligare toppar. Andra alternativ för metoden är att det skulle kunnat användas data från andra instrument på Rosetta än LAP. Exempelvis så skulle data från ICA (Ion Composition Analyser) ha fungerat bra eftersom instrumentet mätte bland annat förekomsten av positiva joner, och eftersom plasma består av bland annat positiva joner kan man se hur mycket plasma som finns. Andra instrument som mätte liknande saker som LAP är COPS (Comet Pressure Sensor) och MIP (Mutual Impedance Probe). COPS var en del av instrumentet ROSINA och mätte neutralgasens täthet medan MIP mätte plasmatäthet. På avståndet den här undersökningen har utforskat var dock tätheten i både neutralgas och plasma för låga för att COPS eller MIP skulle kunna ge några bra mätvärden angående det.

5.2 Slutsats

Baserat på diskussionen går det inte att dra någon definitiv slutsats om förekomsten av en jonosfär hos kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko när den är mer än 3 AE från solen. Detta eftersom det bara finns ett intervall, 2014-08-08, som visar riktigt tydliga tecken på en jonosfär.

Angående den extra metoden att mäta standardavvikelser för ström som funktioner av tid och longitud utöver ström som funktioner av tid och longitud kan man dra slutsatsen att det fungerar att bara mäta standardavvikelser. Undersökningen visar att variationer i ström (standardavvikelser) ökar i samband med ström, i alla fall i den här undersökningen. Standardavvikelser för ström går att använda även om ström är mer tillförlitligt eftersom det ger tydligare resultat.

6 Referenser

1. Choi, Charles Q. 2017. Our Expanding Universe: Age, History & Other Facts. Space.com. <https://www.space.com/52-the-expanding-universe-from-the-big-bang-to-today.html> (hämtad 2018-10-29).
2. 2017. How a solar system is formed. Science Learning Hub. New Zealand Government. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/2208-how-a-solar-system-is-formed> (hämtad 2018-11-01).
3. 2019. Kuiper Belt. Solar System Exploration. National Aeronautics and Space Administration. <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/kuiper-belt/overview/> (hämtad 2019-01-19).
4. Komet. Nationalencyklopedin. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/komet> (hämtad 2019-01-30).
5. Eriksson, A. I. Forskare vid Institutet För Rymdfysik (IRF), Uppsala, muntligt, 2019-02-15 och 2019-02-22.
6. Anatomy of a Comet. Rosetta. National Aeronautics and Space Administration. <https://rosetta.jpl.nasa.gov/science/comet-primer/anatomy-comet> (hämtad 2019-02-01).
7. 2016. Rosetta's Target: Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Rosetta. European Space Agency. <http://sci.esa.int/rosetta/14615-comet-67p/> (hämtad 2019-02-05).
8. 2016. Highlights From The Rosetta Mission Thus Far. Rosetta. European Space Agency. <http://sci.esa.int/rosetta/54456-highlights-from-the-rosetta-mission-thus-far/> (hämtad 2019-02-06).

9. 2014. Engineering. Rosetta. European Space Agency. <http://sci.esa.int/rosetta/35134-engineering/> (hämtad 2019-02-13).
10. *Engelhardt, Ilka A. D.*, 2018, Plasma and Dust around Icy Moon Enceladus and Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Diss., Uppsala universitet.
11. 2011. Rosetta och LAP i ett nötskal. Institutet för rymdfysik. https://www.space.irfu.se/rosetta/index_sv.html (hämtad 2019-02-22).
12. *Eriksson, A.I.* 2003. Langmuirsond. Bestämning av temperatur i täthet och rymdplasma.
13. *Edberg, N. J. T.*, et al. (2015), Spatial distribution of low-energy plasma around comet 67P/CG from Rosetta measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 4263–4269, doi:10.1002/2015GL064233.

7 Bilagor

Bilaga 1 (översiktsplottar sammanställda av Elias Odelstad):

<https://drive.google.com/open?id=1s3ggpKIpY24LAsCFRh76NTJJPzGe-aEt>

Bilaga 2 (LAP-data):

https://drive.google.com/open?id=1zeBQ1lh3WfK03qHVoWy6i4JNAXKqNuv_

Bilaga 3 (geometrifiler framräknade med rutiner från ESA, sammanställda av Elias Odelstad):

https://drive.google.com/open?id=1EvV_zTQEtq9hiWP9E-6ICt1pxtmu-fi

Bilaga 4 (grafer över intervall från översiktsplottar):

<https://drive.google.com/open?id=1eVwYIUjpNjLmi5t5LjYmKTOSNGC33mn6>