

Vad en stor radar kan berätta om meteorer

Asta Pellinen-Wannberg
SM3UHV

Sammanfattning

Meteorscatter har använts framgångsrikt som kommunikationsmetod av såväl militärer som radioamatörer. VHF-signaler (30 - 300 MHz) kan reflekteras från meteorspår och nå mottagare inom ett geometriskt begränsat område några hundra - max 2000 km bort. Meteorspårerna skapar på så sätt en kommunikationskanal som varar allt från någon sekund upp till några minuter. Måttlig effekt (100 W) och enkla antenner räcker ofta gott.

Det var min makes (Gudmund, SM2BYA) radioaktivitet på 2-metersbandet i anslutning till kända meteorsvärmar i slutet av 1980-talet som fick undertecknad att föreslå att man borde använda den stora EISCAT-radarn för att studera om produktion och sammansättning av sporadiska E-skikt ändras under intensivt meteorbombardemang. Just den studien har ännu inte blivit av, men våra radarmätningar blev i stället början på ett nytt forskningsområde som avslöjat många detaljer om de små utomjordiska inkräktarna.

EISCAT

EISCAT står för European Incoherent SCATter Association. Organisationen startades på 70-talet som ett samarbetsprojekt mellan Sverige, Norge, Finland, Storbritannien, Tyskland och Frankrike. Syftet var att placera ett stor radarsystem i norrskenzonen för att studera ett av de mest intressanta områdena i den jordnära rymden, norrskenzonen, där jordens magnetfält styr snabba elektroner ned i E-skiktet där de triggas både synligt norrsken och radionorrsken.



Bild 1. EISCAT UHF- och VHF-sändarna i Ramfjordmøen nära Tromsø.

Först placerades tre 32-meters parabolantennor i Tromsø, Norge, Kiruna i Sverige och Sodankylä i Finland och sedan en 40 m x 120 m stor parabolcylinderantenn i Tromsø (Bild 1). Det trestatiska UHF-systemet sände från Tromsø på 930 MHz och den monostatiska VHF-radarn på 224 MHz, med effekter upp till 2 MW. Vid dessa frekvenser går signalerna nästan opåverkade genom atmosfären och rätt ut i rymden, men på vägen växelverkar de med jonosfärens elektroner och då uppstår en mycket svag spridd signal. Den del av denna som sprids tillbaka mot jorden utgör radarns nyttosignal, som bär information om jonosfärplasmats täthet, temperatur och rörelse. Därför behövs de enorma mottagarantennerna.

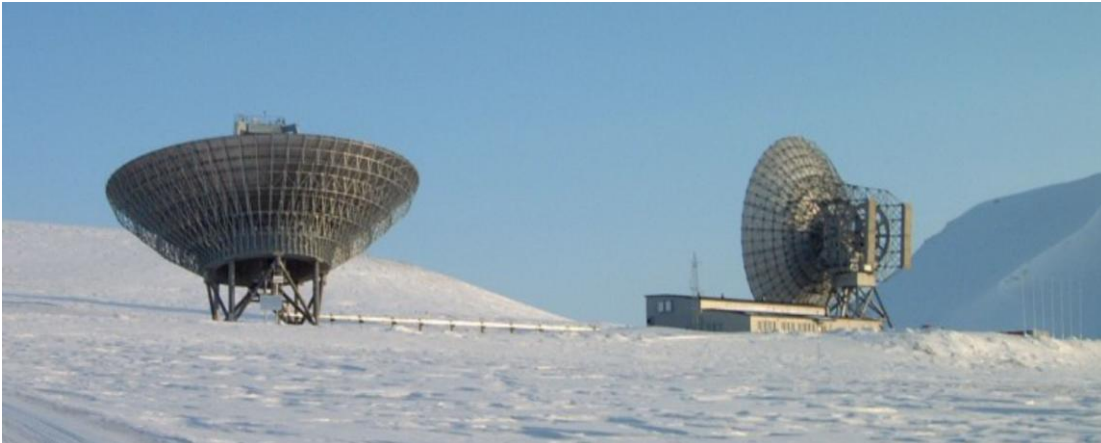


Bild 2. EISCAT Svalbard Radar ESR-antennor. Foto: [Tony Van Eyken](#)

De två radarsystemen blev en sådan succé att man byggde ytterligare en radar på Svalbard (Spetsbergen) i mitten av 90-talet, denna gång på 500 MHz. Utöver norrskenfysik har radarsystemen använts framgångsrikt för studier av den höga polära atmosfären, meteorstudier och rymdskrotsstudier.

Våra första mätningar

För att studera relationerna mellan meteorskurar och E-skikt siktade vi in oss på årets pålitligaste meteorsvärmen, Geminiderna, 12-14 december. Då är det lågsäsong för "vanliga" sporadiska E-skikt, så de borde inte finnas där kontinuerligt och störa. Vi sökte och fick mättid på UHF-systemet i december 1990. En observation gjordes två veckor innan svärmen för att mäta eventuella icke-kontaminerade E-skikt, en andra observation gjordes under själva svärmen vid Lucia samt en tredje observation en vecka efteråt.

Det är ju känt att sporadiska E-skikt kan vara under 1 km tjocka fast de är på ca 100 km höjd. Därför valde vi att modulera radarn med en 13x3 us Barkerkod, som ger 450 m höjdupplösning, vilket borde kunna lösa upp även tunna skikt. För att matcha den valda pulslängden valdes en mottagarfilterbandbredd om 350 kHz. Det visade sig efteråt att denna stora bandbredd var helt avgörande för den upptäckt vi skulle komma att göra.

Första kvällen under Geminidskuren uppenbarade sig mycket konstiga radarekon. De var starka, ojämnt sågtandade, symmetriska runt mitten och tycktes utbredda i höjdlid över flera kilometer. Inget eko varade från en 2-sekunders datadump till den nästa. Detta var uppenbarligen inga ekon från några sporadiska E-skikt, utan något helt annat.

Efter en del funderande och simuleringar kom vi fram till att vi hade observerat de mytomspunna *huvudekona* ("meteor head echoes") som man spekulerat om redan på 1940-talet men knappt någonsin registrerat. Meteorhuvudekon uppstår genom reflektion från meteorens plasmabogvåg, som rör sig med meteorens hastighet. De blir därför starkt Dopplerskiftade (60 - 400 kHz vid 930 MHz), men tack vare de breda filtren i radarmottagaren slapp de nu ändå fram till signalbehandlingen. Vi kunde visa att de konstiga formerna var en följd av att avkodningen av Barker-koden gjordes med ett digitalt filter som var matchat för noll Doppler, samt att det fanns ett ett-till-ett-samband mellan ekots form och signalens Dopplerskift. Följaktligen kunde man bestämma meteorernas hastighet från de olika ekoformerna! Hastigheterna sträckte sig från 10 km/s upp till 70 km/s; snabbare än så är inte meteorers vars moderkroppar rör sig i banor inom solsystemet.

Meteorstudier

Meteorstudier var inte riktigt rumsrena vid EISCAT från början, det var lite som att svära i kyrkan - systemet hade ju byggts för norrskens- och jonosfärforskning! Men när ett tiotal andra stora forskningsradar-anläggningar runt om i världen började rigga för meteorobservationer i november 1997 inför återkomsten av meteorsvärmen Leonidernas moderkomet 55P/Tempel-Tuttle till det centrala solsystemet efter 33 år, stod det klart att EISCAT varit först med att upptäcka något riktigt spännande. Namnet på det nya forskningsfältet kom nu undan för undan att ändras från "meteorstudier" till "studier av stoft i solsystemet".

Huvudekon är vanligast vid c:a 100 km höjd. De Dopplerskiftade ekona från själva meteorhuvudet sprider sig i alla riktningar och kan därför tas emot var som helst inom rimligt avstånd. Avstånden mellan de tre EISCAT UHF-stationerna i Norge, Sverige och Finland är 200 - 300 kilometer. När alla stationerna observerar en och samma meteor kan man genom triangulering bestämma dess hastighet och dess banparametrar. EISCAT UHF har varit den enda radarn i världen som kunnat göra sådana tredimensionella mätningar, men tyvärr har dess arbetsfrekvens, 930 MHz varit för hög för att vara riktigt bra för ändamålet; bara ca 100 meteorer per dag har observerats i medeltal.

Meteorernas massflöde i rymden har ett maximum vid ca 1 mikrogram eller 50 mikrometers partiklar. Dessa finns det oerhört många av och de är mycket snabba. De har lika stor rörelsemängd som en revolverkula och de kan lätt skada nyttosatelliter i bana. Partiklar i den här storleken är de svåraste att detektera och mäta, för de är för små för att synas optiskt som stjärnfall och för stora för att kunna mätas med satellitinstrument; de kan ju slå sönder detektorerna eller orsaka satellitanomalier. Här kan huvudekomätningar med radar ge mycket bättre flödesuppskattningar än tidigare gissningar. Detta är viktigt, då massflöden uppskattade från satellitmätningar och massflöden uppskattade från insamling av partiklar på antarktiska isfält skiljer sig med tre storleksordningar (1000x) !.

Framtidsutsikter

En högeffektradar vid 930 MHz låter ju inte så bra när man tänker på mobiltelefonens expansion (NMT900, GSM, UMTS900). Det har det inte varit heller. Av den ursprungliga 930 MHz-bandbredden, 16 MHz, finns nu bara spillror kvar på nåder i Norge – man får köra radarn om inte någon annan blir störd. De två mottagarantennerna i Sverige och Finland har byggts om till mottagare för VHF-frekvensen och man har plötsligt fått en ny spännande anläggning - men bara för en kort tid; sändningslicensen för 224 MHz kommer snart att dras in.

Däremot har man blivit tilldelade ett litet segment runt 235 MHz. Runt detta skall en ny radaranläggning, EISCAT_3D, byggas. Den kommer att bestå av fem gruppantenner med 10 000-tals antennelement vardera, utplacerade runt om i norra Skandinavien. Finansieringssituationen är nära en start på projektet och radarn kan vara i gång före år 2020. EISCAT_3D-radarn kommer att bjuda på helt annan statistik än de gamla systemen – närmare 200 000 detekterade meteorer per dag. Dels beror detta på en bättre mätfrekvens på 235 MHz och högre effekt på ca 10 MW. De individuella antennerna eller subgrupper av antenner kan också var för sig ta emot signaler från en meteor och sålunda följa dess framfart tvärs genom radarstrålen (med parabolantennerna kunde man bara bestämma på vilket avstånd meteoren var). Gruppantenner kan också fhasas eller styras elektroniskt så att radarstrålen hoppar mellan olika riktningar med en millisekunds mellanrum. Den kan alltså mäta i tio olika riktningar och sedan komma tillbaka och kolla hur det går med den meteor som den såg 10 millisekunder tidigare...

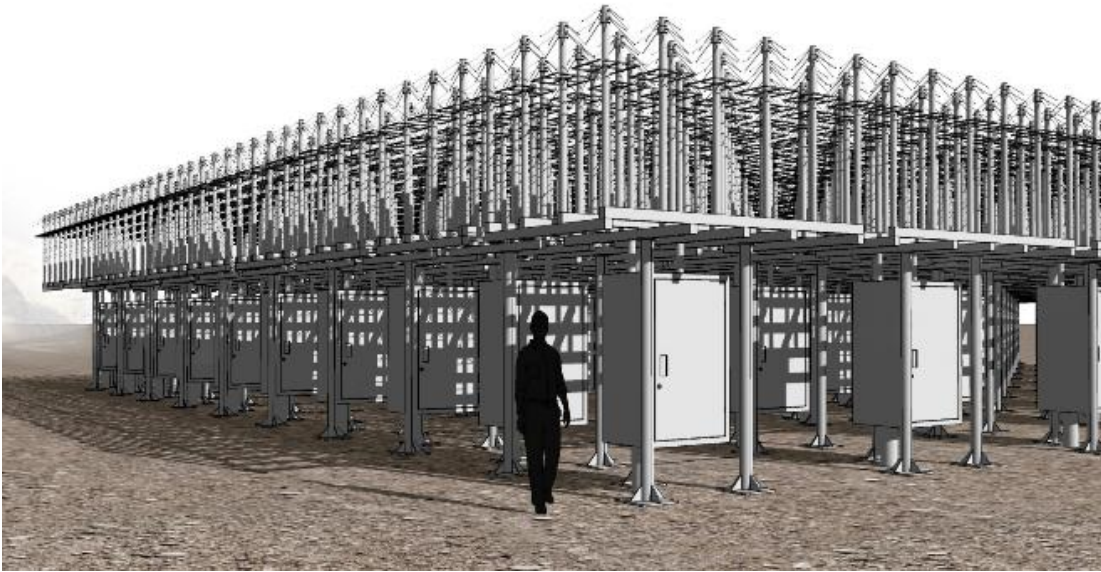


Bild 3. Skiss på en blivande EISCAT_3D-gruppantenn.

Slutord

De meteorer som diskuterats ovan är för små för att skapa långlivade meteorspår för meteorscatter. De kan dock orsaka störningar på satelliter, även sådana som används av radioamatörer. Det lär oss kanske att infrastruktur i rymden inte är pålitlig till 100%.