

De zon is onze bron van energie en licht en is een ster uit de middelgrote klasse. De zon is alles behalve rustig en er vinden allerlei fysische processen plaats waarbij tijdens kernfusie, waterstof wordt omgezet in helium. Hierbij komt veel energie vrij. Door de extreem hoge temperatuur in de zon krijgen geladen deeltjes zo'n hoge snelheid dat enkele daarvan kunnen ontsnappen en de zogenaamde zonnewind vormen. Eenmaal bij de aarde passeert de zonnewind ons met een gemiddelde snelheid van 450 km/u en deze toestand wordt het ruimteweer ("space weather") genoemd. De zonnewind wordt door de magnetosfeer grotendeels afgeschermd en de aanwezigheid kennen we door middel van het poollicht of "noorder- of zuiderlicht".

Wat als de zon het licht uitdoet

*prof.dr.ir.
A.P.M. Zwamborn,
lid wetenschappelijke
staf 'Electronic Defence',
TNO, deeltijdhoogleraar
TU Eindhoven*

Voor het leven op aarde speelt het aardmagnetisch veld een cruciale rol om ons tegen deze stroom geladen deeltjes te beschermen. In extreme situaties merken we de effecten van ruimteweer zelfs op aarde. Inzicht in het ruimteweer is daarom belangrijk om tijdig te kunnen beoordelen of zonneactiviteit invloed kan uitoefenen op de aarde en de technologische activiteiten van de mens.

Zonneactiviteit

Zonneactiviteit is ontdekt door de waarneming van zonnevlekken en sinds Galileo Galilei (1564-1642) zijn deze zonnevlekken systematisch waargenomen. Al in de negentiende eeuw is ontdekt dat het aantal zonnevlekken, en daarom ook de zonneactiviteit, varieert met een elfjarige cyclus. Tijdens maximale activiteit vinden op de zon veel spectaculaire gebeurtenissen plaats en is de invloed, lees variatie, op het ruimteweer groot. Tijdens een minimum is het veel rustiger maar dat wil ook weer niet zeggen dat er niets onverwachts kan gebeuren. Het volgende maximum in de zonnecyclus wordt in de periode 2012-2015 verwacht, momenteel dus.

Wat gebeurt er fysisch allemaal?

Geladen deeltjes (elektronen, protonen, α -deeltjes en ionen) ontsnappen aan het oppervlak van de zon en vormen de zonnewind. Echter, heftigere processen zoals CMEs: coronale massa erupties komen ook vaak voor. Bij een CME wordt met grote snelheid, gemiddeld 2000 km/s, grote hoeveelheden zonnemassa uitgestoten. Dat zijn vooral wolken van geïoniseerde deeltjes, ook wel plasma genoemd. De dichtheid van deeltjes is bij CMEs veel groter en de bijbehorende magnetische velden sterker dan van een normale zonnewind. CMEs worden niet meer volledig afgeschermd en bereiken de aarde.

De grote hoeveelheid geladen deeltjes die met hoge snelheid de aarde bereiken veroorzaken in de magnetosfeer elektrische stromen en het aardmagnetische veld wordt sterk en snel vervormd. Dit verschijnsel noemen we "geomagnetische stormen". We krijgen een voorwaarschuwing, van de zon komt ook elektromagnetische straling vrij en na 8 minuten is deze straling op aarde.

Tijdens zogenaamde zonnevlammen komt plotseling in de vorm van elektromagnetische straling energie vrij die tot aan röntgenstraling (X-rays) reikt. De vrijgekomen deeltjes worden opgenomen in de zonnewind.

Carrington-gebeurtenis

De meest krachtige zonnestorm ooit gedocumenteerd is de Carrington-gebeurtenis. De Engelse astronoom Richard Carrington observeerde op 1 september 1859 eerst een grote groep zonnevlekken gevolgd door twee intense lichtflitsen. Op het eind van de volgende nacht vond de grootste geomagnetische storm ooit gemeten plaats. Dit moet een enorme uitbarsting geweest zijn, want onder normale omstandigheden is een CME binnen 3-4 dagen bij de aarde, deze was er binnen 18 uur. Het poollicht werd zelfs in de tropen gezien. Wetenschappers verwachten dat een dergelijke gebeurtenis eens in de 500 jaar voorkomt. Half zo krachtige gebeurtenissen komt één maal per 50 jaar voor. Het is belangrijk te beseffen dat dit een statistische schatting is, er is namelijk geen natuurwet die bepaalt dat een dergelijke gebeurtenis zich pas weer na 500 jaar weer mag voordoen!

Gevolgen op aarde – historie

De gevolgen van de Carrington-gebeurtenis waren beperkt omdat onze technologische ontwikkeling in



1859 net was begonnen. Telegrafie bestond echter al en die was ernstig ontregeld door geïnduceerde stromen die optraden als gevolg van het veranderde aardmagnetisch veld door de botsing met het zonneplasma. Later zijn bij minder heftige zonnestormen wel effecten geweest op onze technologische activiteiten. Enkele voorbeelden:

- in 1994, 1998 en 2004 zijn problemen met satellieten gerapporteerd;
- beschadigingen en/of uitval van energievoorzieningen zijn bekend uit 1958, 1972, 1989 en 2003; meestal ging het hier om transformatoren die uitvielen;
- de al genoemde telegrafie is ook na 1859 herhaaldelijk verstoord. Zowel land- als zeekabels waren verstoord en/of beschadigd in 1940 en 1958;
- tijdens de Golfoorlog was het radioverkeer tijdelijk ontregeld;
- problemen met positiebepaling via het Global Positioning System (GPS), werkend met satellieten, zijn bekend.

Mogelijke gevolgen zonneactiviteit in nabije toekomst

In onze moderne maatschappij speelt techniek een meer dan prominente rol. We maken steeds meer gebruik van elektronische apparaten. Hiervoor is energie en energietransport via kabels noodzakelijk. Ook wordt er op steeds meer verschillende manieren gecommuniceerd waarbij satellieten in toenemende mate een cruciale rol vervullen. Ander, niet meer weg te denken gebruik van satellieten omvat positiebepaling en tijdsynchronisatie maar ook weer- en aardobservatie. Het aantal satellieten is dus sterk gegroeid en er wordt in toenemende mate op vertrouwd dat dit communicatie- en datanetwerk onfeilbaar is. De keuze over en de invoering van beveiliging van vitale infrastructuur door overheden staat onder grote financiële druk.

De moderne maatschappij is daarmee kwetsbaarder dan ooit. Zoals eerder aangegeven is er geen natuurwet die de zon verbiedt voor 1 september 2359 een Carrington-gebeurtenis te veroorzaken.

Wat kan er zoal gebeuren?

De CMEs veroorzaken veranderingen in het magnetische

veld op aarde waardoor elektrische stromen in geleidende materialen worden opgewekt. Dit gebeurt in zowel land- als zeekabels; het zeewater schermt de veranderende magnetische velden nauwelijks af. Ook het elektriciteitsnet en het gasdistributienetwerk bestaan uit geleidende structuren. Doordat voornamelijk transformatoren door de opgewekte stromen beschadigd worden, komt onze energievoorziening in gevaar. Het transport van water, olie en gas kan ook ontregeld worden. De radiofrequente straling stoort onze radiocommunicatie en door ionisatieverschijnselen wordt de positiebepaling en mogelijk tijdsynchronisatie ontregeld.

Satellieten lijken wel het meest kwetsbaar voor zonneactiviteit. Zelfs in de periode van relatief lage zonneactiviteit worden ze getroffen door geladen deeltjes. Het is bekend dat dit de levensduur van een satelliet vermindert. Vooral elektrostatische ontladingen veroorzaken intern beschadigingen. Hogere zonneactiviteit kan de elektronica ontregelen. Door deze effecten kan een satelliet zijn taak tijdelijk niet meer uitvoeren of raakt permanent beschadigd.

Ruimteweervoorspelling

Het voorspellen van het ruimteweer helpt de schade te beperken. Voor wat betreft detectie, monitoren en voorspellen van de effecten op aarde van zonneactiviteiten is de International Space Environment Service (ISES) actief (www.ises-spaceweather.org). Daaraan wordt onder andere bijgedragen door verschillende observatieposten en organisaties zoals het Amerikaanse Space Weather Prediction Centre, Space Weather Canada en de internationale werkgroep Space Weather Europe van de ESA. Binnen ISES wordt continu de zonneactiviteit gevolgd en optredende CMEs geanalyseerd. Al deze laboratoria geven 'space weather'-berichten uit die op Internet te vinden zijn. Zoals verderop in dit thema-katern beschreven, heeft het kabinet naar aanleiding van het scenario over satellietuitval als gevolg van een zonnestorm en de uitgevoerde risicobeoordeling inmiddels besloten een alarmeringsfunctionaliteit in te richten om tijdig te kunnen waarschuwen voor mogelijk negatieve effecten van zonnestormen.