

# Over het voorspellen van het maximum van zonnecycli op basis van cyclusminimum parameters: Voorzichtigheid geboden!

Jan Janssens  
15 Juni 2008

**Abstract** – In veel discussies op internet forums en blogs wordt gesteld dat SC24 een inactieve cyclus zal zijn omdat de huidige zonneactiviteit zo laag is. Meerbepaald wordt verwezen naar het nog steeds lage Wolfgetal R, de lange zonnecyclus 23, het grote aantal vlekkenloze dagen of de reeds lange inactieve periode ( $R < 20$ ). Hoewel deze relaties wel lijken te bestaan, is de onzekerheid echter groot en dus ook de foutenmarge van het voorspelde maximum waardoor het van weinig praktisch nut is. Het doel van dit artikel is om dit alles in perspectief te zetten door het toe te passen op de komende SC24.

## De individuele relaties

Onderstaande tabel<sup>1</sup> toont voor elke zonnecyclus de lengte in maanden van de vorige zonnecyclus (LengthSC-1), het Meeus afgegladde<sup>2</sup> minimum Wolfgetal Rmin, het aantal maanden dan het Wolfgetal lager was dan 20 ( $R < 20$ ) tijdens de cyclusovergang, het aantal vlekkenloze dagen (#R=0) tijdens de cyclusovergang, de stijgtijd tussen het minimum en daaropvolgende maximum van de zonnecyclus (T-rise), en het Meeus afgegladde maximum Wolfgetal Rmax. De data voor SC24 zijn conservatieve of huidige waarden. Onmiddellijk is duidelijk dat er grote verschillen bestaan in deze parameters tussen de afzonderlijke zonnecycli.

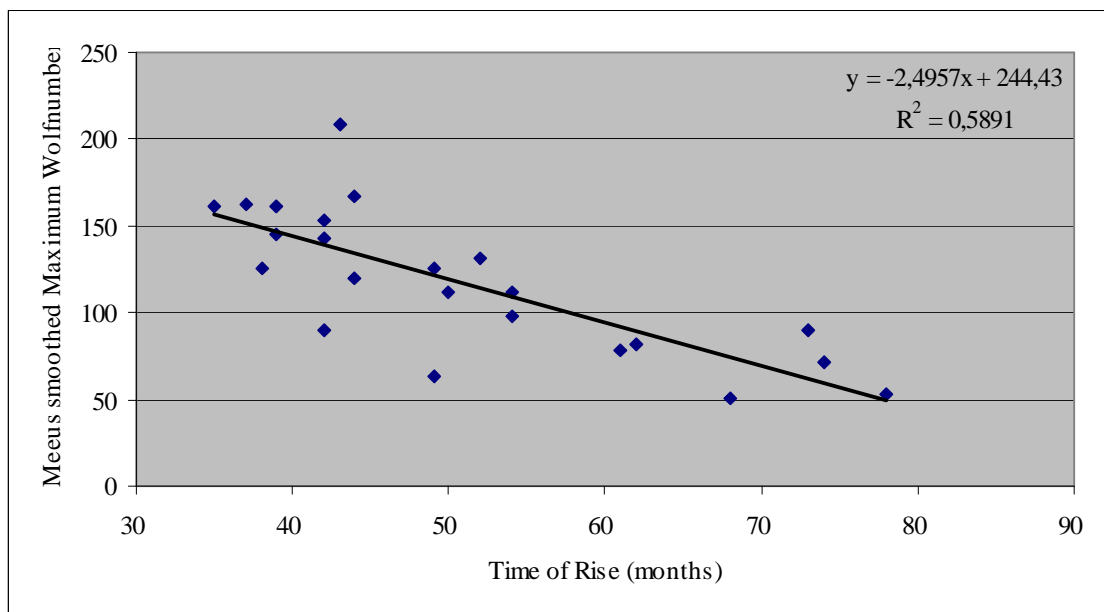
Voor dit artikel zijn de laatste 2 rijen in de tabel van belang. Ze laten voor elke parameter zien hoe goed deze correleert met het maximum Wolfgetal Rmax (“(-)” betekent een inverse correlatie), en de standaard deviatie op het voorspelde maximum Wolfgetal.

SC	LengthSC-1	Rmin	R<20	#R=0	T-rise	Rmax SC
SC 1	-	6,8	39	-	73	90,4
SC 2	135	9,6	16	-	38	125,3
SC 3	106	7	23	-	35	161,8
SC 4	107	9,1	20	-	42	143,4
SC 5	169	2,8	54	-	78	52,5
SC 6	146	0	96	-	68	50,8
SC 7	153	0,1	68	-	74	71,5
SC 8	124	7,4	26	-	42	152,8
SC 9	119	10,7	22	-	52	131,3
SC 10	150	3,3	33	654	54	98,5
SC 11	135	4,3	22	406	39	144,8
SC 12	140	2	58	1028	61	78,1
SC 13	134	4	53	736	42	89,5
SC 14	139	2,8	53	938	49	63,9
SC 15	141	1,1	54	1019	50	112,1
SC 16	118	5,6	29	534	62	82
SC 17	125	2,9	44	568	44	119,8
SC 18	127	6,5	21	269	39	161,2
SC 19	120	3,2	25	446	43	208,4
SC 20	124	8,5	22	227	54	111,6
SC 21	139	12,4	26	272	44	167,1
SC 22	126	12,8	27	273	37	162,1
SC 23	116	7,9	26	309	49	125,6
SC 24	> 138	< 4,8	> 36	> 450	-	-
Corr. r <sup>2</sup> Rmax	(-)0,39	0,32	(-)0,55	(-)0,43	(-)0,59	-
StDev Pred	32,9	34,2	27,9	31,0	26,6	-

<sup>1</sup> Dagelijkse en maandelijkse Wolfgetallen zijn van het SIDC, RWC Belgium, World Data Center for the Sunspot Index, Royal Observatory of Belgium, 1749-2008. <http://sidc.oma.be/sunspot-data/>

<sup>2</sup> Het Meeus afgegladde Wolfgetal  $R_{si}$  voor de maand “i” wordt als volgt berekend:  $R_{si} = (11 \cdot R_i + 10 \cdot (R_{i-1} + R_{i+1}) + 9 \cdot (R_{i-2} + R_{i+2}) + 7 \cdot (R_{i-3} + R_{i+3}) + 5 \cdot (R_{i-4} + R_{i+4}) + 3 \cdot (R_{i-5} + R_{i+5}) + R_{i-6} + R_{i+6}) / 81$ .  $R_{i \pm x}$  is het Wolfgetal van de maand “x maanden” voor of na de maand “i” voor dewelke  $R_{si}$  wordt berekend.

Laten we beginnen bij de eerste en meest bekende Waldmeier wet (1935), die stelt dat hoe korter de stijgtijd T-rise is, des te hoger het maximum zal zijn<sup>3</sup>. Deze inverse relatie heeft een correlatie  $r^2$  van 0,59, "...een zeker verband". De onderstaande grafiek laat deze relatie zien. Het is echter eveneens onmiddellijk duidelijk dat er een grote onzekerheid ligt in de voorspelling van het daaropvolgende maximum Wolfgetal: De standaard deviatie bedraagt immers 26,6! In de praktijk betekent dit dat als we een stijgtijd van 42 maanden zouden meten, het voorspelde maximum Wolfgetal dan 140 zou bedragen. Door de onzekerheden in de gebruikte methode kan het ware maximum zich echter situeren tussen 113 en 167, of met andere woorden: van een maximum lager dan dat van SC23 tot een hoger dan dat van de zeer actieve SC22...



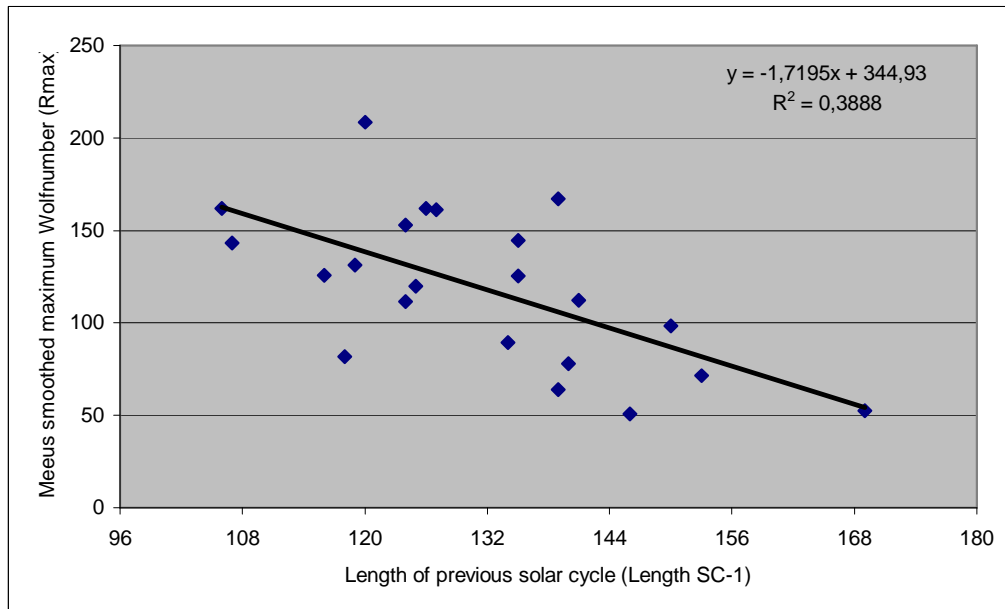
Het kan nog erger! Sommige cyclusmaxima bevinden zich ver buiten deze onzekerheidsvork. Bekijken we bijvoorbeeld de cycli 19 en 13, die beide een T-rise hebben van ongeveer. Voor het voorspelde  $R_{max} = 140 \pm 27$ , bedraagt het corresponderende ware  $R_{max}$  respectievelijk 208 en 89! Dit is de reden waarom NASA en andere operatoren die afhangen van het ruimteweer, naar voorspellingsmethoden zoeken met een veel kleinere foutenmarge.

Nu hebben alle beschouwde cyclusminimum parameters een correlatie met  $R_{max}$  die zelfs nog lager is dan die van T-rise, en dus ook grotere standaard deviaties. Enkel met de parameter  $R < 20$  wordt een correlatie (0,55) bereikt die deze van T-rise benadert. Met 0,43 houdt de parameter  $\#R=0$  al een stuk minder verband met  $R_{max}$ . Al deze parameters gebruiken reeds data van de nieuwe zonnecyclus, wat ten dele de relatief hogere correlatie kan verklaren.

De lengte van de voorafgaande cyclus, evenals het minimum Wolfgetal hebben een correlatie met  $R_{max}$  van respectievelijk 0,39 en 0,32, en een standaard deviatie van ongeveer 33. Zoals de onderstaande grafiek laat zien, is er blijkbaar wel een relatie, maar het voorspellen van de amplitude van de volgende cyclus op basis van deze parameters is een gans ander paar mouwen. De onzekerheid blijft zeer groot. Zo hadden bijvoorbeeld de cycli voorafgaand aan

<sup>3</sup> Beck et al., Solar Astronomy Handbook, pagina 206, Willmann-Bell, 1995

SC 14 en 21 beide een lengte van 139 maanden (vergelijkbaar met de lengte van de huidige, nog niet volledig afgelopen SC23). Echter, voor het voorspelde  $R_{max} = 106 \pm 33$ , bedroeg het overeenkomstige ware  $R_{max}$  respectievelijk 63,9 en 167,1! Dit is opnieuw duidelijk buiten de standaard deviatie.

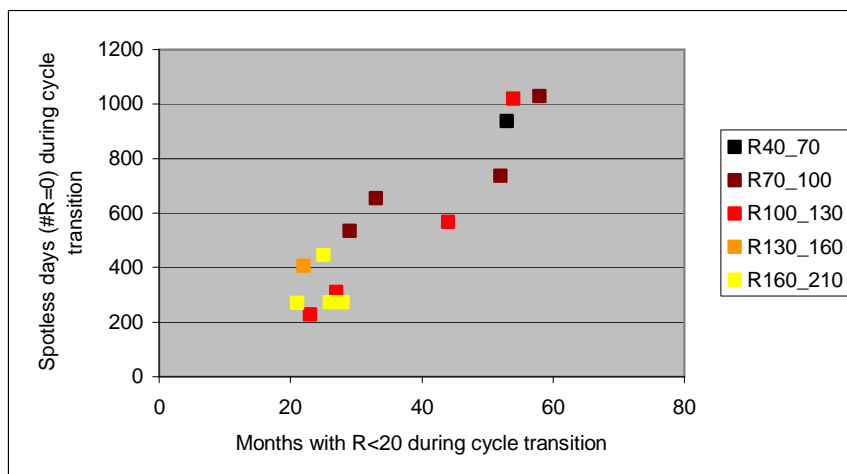


### Combinatie van 2 minimum parameters

Uit de voorgaande analyse is duidelijk gebleken dat met slechts 1 parameter, de onzekerheid in het voorspelde maximale Wolfgetal zeer groot is. Daarom zou men kunnen overwegen om 2 minimum parameters te combineren en zo een betere correlatie met het cyclusmaximum te krijgen.

In onderstaande grafiek werden de twee parameters die de beste correlatie met  $R_{max}$  hebben, d.w.z.  $R < 20$  en  $\#R=0$ , met elkaar gecombineerd. De amplitudes van de cycli werden ondergebracht in “korven” van 30 te beginnen bij een Wolfgetal van 40, (dus 40-70, 70-100, ..., >160). Elke korf werd dan een andere kleur gegeven, met geel de meest actieve en zwart de minst actieve.

Zoals kan worden gezien, ontstaan er 2 gebieden met actieve cycli ( $R_{max} > 130$ ) en inactieve cycli ( $R_{max} < 100$ ), maar helaas bevatten beide gebieden ook cycli met gemiddelde amplitudes (rode symbolen,  $R_{max}$  tussen 100 en 130). Dit verhoogt de onzekerheid dus zelfs nog meer. Het combineren met andere minimum parameters leidt tot gelijkaardige resultaten.



## Meervoudige regressie

Door gebruik te maken van de regressie module in Excel's data-analyse pakket, kunnen verschillende parameters tegelijkertijd gecombineerd worden zodat hun belang en correlatie met Rmax duidelijk wordt.

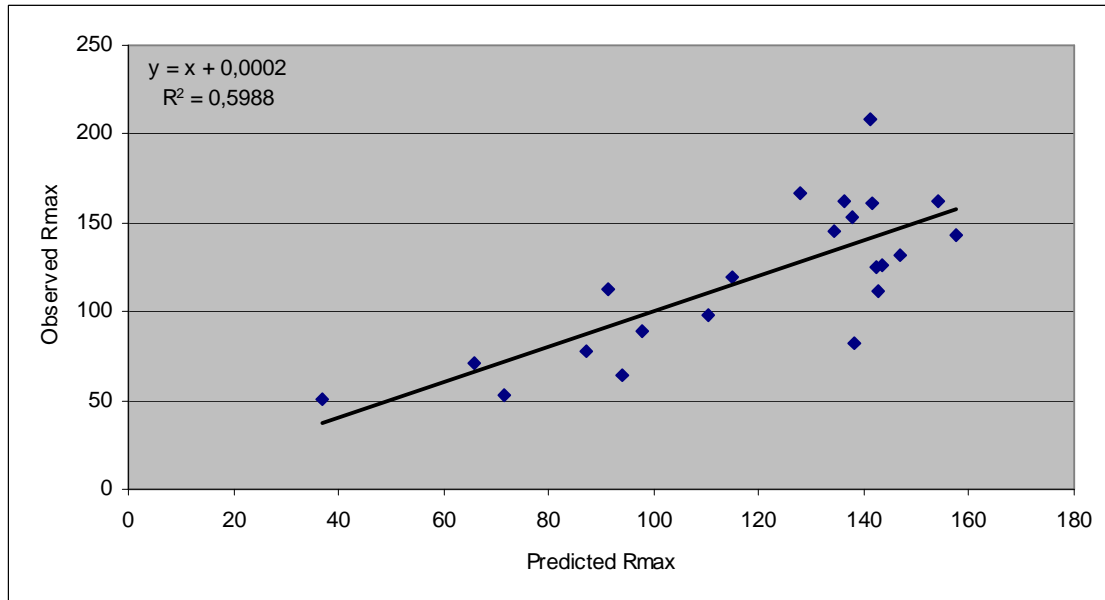
De module werd toegepast op twee datareeksen. De eerste bevat alle 4 minimum parameters, maar deze zijn enkel beschikbaar voor 14 zonnecycli. De tweede serie bevat slechts 3 parameters (geen "vroeg" data voor #R=0), maar zijn wel beschikbaar voor 22 cycli<sup>4</sup>.

In de eerste reeks hebben alle parameters een significante bijdrage. Helaas is de correlatie met Rmax slechts 0,46, en de resulterende standaard deviatie 30,2. Bovendien hebben de lengte van de voorgaande SC en het minimum Wolfgetal een relatie met Rmax die tegengesteld is aan de eerder gevonden relaties.

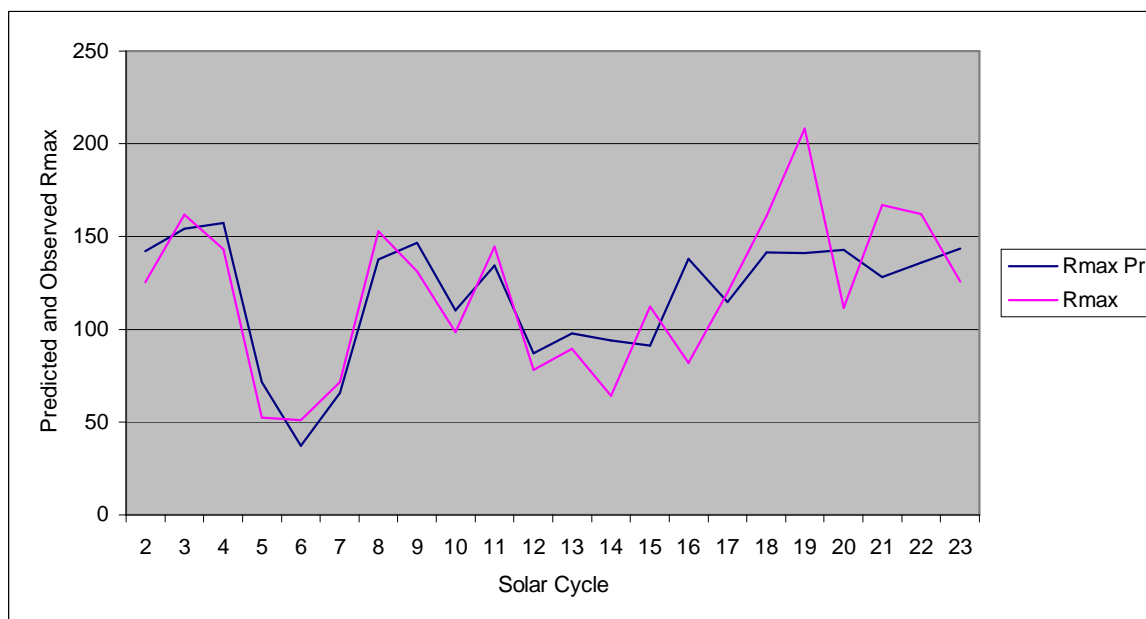
In de tweede reeks bedraagt de correlatie met Rmax 0,60 (zelfs iets beter dan met T-rise!), en is de resulterende standaard deviatie 26,7. Volgens de module is de bijdrage van de parameter R<20 niet significant. Coëfficiënten voor alle parameters zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Series	#SC	LengthSC-1	#R=0	Rmin	R<20	Constant	r <sup>2</sup>	StDev
I	14	0,2965	-0,0875	-1,8274	-0,676	166,2	0,46	30,2
II	22	-0,7107	-	0,1659	-1,1984	255,9	0,6	26,7

De onderstaande grafieken illustreren de correlatie tussen het voorspelde en waargenomen maximum van de zonnecycli van de reeks II. Het onzekerheidsprobleem blijft duidelijk bestaan. Het is ook interessant te zien dat de correlatie redelijk goed stand houdt tot ongeveer SC13. Blijkbaar wordt er nog een (of meerdere) parameter gemist in deze statistische analyse.



<sup>4</sup> 22 cycli en geen 23, omdat de lengte van SC 0 niet kan afgeleid worden uit de SIDC-data. Het officiële maandelijkse Wolfgetal gaat "slechts" terug tot 1749.



### Het voorspellen van de amplitude van SC24

Uit de bovenstaande resultaten blijkt duidelijk dat er een grote onzekerheid is in de voorspelling van het SC24-maximum indien men enkel de minimumparameters in beschouwing neemt, en dit ongeacht de gebruikte methode. Uitgaande van de huidige<sup>5</sup> voorspelde waarden en timing van het Rmin (4,0 in februari 2008) en R<20 (laatste maand in februari 2009), en van een lineaire uitdoving van het aantal vlekkenloze dagen (van 20 tot 0 te beginnen in mei 2008, elke maand 1 dag minder), verschaft onderstaande tabel de voorspelde waarden voor het SC24-maximum. Uit deze waarden en in het bijzonder de corresponderende standaard deviaties blijkt dat het SC24-maximum kan variëren van 70 tot 160. Het is daarom dat er met beweringen gebaseerd op deze parameters met de nodige voorzichtigheid dient te worden omgegaan.

Parameter	SC24-current	Rmax Pred	StDev
Length SC-1	141	102,5	32,9
Rmin	4	106,9	34,2
R<20	37	118,0	27,9
#R=0	530	124,9	31,0
Series I	-	129,4	30,2
Series II	-	112,0	26,7

<sup>5</sup> Data van het SWPC - <http://www.swpc.noaa.gov/ftppdir/weekly/Predict.txt>