

8. Zonneschijnduur

1. Beschrijving

1.1 Benaming van de grootheid

Algemene benaming: zonneschijnduur

Internationale aanduiding: sunshine duration (WMO no.8, ref. 1)

1.2 Definities; omschrijving van de begrippen

De grootheden “zonneschijnduur” en “relatieve zonneschijnduur” zijn gerelateerd aan de directe straling.

De directe straling is de inkomende kortgolvrige straling, die het aardoppervlak rechtstreeks bereikt. De overgedragen energie wordt bij de meting bepaald in een hoeveelheid energie per oppervlakte-eenheid loodrecht op de invalrichting van de zon (W/m^2). Voor een nadere beschrijving zie hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek.

- zonneschijn

In overeenstemming met de WMO-definitie is er sprake van zonneschijn als de flux van de directe straling meer dan 120 W/m^2 is {W: Watt, J: Joule;

$W = J/s$).

(WMO no.8, ref.1, par. 8.1.1)

- zonneschijnduur

De zonneschijnduur is de totale gesommeerde tijdsduur binnen een beschouwd tijdvak gedurende welk sprake is van zonneschijn volgens bovenstaande definitie.

Beschouwde tijdvakken kunnen zijn:

- een volledig uur;
- het maximale dagdeel op een bepaalde datum waarin theoretisch sprake kan zijn van zonneschijn volgens bovenstaande definitie. Dit is dus de theoretisch maximale zonneschijnduur voor die datum. Formeel wordt met genoemd dagdeel bedoeld de tijdspanne tussen het moment dat de bovenste rand van de zon boven de horizon komt en het moment dat de zon in zijn geheel weer achter de horizon verdwijnt.

- relatieve zonneschijnduur

De relatieve zonneschijnduur is de procentuele tijdsfractie van het beschouwde tijdvak (uur, maximale dagdeel) waarin sprake is geweest van zonneschijn volgens bovenstaande definitie.

1.3 Eenheden

De in de operationele berichtgeving gebruikte eenheden voor zonneschijnduur zijn (conform SI, ref. 8) als volgt:

- zonneschijnduur: uur;
- relatieve zonneschijnduur: percentage %.

1.4 Elementcodes

- Groep 55SSS (SYNOP 00 UTC)

De symbolische vorm SSS wordt gebruikt om de dagelijkse zonneshijn, in uren en tienden van uren, te melden. Deze is alleen van toepassing voor station De Bilt (06260) en wordt aldaar alleen in het SYNOP - bericht van 00.00 UTC gemeld. De in dit bericht gerapporteerde zonneshijnduur is gebaseerd op de berekening uit waarden globale straling met behulp van algoritme Slob, HIM versie (zie paragraaf 5). Voorbeeld: 55117 impliceert in totaal 11,7 uur zonneshijn in de afgelopen periode van 24 uur. (ref.9)

- $S_Q S_Q$

In het Klimatologisch Informatie Systeem KIS wordt de symbolische vorm SQ (code $S_Q S_Q$) gebruikt om de uurlijkse zonneshijnduur, in tienden van uren, te geven. De in KIS opgeslagen waarden zonneshijnduur zijn gebaseerd op de berekening uit waarden globale straling met behulp van algoritme Slob, KD/OD- versie (zie paragraaf 5). Voorbeeld: $S_Q S_Q = 07$ op 13 UTC impliceert 0,7 uur zonneshijn in totaal in tijdvak 12 - 13 UTC. Deze code is van toepassing op alle stations waar globale straling wordt gemeten (zie hoofdstukken 1 en 7 van dit handboek).

2. Operationele eisen

2.1 Bereik

Het maximale bereik per etmaal voor zonneshijnduur is 18 uur (in Nederland is in het tijdvak 21 UTC – 03 UTC nimmer sprake van zonneshijn). Het bereik voor relatieve zonneshijnduur in tijdvakken van 1 uur c.q. 1 etmaal is: 0 - 100 %. In de praktijk zal 100% zonneshijnduur voor een etmaal zich nooit voordoen, omdat de zon zelfs bij extreme helderheid toch ruim boven de horizon zal moeten staan voordat een stralingsflux van 120 W/m² wordt bewerkstelligd.

2.2 Waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De vereiste waarneemresolutie voor zonneshijnduur is 0,1 uur (cf.WMO, ref.1).

De vereiste waarneemresolutie voor relatieve zonneshijnduur (per tijdvak à 1 uur c.q. 1 etmaal) is 1 %.

2.3 Operationeel vereiste nauwkeurigheid

De vereiste nauwkeurigheid in de berichtgeving zonneshijnduur per tijdvak à 1 uur is ±0,05 uur (cf.WMO, ref.1).

De vereiste nauwkeurigheid in de berichtgeving voor relatieve zonneshijnduur (per tijdvak à 1 uur c.q. 1 etmaal) is ±0,5 %.

Genoemde nauwkeurigheden zijn gerelateerd aan metingen directe straling. Deze zijn in principe niet toepasbaar op de door het KNMI gebruikte alternatieve methode waarbij de zonneshijnduur wordt berekend uit 10'-waarden globale straling. De hiermede haalbare nauwkeurigheid voor de (relatieve) zonneshijnduur is onderwerp van verder onderzoek.

2.4 Vereiste waarneemfrequentie

Door het KNMI worden geen operationele waarnemingen zonneshijnduur gedaan met behulp van metingen van de directe straling. Een alternatieve methode is ontwikkeld waarbij de zonneshijnduur wordt bepaald met behulp van een herleiding uit metingen globale straling, in het bijzonder uit de 10-minuten registraties van de waarden gemiddelde, maximum en minimum globale straling, het zogeheten “algoritme Slob” (ref.14). Met het algoritme wordt uit de genoemde informatie de zonneshijnduur per 10'-vak bepaald. De 10'-waarden zijn de basis voor de berekening van de uurwaarden en de etmaalwaarden zonneshijnduur. Een uitgebreide beschrijving van het algoritme is te vinden in par. 5 van dit hoofdstuk.

Tot de operationele invoering van de bovengenoemde methode gebruikte het KNMI een Campbell-Stokes autograaf voor de bepaling van de zonneshijnduur. Dit instrument registreert continu. Op dit moment wordt alleen op waarneemstation De Bilt nog een dergelijke autograaf gebruikt - naast de operationele berekeningsmethode van de zonneshijnduur op dit station. De registratie met de Campbell-Stokes autograaf zal in De Bilt op dagbasis worden voortgezet. De bedoeling is om aldus twee parallelle langjarige reeksen te ontwikkelen. Het KNMI verkrijgt aldus de input om de reeksen van alle



stations met betrekking tot deze variabele te homogeniseren.
Een korte beschrijving van de Campbell-Stokes autograaf, alsmede van de registratiemethode, is te vinden in paragraaf 3 van dit hoofdstuk.

2.5 Vereiste data aanwezigheid per specifieke periode

Per 10'-vak is 100% data aanwezigheid van alle onderhavige globale stralingsvariabelen vereist om met bovengenoemd algoritme de zonneshijnduur van dit tijdvak te bepalen.

3. Instrumenten en techniek

Zonneschijnduur uit globale straling

Door Slob e.a. (ref.14) is een methode ontwikkeld waarbij de zonneschijnduur kan worden bepaald met behulp van metingen globale straling, in het bijzonder de 10-minuten registraties van de waarden gemiddelde, maximum en minimum globale straling. Naar de onderzoeker wordt deze methode het "algoritme Slob" genoemd. Het algoritme berekent per 10'-vak de zonneschijnduur uit genoemde 10'waarden, alsmede uit de actuele zonshoogte en de actuele afstand van de aarde tot de zon (die bepalend is voor de actuele waarde van de extraterrestische straling). De 10'waarden zonneschijnduur vormen de basis voor de berekening van de uurwaarden en de etmaal waarden zonneschijnduur. De methode is in de periode 1991 – 1993 successievelijk op alle stations operationeel ingevoerd. Een uitgebreide beschrijving van het algoritme is te vinden in par. 5 van dit hoofdstuk. De techniek en de methode ter bepaling van de globale straling worden beschreven in Hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek.

Zonneschijnduurbepaling met behulp van autograaf (zie foto)

Momenteel wordt alleen op waarnemstation De Bilt nog de Campbell-Stokes autograaf gebruikt uitsluitend ten behoeve van klimaatonderzoek.



*figuur:
Campbell-Stokes autograaf.
Niet meer voor
operationeel gebruik
na 1992.
(foto John Kambeel)*

De registratie met dit instrument geschiedt met behulp van een bolvormig brandglas en een daarachter in een houder gespannen registratiestrook waarin de zon een spoor kan branden. De lengte van dit spoor is bepalend voor de lengte van de zonneschijnduur. Dagelijks (na zonsondergang) wordt de strook door een functionaris van WA verwijderd en vervangen door een nieuwe strook. Een functionaris van de Klimatologische Dienst KD bepaalt dagelijks met behulp van de informatie op de strook wat de zonneschijnduur in het betreffende etmaal is geweest. Een en ander conform de WMO-richtlijnen met betrekking tot

resolutie en nauwkeurigheid (ref.1, zie ook par.2.2 en 2.3). De bepaling is gegrond op door de KD vastgestelde procedures (ref.16).

Zonneschijnduur uit directe straling

De meest in aanmerking komende methode om zonneschijn en zonneschijnduur te kunnen bepalen is met behulp van metingen directe straling. Deze methode vereist echter kostbare infrastructuur, te weten een zonnevolger met alle onderhouds- en beheersmatige consequenties van dien. De oriëntatie van de richting van de zonnevolger op het middelpunt van de zon, vereist bovendien regelmatige controle c.q. (handmatige) bijstelling indien noodzakelijk. Een dergelijk instrument is dus ongeschikt voor een geheel automatisch station.



Directe straling wordt alleen op waarnemstation De Bilt operationeel gemeten. De registraties directe straling worden niet operationeel gebruikt voor de vaststelling van de zonneshijn(duur) in De Bilt. Dit hangt samen met de wens om op alle stations dezelfde methode voor bepaling van zonneshijn(duur) te gebruiken, dus inclusief op het station waar daarnaast nog met een in feite exactere methode wordt gemeten. Implementeren van metingen directe straling op alle overige stations is een te kostbare investering. De techniek en de methode directe straling worden beschreven in hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek.

Genoemde methodes zijn onderling vergeleken door middel van data analyse: stage onderzoek Jarno Schipper, WM/KD. In 2004 zijn de resultaten van dit onderzoek gepubliceerd (ref. 19).

4.Procedures

4.1 Procedures bij uitval waarnemingen

De bepaling van de zonneshijnduur met behulp van globale straling kan slechts geschieden bij (100%) aanwezigheid van de relevante data globale straling. Indien de onderliggende stralingsgegevens ontbreken, zal ook de corresponderende waarde zonneshijnduur ontbreken. Indien als gevolg hiervan de waarde zonneshijnduur van de afgelopen dag voor station De Bilt in het SYNOP-bericht van 00.00 UTC ontbreekt, vindt in die situatie geen handmatige aanvulling van data plaats.

Voor de overige uit globale straling gegenereerde waarden zonneshijnduur is deze paragraaf niet van toepassing, aangezien de waarden in de operationele berichtgeving niet real time worden gebruikt. De procedures bij eventuele uitval zijn derhalve gekoppeld aan de validatie van waarden achteraf. Zie paragraaf 4.2.

Bij het ontbreken van Campbell Stokes waarnemingen van De Bilt (bij voorbeeld als geen stroken zijn geplaatst) vindt geen aanvulling van die ontbrekende waarnemingen plaats.

4.2 Procedures voor achteraf validatie

De invoer in het Klimatologisch Informatiesysteem KIS van data zonneshijnduur geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken h = 00 t.m. 23). De per dag nieuw in KIS ingevoerde waarden worden direct onderworpen aan ingeprogrammeerde automatische controleprocedures. Dit proces is van toepassing op de data zonneshijnduur herleid uit globale straling. Het gaat om de volgende procedures per station:

- a. De uurwaarde zonneshijnduur (in 0,1 uur) dient ≥ 0 en ≤ 10 te zijn, anders is de uurwaarde verdacht;
- b. Indien de uurwaarde zonneshijnduur (in 0,1 uur) in het afgelopen uur op de aangegeven tijdstippen (UTC) per ondergenoemde periode een waarde $\neq 0$ heeft, is deze uurwaarde verdacht:

21 november - 11 januari:	0..7 en 17..23 UTC
12 januari - 10 februari:	0..7 en 18..23
11 februari - 16 februari:	0..6 en 18..23
17 februari - 13 maart:	0..6 en 19..23
14 maart - 25 maart:	0..5 en 19..23
26 maart - 7 april:	0..5 en 20..23
8 april - 25 april:	0..4 en 20..23
26 april - 3 mei:	0..4 en 21..23
4 mei - 31 mei:	0..3 en 21..23
1 juni - 19 juli:	0..3 en 22..23
20 juli - 6 augustus:	0..3 en 21..23
7 augustus - 20 augustus:	0..4 en 21..23
21 augustus - 8 september:	0..4 en 20..23
9 september - 14 september:	0..5 en 20..23
15 september - 10 oktober:	0..5 en 19..23
11 oktober - 14 oktober:	0..5 en 18..23
15 oktober - 12 november:	0..6 en 18..23
13 november - 20 november:	0..6 en 17..23

(Ref. 5)



De subafdeling Beheer Waarnemingen en Stations BWS van de afdeling Operationele data OD is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de waarden zonneshijnduur in KIS. BWS/OD beoordeelt daartoe in principe ieder nieuwe waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een extra hulpmiddel vormt de output van de testprocedures met betrekking tot de nieuwe waarden globale straling (zie hoofdstuk 7 van dit handboek). Een verdachte waarde zonneshijnduur wordt zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens.

Vervanging geschiedt handmatig.

Een functionaris van de Klimatologische Dienst KD is verantwoordelijk voor de invoer in KIS van waarneemdata uit de parallelle registratie van de zonneshijnduur in De Bilt met behulp van de Campbell-Stokes autograaf. Daartoe bepaalt hij dagelijks (op werkdagen) met de informatie van het (eventuele) brandspoor op de strook wat de zonneshijnduur in het betreffende etmaal is geweest. Het gaat om een handmatig proces waarbij de expertise van de functionaris tevens garant staat voor de validiteit van de ingevoerde data.

4.3 Procedures voor inspectie

Inspectie zonneshijnduur uit globale straling

Voor de inspectie van de waarnemingen zonneshijnduur is de subafdeling BWS/OD van het KNMI verantwoordelijk. De inspectie is gerelateerd aan de inspectie van de metingen globale straling en de procedure is derhalve identiek. Deze procedure wordt (mutatis mutandis) beschreven in hoofdstuk 7 van dit handboek. Vooral van belang is de controle of er vanuit het gezichtspunt van de globale stralingssensor geen obstakels zijn die 5 graden of meer uitsteken boven de horizon.

Inspectie zonneshijnduur uit Campbell-Stokes waarnemingen in De Bilt

De subafdeling BWS/OD van het KNMI draagt zorg voor een officiële jaarlijkse inspectie van de Campbell-Stokes autograaf in De Bilt. Met name wordt hierbij beoordeeld of de autograaf waterpas staat en of de zonnebaan bekeken vanuit de autograaf (nog) obstakelvrij is. Bevindingen worden vastgelegd in het stationsarchief. Overigens wordt de autograaf dagelijks bekeken door de functionaris die de stroken verwisselt. Eventuele afwijkingen kunnen door deze persoon worden geconstateerd, waarna rapportage aan BWS/OD volgt.

5. Herleiding van parameters

Algoritme bepaling zonneshijnduur uit 10'-waarden globale straling

Op de automatische waarnemstations waar globale straling wordt gemeten, wordt de zonneshijnduur bepaald met behulp van een algoritme dat ontwikkeld is door W.H.Slob (ref.14). In de volksmond wordt het ook wel het "Algoritme Slob" genoemd. Het algoritme is gebaseerd op de volgende 2 uitgangspunten:

1. de mogelijkheid van een vrij nauwkeurige inschatting van de waarde van de (globale) straling op het aardoppervlak op basis van de berekende waarde van de extraterrestrische straling en de intensiteitsafname als gevolg van het doorlopen pad in de atmosfeer (absorptie, verstrooiing); deze afname is afhankelijk van de zonshoogte en de gemiddelde turbiditeitsfactor in de doorlopen atmosfeer (turbiditeit = troebelheid, zie Velds, ref. 10, par.2.3); de geschatte/ berekende waarde van de globale straling op het aardoppervlak kan vergeleken worden met de gemeten waarde globale straling; bij een (evident) verschil kan geconcludeerd worden dat er sprake is (geweest) van bewolking;
2. een evident verschil tussen maximum en minimum van de gemeten globale straling, wat de *tijdelijke* verduistering van de zon, dus *tijdelijke* aanwezigheid van bewolking in het beoogde tijdvak doet veronderstellen.

Slob heeft een ruw algoritme ontwikkeld en dit verfijnd op grond van experimenten bij zoveel mogelijk bewolkingssituaties. In het uiteindelijk door Slob gepubliceerde algoritme (ref. 14) is door de Klimatologische Dienst nog een aantal kleine correcties aangebracht teneinde een betere overeenstemming met de oorspronkelijke Campbell-Stokes metingen te kunnen bewerkstelligen en daarmee de homogeniteit van de langjarige reeks beter te kunnen waarborgen (ref.15).

Het door de KD aangepaste algoritme is met nog een kleine nuancering geïmplementeerd op een PC onder beheer van de KD, later de afdeling OD. Het betreft één centrale PC in het KNMI, waar éénmaal per etmaal alle relevante 10 minuten data globale straling wordt ingezameld ten behoeve van de berekening van de waarden zonneshijnduur. De outputgegevens daarvan worden ingevoerd in KIS. Na de implementatie van HIM (Herinrichting Meetnet) is het oorspronkelijk algoritme Slob (dus zonder de KD-aanpassingen) op alle betrokken stations geïmplementeerd en vindt aldaar een directe lokale berekening van de zonneshijnduur plaats (ref.17).

Benodigde invoerdata per waarnemstation:

- a) Per 10' tijdvak: de 10' waarden gemiddelde, maximum en minimum globale straling: resp. G_{gem} , G_{max} , G_{min} ; indien waarden afwezig zijn wordt dit door middel van een indicatie aangegeven;
- b) De coördinaten van het betreffende station: de lengte- en breedtegraad (graden/minuten) worden hierbij geëxtraheerd uit een tabel.

Berekeningen vooraf:

- a) De berekening van het dagnummer in het jaar uit de beschikbare datum;
- b) De bepaling van het tijdstip op de dag {in UTC} met betrekking tot het beoogde 10'tijdvak waarvoor de zonneshijnduur dient te worden berekend uit globale straling (in principe wordt een tijdstip gekozen halverwege het 10' vak);
- c) De berekening van relevante parameters voor de positie van de zon, in het bijzonder de tijdcorrectie en declinatie, met behulp van het juist berekende dagnummer (ref. 10, par.6);

- d) De berekening van de (sinus van de) zonshoogte uit de lengte-/breedtegraad, en de zojuist berekende waarden voor de declinatie, het tijdstip op de dag en de tijdcorrectie (ref. 10, par. 6);
- e) De berekening van de actuele afstand van de aarde tot de zon, welke afstand gerelateerd is aan het dagnummer in het jaar (ref. 10, par. 5);
- f) De berekening van de waarde van de extraterrestische straling I_0 (= straling aan de rand van de atmosfeer) met behulp van de formule van Dogniaux, de waarde van de zonneconstante (1367 Watt/m^2) en de actuele afstand van de aarde tot de zon (zie Velds, ref. 10, par. 5, i.h.b. formule 5.7).
- g) $G_0 = I_0 * \sin(\text{zonshoogte})$ (= vector extraterrestische straling loodrecht op het aardoppervlak)

Algoritme Slob zoals gebruikt voor de berekening van zonneshijnduur in KIS:

a) Stap 1

Situatie: $\sin(\text{zonshoogte}) < 0,05$ (Slob en HIM: $\sin(\text{zonshoogte}) < 0,1$);

geen zonneshijnwaarde, fractie zonneshijnduur $Fr = 0$;

b) Stap 2

Situatie: $0,05 \leq \sin(\text{zonshoogte}) < 0,087$;

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 3,5$;

Situatie: $0,087 \leq \sin(\text{zonshoogte}) < 0,3$;

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 6$;

[Slob en HIM: Situatie: $0,1 \leq \sin(\text{zonshoogte}) < 0,3$;

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 6$]

$G_{\text{grens}} = G_0 * [0,2 + \{\sin(\text{zonshoogte})\}/3 + \exp \{-T_L / (0,9 + 9,4 \sin(\text{zonshoogte}))\}]$

als $G_{\text{gem}} < G_{\text{grens}}$: fractie zonneshijnduur $Fr = 0$;

als $G_{\text{gem}} \geq G_{\text{grens}}$: fractie zonneshijnduur $Fr = 1$;

dat wil zeggen een waarde zonneshijnduur = 0 minuten (=0%) of = 10 minuten (= 100%) {detailbeschrijving in ref. 14 en 15};

c) Stap 3

Situatie $\sin(\text{zonshoogte}) \geq 0,3$;

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 10$;

$G_{\text{grens}} = G_0 * [0,3 + \exp \{-T_L / (0,9 + 9,4 \sin(\text{zonshoogte}))\}]$

als $G_{\text{max}} < 0,4 * G_0$: fractie zonneshijnduur $Fr = 0$;

als $G_{\text{max}} \geq 0,4 * G_0$ en $G_{\text{min}} > G_{\text{grens}}$: fractie zonneshijnduur $Fr = 1$;

als $G_{\text{max}} \geq 0,4 * G_0$ en $G_{\text{min}} \leq G_{\text{grens}}$ en $G_{\text{max}} > G_{\text{grens}}$

en $(G_{\text{max}} - G_{\text{min}}) < 0,1 * G_0$: fractie zonneshijnduur $Fr = 1$;

Overige gevallen bij $\sin(\text{zonshoogte}) \geq 0,3$;

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 8$ (Slob en HIM: $T_L = 4$);

als $(1,2 * G_{\text{min}} / G_0) > 0,4$ dan $(1,2 * G_{\text{min}} / G_0) = 0,4$

fractie zonneshijnduur $Fr = \frac{\{(G_{\text{gem}} / G_0) - (1,2 * G_{\text{min}} / G_0)\}}{\exp \{-T_L / (0,9 + 9,4 \sin(\text{zonshoogte}))\}}$

[opm. als $Fr < 0 \rightarrow Fr = 0$, als $Fr > 1 \rightarrow Fr = 1$] {detailbeschrijving in ref. 14 en 15}.

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

Zonneschijnduur uit globale straling

De opstellingseisen en omgevingscondities met betrekking tot waarnemingen zonneschijnduur uit globale straling zijn gerelateerd en identiek aan de dienovereenkomstige eisen en condities van de onderliggende globale stralingsmetingen. Deze worden beschreven in par. 6 van hoofdstuk 7 van dit handboek.

Zonneschijnduur uit Campbell-Stokes waarnemingen in De Bilt

Het horizontale vlak van het Campbell-Stokes instrument dient waterpas te zijn.

De glazen bol van het instrument dient volkomen rond en krasvrij te zijn. De bol moet tevens vrij zijn van stof en rijpaanslag. De beheerder van het meetstation draagt zorg voor het schoon zijn van het instrument.

Het instrument is gemonteerd op een statief op het platform op het dak boven de weerkamer in gebouw A van het KNMI te De Bilt. Hoogte instrument ten opzichte van het maaiveld: ca. 22 meter. Vanuit het gezichtspunt van de meetlocatie zijn er geen obstakels die 5 graden of meer uitsteken boven de horizon.

Literatuur

1. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition (i.h.b. Hoofdstukken 7 en 8), World Meteorological Organization WMO, 1996
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI)
3. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie(EVM), module A4/B1, E.Chavanu, KNMI-document, 1996
4. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO, KNMI-document, 1994
5. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992
6. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Document-nummer ID-30-015, 1997
7. An introduction to solar radiation, M.Iqbal, Academic Press, London (390 pp), 1983
8. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, 1994
9. KNMI-handboek meteorologische codes, FM 12 - X SYNOP, synoptisch weerrapport van een vast landstation, versie 5.0, P.IJ.de Vries, 2000
10. Zonnestraling in Nederland, C.A.Velds, 1992
11. Global Radiation Measurements in the Operational KNMI Meteorological Network, Effects of pollution and ventilation, F.Kuik, KNMI Technical Report TR-197, 1997
12. Variability of the solar "constant", C.Fröhlich, In: Long and short term variability of climate, H.Wanner and U.Siegenthaler (eds); Lecture notes in Earth Sciences 16, Springer-Verlag, Berlin, pp. 6 – 17, 1988
13. An introduction to Atmospheric Radiation Measurements in Meteorology, climatology and industry, K.van den Bos, E. Hoeksema, Kipp & Zonen, 1997
14. Bepaling van directe en diffuse straling en van zonneshijnduur uit 10-minuutwaarden van de globale straling, W.H.Slob et al, KNMI Technical Report TR-136, 1992
15. Het programma voor berekening van zonneshijnduur uit globale straling, U. Bergman, KNMI Technical Report TR-158, 1993
16. Procedure bepaling zonneshijnduur uit inbranding op registratiestrook in Campbell-Stokes autograaf, intern document Klimatologische Dienst KD, KNMI
17. Algoritmen RIS* tbv HIM, versie 3.0, A5 Zonneshijnduur, KNMI, 2001
18. Insolation, no. 10550/ insolation duration, no. 10560, Vocabulary World Meteorological Organization WMO, IMV
19. Vergelijking van diverse methodes voor de berekening van zonneshijnduur uit globale straling, J.Schipper, KNMI Technical Report TR-258, KNMI, 2004

* RIS: RMI Inwin Systeem (RMI: Rijkswaterstaat Meetnet Infrastructuur)