
Het programma voor berekening van zonneshijnduur uit globale straling

U. Bergman

Technische rapporten; TR-158

INHOUD

1. INLEIDING.....	pag. 1
2. PROGRAMMA VOOR BEREKENING VAN UURLIJKSE ZONNESCHIJN..	2
3. VOORBEELD VAN DE PROGRAMMA-INVUER.....	3-5
4. OPERATIONELE IMPLEMENTATIE VAN HET PROGRAMMA.....	6-15
5. VOORBEELD VAN PROGRAMMA-UITVOER.....	16

Referenties:

1. Bepaling van directe en diffuse straling en van zonneshijnduur uit 10-minuten-waarden van de globale straling, W.H.Slob en W.A.A.Monna, TR-136, KNMI, 1991;
2. Zonneshijnduur: metingen met Campbell-Stokes autograaf en schattingen uit globale straling, B.van Mourik, Operationele notitie Klimatologische Dienst KNMI, 1992. (Intern document).

1. INLEIDING

Sinds jaren legt het KNMI de uurlijkse waarden zonneshijnduur van een groot aantal Nederlandse waarneemstations vast in de klimatologische database. Deze waarden dienen als basis voor allerlei klimatologische producten. In het bijzonder betreft het in deze producten overzichten met dagsommen of maandsommen of jaarsommen zonneshijnduur voor de stations. Als operationeel meetinstrument fungeerde tot voor kort de Campbell-Stokes autograaf.

De afgelopen jaren is het beleid van het KNMI gericht geweest op geleidelijke automatisering van een groot gedeelte van het meetnet. Veel bemande stations zijn hierbij vervangen door of gebruik gaan maken van geautomatiseerde waarneemsystemen. Ook ten aanzien van de meting van de zonneshijnduur deed zich de noodzaak van automatisering voor. Deze noodzaak werd in belangrijke mate ingegeven door de uitspraak van de Wereld Meteorologische Organisatie WMO in 1989 dat er sprake is van zonneshijn indien de directe straling van de zon op een vlak loodrecht op de zonnestraal een waarde van 120 W/m² overschrijdt. Metingen met behulp van een Campbell-Stokes instrument werden in dit verband als verouderd en niet objectief bestempeld.

Het lag voor de hand om een directe stralingsmeter als basisinstrument te gaan gebruiken voor de meting van de zonneshijnduur. Met het oog op de representativiteit voor Nederland zou dit echter de aanschaf en installatie van zo'n 20 a 30 van deze stralingsmeters hebben betekend. Directe stralingsmeters zijn evenwel kostbaar en onderhoudsintensief. Besloten is om de zonneshijnduur te laten berekenen uit waarden globale straling.

Inmiddels is het merendeel van de automatische waarneemsystemen uitgerust met apparatuur welke het mogelijk maakt de metingen te verrichten aan de globale straling. Voor de berekening van de zonneshijnduur zijn van belang de metingen die gebaseerd zijn op tijdvakken van tien minuten. Het gaat hierbij om de maximale, de minimale en gemiddelde globale straling per tien-minutenvak.

Het Campbell-Stokes-meetnet is ingekrompen tot 11 lokaties. Deze Campbell-Stokes metingen worden vooralsnog voortgezet met het oog op vergelijking van de nieuwe methode met de oude. De gegevens worden op de Klimatologische Dienst lokaal (dwz op PC) opgeslagen en met ingang van 1 oktober 1992 niet meer gebruikt in klimatologische producten en overzichten.

2. PROGRAMMA VOOR BEREKENING VAN UURLIJKSE ZONNESCHIJN

W.H.Slob heeft een algoritme ontwikkeld waarmee uit onder meer bovengenoemde 10-minutengegevens globale straling de uurlijkse zonneshijnduur kan worden berekend. Zie referentie 1. Voor de beschrijving van het algoritme wordt naar deze TR verwezen.

Op basis van het algoritme is door U.Bergman (Klimatologische Dienst) een PC-programma geschreven dat operationeel de genoemde waarden globale straling verwerkt tot uurlijkse waarden zonneshijnduur. Deze rekenmethode is operationeel per 1 oktober 1992 en is successievelijk ingevoerd op alle stations waar globale straling wordt gemeten (thans 24 totaal).

De in het programma gebruikte methode wijkt iets af van het algoritme Slob:

a) minimale zonshoogte h met waarde $\sin(h)=0.05$ in plaats van $\sin(h)=0.1$;

b) in geval van $\sin(h) \geq 0.3$ en wisselend bewolkt is voor de turbiditeit de waarde 8 genomen in plaats van 4.

Deze aanpassingen zijn gedaan om meer overeenstemming met Campbell-Stokes metingen te krijgen en aldus de homogeniteit van de jarenlange reeks te waarborgen. De gewijzigde parameters zijn gegrond op een statistische vergelijking van zonneshijnduurberekeningen met parallelle Campbell-Stokes waarnemingen, welke in de periode mei 1991 t.m. december 1991 op 3 lokaties zijn verricht: De Bilt (260), Wilhelminadorp (017) en Hupsel/Winterswijk (433). Zie ook referentie 2.

Elke nacht worden met behulp van een inzamelprogramma de benodigde stralingsgegevens opgehaald uit de automatische waarnemstations. De gegevens worden per etmaal en per station opgeslagen in een tien-minutendatabase.

Op dagbasis wordt een programma opgestart dat uitgaande van deze tien-minutendatabase per station een overzicht geeft van de uurlijkse zonneshijnhoeveelheden.

Deze gegevens worden overgenomen en op dagbasis ingevoerd in de Klimatologische database. De berekende zonneshijngegevens kunnen nu verwerkt worden tot klimatologische producten.

3 VOORBEELD VAN DE PROGRAMMA-INVOER

De invoerfile bevat per tien-minutentijdvak de gemiddelde, de minimum en de maximum hoeveelheid globale straling in joule per cm². Elke stralingshoeveelheid wordt gevolgd door een bijzonderheid (0 of 8). De bijzonderheidswaarde 8 geeft aan dat de overeenkomstige stralingshoeveelheid ontbreekt.

```
2350993033000000000800080008
2350993033000100 00 00 00
2350993033000200 00 00 00
2350993033000300 00 00 00
2350993033000400 00 00 00
2350993033000500 00 00 00
2350993033001000 00 00 00
2350993033001100 00 00 00
2350993033001200 00 00 00
2350993033001300 00 00 00
2350993033001400 00 00 00
2350993033001500 00 00 00
2350993033002000 00 00 00
2350993033002100 00 00 00
2350993033002200 00 00 00
2350993033002300 00 00 00
2350993033002400 00 00 00
2350993033002500 00 00 00
2350993033003000 00 00 00
2350993033003100 00 00 00
2350993033003200 00 00 00
2350993033003300 00 00 00
2350993033003400 00 00 00
2350993033003500 00 00 00
2350993033004000 00 00 00
2350993033004100 00 00 00
2350993033004200 00 00 00
2350993033004300 00 00 00
2350993033004400 00 00 00
2350993033004500 00 00 00
2350993033005000 00 00 00
2350993033005100 00 00 00
2350993033005200 00 00 10
2350993033005300 30 10 40
2350993033005400 60 40 90
2350993033005500 110 90 140
2350993033006000 170 140 200
2350993033006100 240 200 300
2350993033006200 360 310 400
2350993033006300 450 400 500
2350993033006400 550 510 570
2350993033006500 450 410 570
2350993033007000 390 380 410
2350993033007100 380 360 400
```

2350993033007200 440 390 680
2350993033007300 750 540 930
2350993033007400 970 9301020
2350993033007500107010201120
2350993033008000117011201210
2350993033008100125012101300
2350993033008200134013001380
2350993033008300141013801450
2350993033008400162014501880
23509930330085001290 7301970
23509930330090001060 7101750
2350993033009100177016601810
2350993033009200184018101880
2350993033009300188018601920
2350993033009400195019301970
2350993033009500198019102040
2350993033010000207020402090
2350993033010100209020502130
2350993033010200215020902180
2350993033010300221021802220
2350993033010400225022202280
2350993033010500229022602320
2350993033011000230022302340
2350993033011100227018602400
2350993033011200244024002490
2350993033011300243018002750
2350993033011400174014902220
2350993033011500147014101520
2350993033012000159015001710
2350993033012100188017402130
2350993033012200217018502910
2350993033012300222018502640
2350993033012400234020702520
2350993033012500220018002390
2350993033013000216016702430
2350993033013100218021402220
2350993033013200212018502190
2350993033013300194014002220
2350993033013400207018602210
2350993033013500201019602040
2350993033014000163013501960
2350993033014100167012001920
2350993033014200147012701710
23509930330143001170 9601340
2350993033014400122010001390
2350993033014500133011201430
2350993033015000138011301480
23509930330151001040 7001200
2350993033015200 780 690 870
2350993033015300 610 540 720
2350993033015400 490 460 530

2350993033015500	450	440	460
2350993033016000	420	410	440
2350993033016100	380	350	410
2350993033016200	340	330	350
2350993033016300	330	310	340
2350993033016400	290	270	310
2350993033016500	240	220	270
2350993033017000	200	190	220
2350993033017100	190	170	200
2350993033017200	150	130	170
2350993033017300	110	90	130
2350993033017400	70	50	90
2350993033017500	30	20	50
2350993033018000	10	00	20
2350993033018100	00	00	00
2350993033018200	00	00	00
2350993033018300	00	00	00
2350993033018400	00	00	00
2350993033018500	00	00	00
2350993033019000	00	00	00
2350993033019100	00	00	00
2350993033019200	00	00	00
2350993033019300	00	00	00
2350993033019400	00	00	00
2350993033019500	00	00	00
2350993033020000	00	00	00
2350993033020100	00	00	00
2350993033020200	00	00	00
2350993033020300	00	00	00
2350993033020400	00	00	00
2350993033020500	00	00	00
2350993033021000	00	00	00
2350993033021100	00	00	00
2350993033021200	00	00	00
2350993033021300	00	00	00
2350993033021400	00	00	00
2350993033021500	00	00	00
2350993033022000	00	00	00
2350993033022100	00	00	00
2350993033022200	00	00	00
2350993033022300	00	00	00
2350993033022400	00	00	00
2350993033022500	00	00	00
2350993033023000	00	00	00
2350993033023100	00	00	00
2350993033023200	00	00	00
2350993033023300	00	00	00
2350993033023400	00	00	00
2350993033023500	00	00	00

4 OPERATIONELE IMPLEMENTATIE VAN HET PROGRAMMA

Hierna volgt een beschrijving van het programma dat uit de tien-minutengegevens van de globale straling de uurlijkse waarden van de zonneshijn berekend.

```
program berekenzonneshijnduur;

uses dos, crt;

type string6 = string[6];

var dagnum      : integer;
    dtg         : string6;
    declinatie  : real;
    uurvak      : real;
    minuten     : byte;
    tijdvereff  : real;
    sinzon      : real;
    turbiditeit : byte;
    f           : text;
    fname       : string;
    rec         : string;
    fr          : real;
    frsum       : real;
    qgrens      : real;
    qgem        : real;
    qmax        : real; { maximum straling over 10-minuten }
    qmin        : real; { minimum straling over 10-minuten }
    qextr       : real; { straling aan rand van atmosfeer }
    qdiff       : real; { diffuse straling }
    qdir        : real; { directe straling }
    ssum        : real; { totale zonneshijn }
    station     : string;
    lengte      : real;
    breedte     : real;
    srec        : searchrec;
    ontbrekend  : boolean;
    aantalontbrekend : byte;
```

Voor de berekening van de zonneshijnduur zijn de breedte- en de lengtegraad van het station van belang. De breedte- en lengtegraad van het station worden geretourneerd door onderstaande functies.


```

function getbreedte(var station : string) : real;
var breedte : real;
begin
  if station='210' then breedte:=52.17; { graden/minuten }
  if station='235' then breedte:=52.55;
  if station='240' then breedte:=52.18;
  if station='244' then breedte:=52.39;
  if station='260' then breedte:=52.06;
  if station='265' then breedte:=52.08;
  if station='267' then breedte:=52.53;
  if station='269' then breedte:=52.27;
  if station='270' then breedte:=53.22;
  if station='273' then breedte:=52.42;
  if station='275' then breedte:=52.06;
  if station='277' then breedte:=53.80;
  if station='278' then breedte:=52.26;
  if station='279' then breedte:=52.44;
  if station='280' then breedte:=53.07;
  if station='283' then breedte:=52.04;
  if station='286' then breedte:=53.12;
  if station='290' then breedte:=52.27;
  if station='319' then breedte:=51.14;
  if station='323' then breedte:=51.32;
  if station='340' then breedte:=51.45;
  if station='343' then breedte:=51.53;
  if station='344' then breedte:=51.57;
  if station='350' then breedte:=51.57;
  if station='356' then breedte:=51.52;
  if station='370' then breedte:=51.44;
  if station='375' then breedte:=51.39;
  if station='380' then breedte:=50.55;
  if station='391' then breedte:=51.30;
  breedte:=trunc(breedte)+frac(breedte)/60*100;
  { omzetten naar decimaal }
  getbreedte:=breedte;
end;

```

```

function getlengte(var station : string) : real;
var lengte : real;
begin
  if station='210' then lengte:=4.42;
  if station='235' then lengte:=4.47;
  if station='240' then lengte:=4.46;
  if station='244' then lengte:=5.03;
  if station='260' then lengte:=5.18;
  if station='265' then lengte:=5.16;
  if station='267' then lengte:=5.21;
  if station='269' then lengte:=5.32;
  if station='270' then lengte:=5.75;
  if station='273' then lengte:=5.53;
  if station='275' then lengte:=5.89;
  if station='277' then lengte:=6.10;
  if station='278' then lengte:=6.16;
  if station='279' then lengte:=6.31;
  if station='280' then lengte:=6.35;
  if station='283' then lengte:=6.39;
  if station='286' then lengte:=7.09;
  if station='290' then lengte:=6.90;
  if station='319' then lengte:=3.52;
  if station='323' then lengte:=3.54;
  if station='340' then lengte:=4.35;
  if station='344' then lengte:=4.26;
  if station='350' then lengte:=4.93;
  if station='356' then lengte:=5.09;
  if station='370' then lengte:=5.41;
  if station='375' then lengte:=5.42;
  if station='379' then lengte:=5.43;
  if station='380' then lengte:=5.46;
  if station='391' then lengte:=6.12;
  lengte:=trunc(lengte)+frac(lengte)/60*100;
  getlengte:=lengte;
end;

```

Het dagnummer wordt gebruikt om de declinatie van de zon en de tijdvereffening te berekenen.

```

function getdaynum (dtg : string6) : integer;

{ deze functie berekent het dagnummer aan de hand van de }
{ datumtijdgroep van de tienminuten-gegevensrecords.   }
{ deze datumtijdgroep bevindt zich op de posities 5 t/m  }
{ 10 van het record. het format van de dtg is yymmdd,    }
{ waarbij yy de laatste twee cijfers van het jaar zijn.  }

const daycumm : array[1..12] of integer =
    (0,31,59,90,120,151,181,212,243,273,304,334);

var year    : integer;
    month   : integer;
    day     : integer;
    result  : integer;
    daynum  : integer;

begin
    val(copy(dtg,1,2),year,result);
    val(copy(dtg,3,2),month,result);
    val(copy(dtg,5,2),day,result);
    if year mod 4=0 then
        { geen rekening gehouden met jaar 2000 }
    begin
        if month > 2 then daynum:=daycumm[month]+day+1
        else daynum:=daycumm[month]+day
    end
    else daynum:=daycumm[month]+day;
    getdaynum:=daynum;
end;

function getstation(filename : string) : string;

begin
    getstation:=copy(filename,1,3);
end;

function gethour (var rec : string) : real;

{ deze functie haalt het uurvak uit het gelezen record }

var hour    : byte;
    result  : integer;

begin
    val(copy(rec,12,2),hour,result);
    gethour:=hour;
end;

```

```

function getminutes (var rec : string) : byte;
{ deze functie haalt het tienminuten-tijdvak uit het }
{ gelezen record }

var minutes : byte;
    result : integer;

begin
    val(copy(rec,14,2),minutes,result);
    getminutes:=minutes+5;
end;

function getdeclination (daynum : integer) : real;

var declination : real;
    pd : real;

begin
    pd:=2*pi*daynum/366;
    declination:=0.33281-22.984*cos(pd)-0.34990*cos(2*pd)-
        0.13980*cos(3*pd)+3.78720*sin(pd)+
        0.32050*sin(2*pd)+0.07187*sin(3*pd);
    declination:=declination/180*pi;
    getdeclination:=declination
end;

function gettimecorrection (dagnum : integer) : real;
{ deze functie berekent de tijdvereffening }

var timecorr : real;
    pd : real;

begin
    pd:=2*pi*dagnum/366;
    timecorr:=0.0072*cos(pd)-0.0528*cos(2*pd)-
        0.0012*cos(3*pd)-0.1229*sin(pd)-
        0.1565*sin(2*pd)-0.0041*sin(3*pd);
    gettimecorrection:=timecorr
end;

function getsinussunheight (declinatie : real;
                             tijdvereff : real;
                             uurvak : real) : real;

begin
    getsinussunheight:=sin(declinatie)*sin(breedte/360*2*pi)+
        cos(declinatie)*cos(breedte/360*2*pi)*
        cos((uurvak-12+tijdvereff+lengte/15)*15/360*2*pi);
end;

```

```

function getradiation(var rec : string) : real;
var radiation : longint;
    result      : integer;

begin
    val(copy(rec,17,3),radiation,result);
    getradiation:=radiation*100/36;
    { omzetten J/m2 -> Watt/m2 }
    if (copy(rec,20,1) = '8') or (copy(rec,20,1) = '9') then
    begin
        ontbrekend := TRUE;
        inc(aantalontbrekend);
    end;
end;

function getmaxradiation(var rec : string) : real;
var radiation : longint;
    result      : integer;

begin
    val(copy(rec,25,3),radiation,result);
    getmaxradiation:=radiation*100/36;
    { omzetten J/m2 -> Watt/m2 }
    if (copy(rec,28,1) = '8') or (copy(rec,28,1) = '9') then
    begin
        ontbrekend := TRUE;
        inc(aantalontbrekend);
    end;
end;

function getminradiation(var rec : string) : real;
var radiation : longint;
    result      : integer;

begin
    val(copy(rec,21,3),radiation,result);
    getminradiation:=radiation*100/36;
    { omzetten J/m2 -> Watt/m2 }
    if (copy(rec,24,1) = '8') or (copy(rec,24,1) = '9') then
    begin
        ontbrekend := TRUE;
        inc(aantalontbrekend);
    end;
end;

```

```

function getqextr(dagnum : integer) : real;
var qextr : real;
    pd    : real;

begin
    pd:=2*pi*dagnum/366;
    qextr:=1353+45.326*cos(pd)+
        0.88018*cos(2*pd)-0.00461*cos(3*pd);
    qextr:=qextr+1.8037*sin(pd)+
        0.09746*sin(2*pd)+0.18412*sin(3*pd);
    getqextr:=qextr;
end;

procedure processrec(var rec : string);
var ch : char;

begin
    dtg:=copy(rec,6,6);
    qgem:=getradiation(rec);
    qmin:=getminradiation(rec);
    qmax:=getmaxradiation(rec);
    dagnum:=getdaynum(dtg);
    qextr:=getqextr(dagnum);
    uurvak:=gethour(rec);
    minuten:=getminutes(rec);
    uurvak:=uurvak+minuten/60;
    declinatie:=getdeclination(dagnum);
    tijdvereff:=gettimecorrection(dagnum);
    if (uurvak > 3.0) and (uurvak < 21.0) then
    begin
        sinzon:=getsinussunheight
            (declinatie,tijdvereff,uurvak);

        if sinzon < 0.05 then
            fr:=0
        else
            if (sinzon > =0.05) and (sinzon < 0.3) then
            begin
                turbiditeit:=6;
                qdiff:=0.2+sinzon/3;
                qdir:=exp(-turbiditeit/(0.9 + 9.4*sinzon));
                qgrens:=qdiff + qdir;
                if qgem/(qextr * sinzon) < qgrens then
                    fr:=0
                else
                    fr:=1;
            end
        end
    end
end

```

```

else
begin
  turbiditeit:=10;
  qdiff:=0.3;
  qdir:=exp(-turbiditeit/(0.9 + 9.4 * sinzon));
  qgrens:=qdiff + qdir;
  if qmax/(qextr * sinzon) < 0.4 then
    fr:=0
  else
    begin
      if qmin/(qextr*sinzon)>qgrens then
        fr:=1
      else
        begin
          if (qmax/(qextr*sinzon) > qgrens) and
            (qmax/(qextr*sinzon)-qmin/
              (qextr*sinzon) < 0.1)
          then
            fr:=1
          else
            begin
              turbiditeit:=8;
              qdiff:=1.2*qmin/(qextr*sinzon);
              if qdiff > 0.4 then qdiff:=0.4;
              qdir:=exp(-turbiditeit/(0.9+
                9.4*sinzon));
              fr:=(qgem/
                (qextr*sinzon)-qdiff)/qdir;
              if fr < 0.0
                then fr:=0.0
              else
                if fr > 1.0 then
                  fr:=1.0;
            end
          end;
        end;
      end;
    end;
end;

```

```

frsum:=frsum+fr;
ssum:=ssum+fr;
if minuten=55 then
begin
write(uurvak:2:0,'      ',frsum/6:2:1,'      ');
if ontbrekend and (sinzon >= 0.05) then
begin
write('In dit tijdvak ontbreken ');
writeln(aantalontbrekend/3:1:0,'
10''-gegeven(s)')
end
else writeln;
frsum:=0.0;
ontbrekend := FALSE;
aantalontbrekend := 0;
end;
end;
end;

```

```

begin
clrscr;

if paramcount<>1 then
begin
writeln('Tik in : zon ???YMMDD.DAT');
writeln('waarbij III = station');
writeln('      Y   = laatste cijfer van het
jaar');
writeln('      MM  = maand. ');
writeln('      DD  = dag. ');
halt;
end;
findfirst('c:\qqqdata\' + paramstr(1), archive, srec);
if doserror<>0 then
begin
writeln('I/O-error,
diskette niet in drive of
file niet gevonden');
halt;
end;
while doserror=0 do
begin
aantalontbrekend := 0;
ontbrekend := FALSE;
assign(f, 'c:\qqqdata\' + srec.name);
{$i-}
reset(f);
{$i+}

```



```

frsum:=0.0;
ssum:=0.0;
station:=getstation(srec.name);
breedte:=getbreedte(station);
lengte:=getlengte(station);
writeln('Station : ',station);
write('Datum   : 199'+copy(paramstr(1),4,1)+'-');
writeln(copy(paramstr(1),5,2)+'-'+
        copy(paramstr(1),7,2));
writeln;
writeln('Uur   Zon');
repeat
    readln(f,rec);
    processrec(rec);
until eof(f);
close(f);
write('Totaal   : ',ssum/6:2:1,' uur zonneschijn. ');
writeln('Druk op Enter voor vervolg');
readln;
findnext(srec);
clrscr;
end;
end.

```

5 VOORBEELD VAN PROGRAMMA-UITVOER

Wanneer uitgegaan wordt van de eerder gegeven file als invoer produceert het programma de volgende uitvoer:

Station : 235
Datum : 1993-03-30

Uur	Zon
4	0.0
5	0.0
6	0.2
7	0.8
8	0.4
9	1.0
10	0.9
11	1.0
12	0.8
13	1.0
14	1.0
15	0.8
16	0.4
17	0.0
18	0.5
19	0.0
20	0.0
21	0.0

Totaal : 8.8 uur zonneshijn. Druk op Enter voor vervolg