

OVER NACHTVORST, I

DOOR

DR. D. VAN GULIK

Wanneer in het voorjaar of in den herfst, dus buiten het eigenlijke vriesseizoen, de temperatuur der buitenlucht in den nacht of in de vroege morgenuren beneden het nulpunt der Celsius-schaal daalt, spreekt men van nachtvorst. De groote schade, die zulke lage temperaturen vooral in het voorjaar kunnen aanbrengen aan te velde staande gewassen of aan bloeiende vruchtboomen, maakt de nachtvorst bij land- en tuinman tot een gevreesd natuurverschijnsel. Het is duidelijk, dat deze vorstschade nauw verband houdt met de minimum-temperatuur, die in den nacht wordt bereikt; maar evenzeer, dat tal van andere factoren hierop van overwegenden invloed zijn, zooals de leeftijd van het plantje en vooral de soort van gewas, aangezien de verschillende landbouwgewassen, welke hier in aanmerking komen, een individueel zeer uiteenlopende afkoeling beneden 0° C. kunnen verdragen. ¹⁾

Dat men ook meteorologisch onderscheid moet maken tusschen het nachtvorstverschijnsel in landbouwkundigen zin en het nachtelijke temperatuurminimum, springt in het oog als men bedenkt, dat dit minimum (nog daargelaten, dat het over den duur der nachtvorst weinig uitsluitel geeft), in den regel ²⁾ betrekking heeft op, en bepaald wordt door, thermometers welke op de gebruikelijke wijze ³⁾ zijn opgesteld in de thermometerhut, terwijl de bedreigde plant in geheel andere meteorologische condities verkeert, wat betreft de nachtelijke afkoeling, dan een tegen directe uitstraling beschutte thermometer. Bovendien is

1) Zie hiervoor bijv. C. HALLENBECK U. S., M. W. Rev. 1919, p. 240.

2) Niet bijv. bij H. J. FRANKLIN's onderzoekingen in Massachusetts; Supplement nr. 16, U. S., M. W. Rev. 1920, waarover straks.

3) Zie mijn Leerboek der Meteorologie blz. 61.

2050976

het bekend, dat de nachtelijke temperatuurgang in hooge mate afhankelijk is van de hoogte boven den grond, en dat op geringe hoogte (dus juist daar, waar zich de teere, jonge plantjes dikwijls bevinden) kleine hoogteverschillen reeds zeer aanmerkelijke temperatuurverschillen vertoonen, een verschijnsel waarop wij in een volgend opstel zullen terugkomen. Om al deze redenen bestaat er dus een principieel verschil tusschen de mate waarin op zekeren, kouden voorjaarsnacht bijv. een bloeiende vruchtboom dan wel een jonge aardappelplant door „nachtvorst” wordt bedreigd. Al zou men dus ook met volkomen zekerheid het aanstaande minimum in de thermometerhut kunnen voorspellen, dan ware daarmee het probleem der nachtvorstprognose nog niet tot oplossing gebracht. De afkoeling van aan nachtelijke koude blootgestelde planten bij stil weer en heldere, doorschijnende, lucht (nachtvorstcondities) is veel meer te vergelijken met die van een niet tegen straling beschutten, met roetzwart overtrokken ¹⁾ thermometer, die, voorzoover jonge planten betreft, op korten afstand boven den grond vrij moet zijn opgesteld, en in bloeiende boomgaarden ergens tusschen uitstekende takjes kan bevestigd zijn. Dit neemt echter niet weg, dat een eerste, maar belangrijke stap in de richting eener bevredigende oplossing van het probleem der nachtvorstvoorspelling toch wel degelijk door een geslaagde minimum-temperatuur-voorspelling zou zijn tot stand gebracht. Daarom is het van belang na te gaan, wat er in dezen gedaan en bereikt is. Wij stellen hierbij voorop, dat slechts zulke nachten in onze beschouwingen worden opgenomen, waarin aan de bovengenoemde nachtvorstcondities is voldaan.

Voor een gegeven plaats en voor een gegeven tijd van het jaar (lengte van den stralingsnacht) zijn dan twee factoren van den grootsten invloed op het aanstaande nachtelijke minimum der temperatuur van het aardoppervlak en van de onderste luchtlagen, n.l. hun temperatuur bij zons-ondergang (of op een ander tijdstip van namiddag of avond) en de vochtigheid der lucht. De eerste toch vormt het uitgangspunt der daling; en naarmate dit hooger is gelegen zal natuurlijk de kans kleiner zijn, dat een bepaalde lage temperatuur (b.v. 0° C.) zal worden bereikt. De vochtigheid der atmosfeer is een belangrijke factor,

1) MELLONI, Annales de Chimie et Physique, 1848.

omdat de waterdamp, als hij tot groot bedrag in de atmosfeer voorhanden is, een schild tegen stralingsverlies vormt, terwijl bovendien die der onderste lagen bij voortschrijdende temperatuursdaling tot condensatie (dauw- en nevelvorming) aanleiding kan geven, in welk geval de vrij komende condensatiewarmte verdere afkoeling tegenwerkt.

Het is daarom niet te verwonderen dat men aanvankelijk gemeend heeft de temperatuur, waarbij deze condensatie een aanvang neemt (dauwpunt) als eerste benadering van het komende nachtelijke minimum te mogen beschouwen; dat men althans de verwachting koesterde, dat het minimum niet meer dan enkele graden (volgens LANG 1,5° C.) beneden het dauwpunt zoude dalen. ¹⁾ Dit bleek echter spoedig een hoogst onbetrouwbare maatstaf te zijn. Dikwijls daalt de temperatuur niet tot het dauwpunt, terwijl het in andere nachten vele graden ²⁾ benedenwaarts kan worden overschreden.

Nu moeten wij hier echter terstond deze opmerking maken, dat enkele gevallen, waarbij de voorspelde laagste temperatuur volstrekt niet met de werkelijkheid overeenstemt, mits tot de betrekkelijk zeldzaam voorkomende gevallen behoorend, buiten beschouwing kan blijven. De mogelijkheid van zoo'n uit het verband springend geval zal altijd blijven bestaan als men een zekere komende weerstoestand (in casu de minimumtemperatuur) wil afleiden uit de meteorologische omstandigheden, welke eenige uren vroeger ter plaatse hebben geheerscht. Het zal dan ongetwijfeld af en toe gebeuren, dat in het tijdsverloop tusschen het opmaken en het in werking treden der voorspelling de weerstoestand zich min of meer plotseling geheel wijzigt, waardoor dan de voorspelling, die immers op de oude, verdwenen toestand was gegrondvest, waardeloos is geworden. Aan dit bezwaar, dat dus volstrekt niet alleen voor bovengenoemde, maar evenzeer voor de straks te behandelen methodes van minimum-prognose geldt, moeten alle dergelijke voorspellingen onderhevig zijn, hoewel zij overigens op een rationeele basis zouden berusten.

1) Minn. Exper. Stn. Bull. 12, 1890. U. S. Farmers' Bull. nr. 401, 1915. Nature, Jan. 1920, p. 450.

2) Prof. J. WARREN SMITH deelt een geval in Ohio mede, dat het minimum niet minder dan 11° C. beneden het dauwpunt daalde. (M.W. Rev. 1917, p. 402.)

Als tegenhanger van de primitieve dauwpunt-methode, ¹⁾ die met niets anders dan deze eene grootheid, en bijv. niet met de heerschende middag- of avondtemperatuur rekening houdt, volge hier de methode der maximumtemperaturen ²⁾, die uitgaat van de veronderstelling, dat (onder nachtvorstcondities) het minimum een zeker aantal graden daalt beneden het maximum van den voorafgaanden middag, hetwelk voor een bepaalde streek en in een bepaalden tijd van het jaar een vrij constant bedrag zou vertegenwoordigen. Dit bedrag moet dan voor die omgeving als gemiddelde van de amplitudes van den dagelijken temperatuurgang aldaar bij overeenkomstige weersgesteldheden uit vroegere waarnemingen worden berekend. Omdat in deze methode de vochtigheid, d.i. de doorschijnendheid der lucht buiten rekening is gelaten, mag van haar geen bevredigende uitkomst worden verwacht in een land als het onze, waar de wisselingen van dit meteorologisch element zeer belangrijk zijn.

Met beide factoren: vooraf heerschende temperaturen en vochtigheid, houdt rekening de regel van KAMMERMANN ³⁾ volgens welken het minimum niet meer dan enkele graden (empirisch voor een zekere omgeving te bepalen) zou dalen beneden de temperatuur, die in den avond (bijv. te 4 uur p. m.) wordt aangewezen door den natten psychrometer-thermometer. Het verband tusschen een aldus berekende temperatuur en het nachtelijke minimum is duidelijk. Beide zijn des te lager naarmate het 's namiddags koeler is, en beide zijn ook lager naarmate de lucht droger is. Toch zijn de aldus bepaalde minima voor de practijk niet betrouwbaar genoeg gebleken ⁴⁾. Wordt n.l. het aantal af te trekken graden ruim genoeg gekozen om met vrij groote zekerheid alle nachtvorsten te voorspellen, dan worden de prognosen in vele andere gevallen weer te pessimist, en geeft de voorspelling telkens nachtvorst aan, die niet in vervulling treedt.

1) Het Fransche toestelletje „pagoscoop” is feitelijk een psychrometer, voorzien van een grafische tabel om het dauwpunt te bepalen. Het dauwpunt wordt echter niet zelf aangewezen, maar wel of dit ligt beneden 0° C. (gelée), tusschen 0 en + 2° C. (dancer de gelée), of hooger. Daar de temperatuur in Wageningen niet zelden 6° en meer onder het dauwpunt bleek te dalen, verdient het instrument weinig vertrouwen.

2) M. W. Rev. 1917, p. 402.

3) Leerboek der Meteorologie, blz. 76.

4) ZIEGMA, dissertatie Berlijn, 1903. MILHAM, M. W. R. 1908, p. 250.

Zoo daalde te Wageningen in de laatste helft van April 1923 de temperatuur in de thermometerhut tot tweemaal toe 9° C. beneden de „natte temperatuur” van 5 uur n.m., terwijl GARRETT¹⁾ in Amerika goede resultaten heeft verkregen met als maximaal verschil 6° aan te nemen; hij leest echter den natten thermometer eerst bij zonsondergang af.

In de Vereen. Staten van Noord-Amerika zijn in de laatste jaren door wetenschappelijke ambtenaren van het Weather Bureau (U.S. Departm. of Agriculture), onder wie in de eerste plaats Prof. J. WARREN SMITH te noemen is, verbeteringen aangebracht zoowel in de dauwpunt-, als in de maximum-temperatuurmethode, en in de praktijk getoetst. Met laatstgenoemde zullen wij, omdat zij de kortste bespreking behoeft, beginnen.

Verbeterde maximum-temperatuurmethode:

De eenvoudige aanname, dat er bij stralingsweer een constant verschil tusschen de maximumtemperatuur (M) en die van het minimum (m) zou bestaan, en welke ware te schrijven als $m = M - c$, wordt verlaten doch zonder het lineaire verband prijs te geven; dus nu: $m = a M - b$, waarin a en b constanten zijn, die voor elke bepaalde streek (eventueel ook voor elk jaargetij) moeten bepaald worden. De vergelijking van het Weather Bureau luidt:

$$m = 0,622 M - 1,38 \text{ } ^2)$$

E. S. NICHOLS³⁾, die met deze vergelijking zeer goede ontdekking heeft opgedaan, meent, dat de invloed van de ligging van het dauwpunt op het minimum nog in deze lineaire vergelijking ware uit te drukken door toevoeging van een derden (empirisch te vinden) grootte z , die een functie van dauwpunt of vochtigheid kan voorstellen en de formule zou uitbreiden tot

$$m = a M - b + z.$$

Een geheel anderen weg betrad WARREN SMITH⁴⁾. Hij merkte op, dat (bij nachtvorstcondities) de temperatuur tot de helft der dagelijkse amplitude zou zijn gedaald op zeker tijdstip in den vooravond, dat voor een bepaalde omgeving (en eenzelfde maand) vrijwel constant is, in Ohio bijv. ongeveer half acht.

1) M. Weath. Rev. 1922, p. 366.

2) Hierbij in 't oog te houden, dat in Amerika met graden Fahrenheit wordt gerekend.

3) M. W. Rev. 1918, p. 213; M. W. R. Supplem. 16, p. 41.

4) M. W. Rev. 1917, p. 402.

Op dit oogenblik, dat deze „median”-temperatuur wordt bereikt, kan men dus door af te lezen hoeveel graden de thermometer sedert het bereiken van zijn hoogste punt bereids is gedaald en door dit af te trekken van de heerschende „median”-temperatuur het nachtelijke minimum bepalen. De mediantemperatuur μ genoemd zou dus geven:

$$m = \mu - (M - \mu), \text{ of:}$$

$$m = 2\mu - M.$$

De opmerking van C. HALLENBECK, dat onder gelijke weers- en tijdsomstandigheden de werkelijke afkoeling ook op dezelfde wijze verloopt, gaf hem het middel aan de hand om het minimum in de helft der gevallen tot op 3° Fahr. te voorzeggen.¹⁾ Bij een zoo wisselende vochtigheid als ten onzent plaats vindt, is toepassing van deze methode echter buitengesloten.

Een gewijzigde temperatuurmethode volgt H. J. FRANKLIN²⁾ in Massachusetts (Cranberry-station). Hij berekent het nachtelijke minimum als het gemiddelde van twee factoren en wel heeft dit minimum betrekking op de plaats waar zich de ranken der cranberry's bevinden. Want de eerste factor zegt, dat *daar ter plaatse* de temperatuur in den nacht gemiddeld 10° C. zal dalen beneden het bedrag, dat te 8 uur p. m. wordt aangegeven door den thermometer *in de hut*. De tweede factor geeft den invloed aan van dauwpunt, luchtdruk en windsnelheid te 8 p. waargenomen, en wordt met behulp van een tabel bepaald. Intusschen moet het gemiddelde der beide factoren in drie gevallen nog een belangrijke correctie ondergaan om tot de eindprognose te geraken, waarvan de schrijver de nauwkeurigheid onder verschillende weertypen nader behandelt, om tenslotte (blz. 29) nog een formule te geven, waaruit reeds om 2 uur een ruwe schatting van het minimum zou zijn te berekenen uit diverse meteorologische gegevens.

Verbeterde dauwpuntmethode.

WARREN SMITH merkte op, dat de eenvoudige dauwpuntregel ($m = d$) een te laag minimum voorspelde bij laag vochtgehalte en een te hoog minimum bij betrekkelijk vochtige lucht. Door toepassing van de correlatiemethode stelde hij vervolgens

1) M. W. Rev. 1918, p. 372.

2) M. W. Rev. Supplem. 16, p. 20.

vast, dat de afwijkingen van minimum (m) en dauwpunt (d) nauw verband houden met de relatieve vochtigheid (R), zooals die bij de avondwaarneming ¹⁾ wordt vastgesteld. De correlatie-coëfficiënt tusschen eenerzijds het bedrag (Δ), dat bij het dauwpunt moet worden opgeteld om het a.s. nachtelijke minimum te krijgen (variation of minimum from dewpoint) en anderzijds de relatieve vochtigheid in den voorafgaanden avond (R) bleek n.l. in het door hem onderzochte gebied — $0,865 \pm 0,034$ te bedragen. Hij begon nu met aan te nemen, dat tusschen deze beide grootheden Δ en R bij stralingsweer een lineaire betrekking bestond, dus

$$\Delta = a - bR$$

en bepaalde de meest waarschijnlijke waarden der beide constanten a en b uit een groot aantal waarnemingen in 1915, met behulp van de methode der kleinste kwadraten. Hij vond aldus voor Ohio:

$$\Delta = 9,66 - 0,235 R$$

Δ in graden Fahrenheit, R in procenten.

Voor een bepaalde, afgelezen waarde van R is dan Δ te berekenen, en hieruit weer het komende minimum (m) volgens:

$$m = d + \Delta$$

Voor ruim 40 % relatieve vochtigheid wordt blijkbaar Δ in deze formule = 0 en vallen dus minimum en dauwpunt samen. Bij hooger vochtgehalte daalt m beneden d , bij lagere vochtgehalte wordt d 's nachts niet bereikt.

Bovenstaande formules vertoonen groote overeenkomst met de reeds in 1910 door CH. A. DONNEL ²⁾ opgestelde vergelijking

$$m = d - \frac{R - 45}{5}$$

waarin de grootheden alle betrekking hebben op waarnemingen te 8 uur n.m. en „at orchard level”, of ook:

$$m = d - \frac{R - 40}{4} \text{)}$$

voor 6 uur p. m.

1) Het juiste uur der avondwaarneming staat niet vermeld, doet in zoverre ook niet ter zake dat de formules hun geldigheid behouden, maar met andere waarden der constanten. De snelle daling van R in de avonduren moet wel een bezwaar uit maken.

2) M. W. Rev. 1917, p. 407.

3) M. W. Rev. Supplem. 16, p. 53.

WARREN SMITH noemt zijn verbeterde dauwpuntmethode „predicting minimum temperatures from hygrometric data”. Het is echter duidelijk dat hij, ter bepaling van het minimum naast het dauwpunt ook nog de betrekkelijke vochtigheid invoerend, feitelijk ook rekening houdt met de 's avonds heerschende temperatuur. Bij een zeker dauwpunt toch (bijv. 0° C.) beteekent een klein waarde van R een hooge avondtemperatuur en een groote waarde van R een lage avondtemperatuur. Daarom is het ook zeer plausibel, dat, bij een gegeven dauwpunt (d), het nachtelijke minimum des te lager zal uitvallen, naarmate de R grooter is, omdat dan de avondtemperatuur (het uitgangspunt voor den nacht) lager is gelegen. Voor $d = 0$ (en dus een abs. vocht. = 4,6 m.m.), zal bijv. een waarde van $R = 40\%$ beteekenen, dat de temperatuur der avondwaarneming (t) die is, waarvan de maximum-spanning van den waterdamp $\frac{100}{40} \times 4,6 = 11,5$ m.m. bedraagt; t is dan $13^{\circ},3$ C. en evenvele graden moet in dit geval de temperatuur nog dalen om het dauwpunt van 0° C. te bereiken. Was echter de relatieve vochtigheid bij ditzelfde dauwpunt van 0° C. bijv. 60% geweest, dan had de avondtemperatuur, beantwoordende aan een maximum-spanning van $\frac{100}{60} \times 4,6$ of 7,7 m.m., $7^{\circ},3$ C. bedragen, d. i. 5° C. lager dan zoeven, en de kans van bereiken van het dauwpunt ware niet onbelangrijk grooter geweest.

Het is nu begrijpelijk, dat in het laatste geval ($R = 60\%$) het nachtelijke minimum een temperatuur zal bereiken, die een goed breukdeel van deze 5° C. lager ligt dan in het eerste geval van $R = 40\%$. De aan de ervaring ontsproten vergelijking van WARREN SMITH geeft inderdaad voor het minimum de waarden van resp. 33° en 28° met een verschil van 5° Fahr. of ongeveer 3° C.

De vrij bevredigende uitkomsten door SMITH en anderen verkregen met behulp van zijn vergelijking, waarvan de constanten voor andere landen en districten natuurlijk gewijzigde waarden moeten aannemen, kunnen naar hij verder betoogt ¹⁾ ook worden bereikt door Δ in lineaire functie afhankelijk te stellen niet van R , maar in plaats hiervan van de „depression of the dew-

1) M. W. Rev. Supplem. 16, p. 14.

point", waaronder hij verstaat: het aantal graden, dat het dauwpunt ligt beneden de avondtemperatuur. Deze variant levert echter uit den aard der zaak evenmin nieuwe gezichtspunten als beter uitkomsten op.

Hetzelfde geldt voor andere formules, waarin de minimumtemperatuur m als een lineaire functie van twee andere, verwante grootheden wordt uitgedrukt. Immers, van de vier grootheden: de „droge temperatuur" t , de „natte temperatuur" t' , het dauwpunt d en de relatieve vochtigheid R , zijn er slechts twee onafhankelijk veranderlijk. Bij gegeven waarden van deze twee zijn dan de beide andere grootheden hierdoor vastgelegd en eruit te berekenen.

De dauwpuntregel van W. SMITH nu maakt voor de bepaling van het nachtelijk minimum gebruik van de beide grootheden d en R . Een gelijkwaardig resultaat moet dan echter te bereiken zijn door van twee andere der genoemde grootheden als gegevens uit te gaan.

Zoo komt DEFANT ¹⁾ voor Kremmsmünster tot een formule:

$$m = 0,61 \varnothing + 0,39 t,$$

waarin \varnothing van de vochtigheid der lucht afhangt en t de temperatuur bij zonsondergang is.

Verder is door ÅNGSTRÖM ²⁾ afgeleid de formule:

$$m = t' - 0,12 t - 3,1$$

waarin t' en t de natte en droge temperaturen om 7 uur n.m. voorstellen. ÅNGSTRÖM kon bovendien het innige verband aantoonen tusschen deze laatste uitdrukkingen onderling en vergeleken met de lineaire vergelijking van W. SMITH en met den regel van KAMMERMANN.

Een verdere ontwikkeling van het probleem der nachtvoorspelling is door WARREN SMITH gezocht in een uitbreiding van zijn boven behandelde lineaire betrekking tusschen Δ en R tot een vergelijking van den tweeden graad van den vorm:

$$\Delta = A - B R + C R^2,$$

die de uitdrukking is van een parabool.

De waarden der constanten A , B en C zijn weder uit de waarnemingen te berekenen, hetzij volgens de methode der kleinste kwadraten, hetzij volgens een vereenvoudigde werkwijze (star

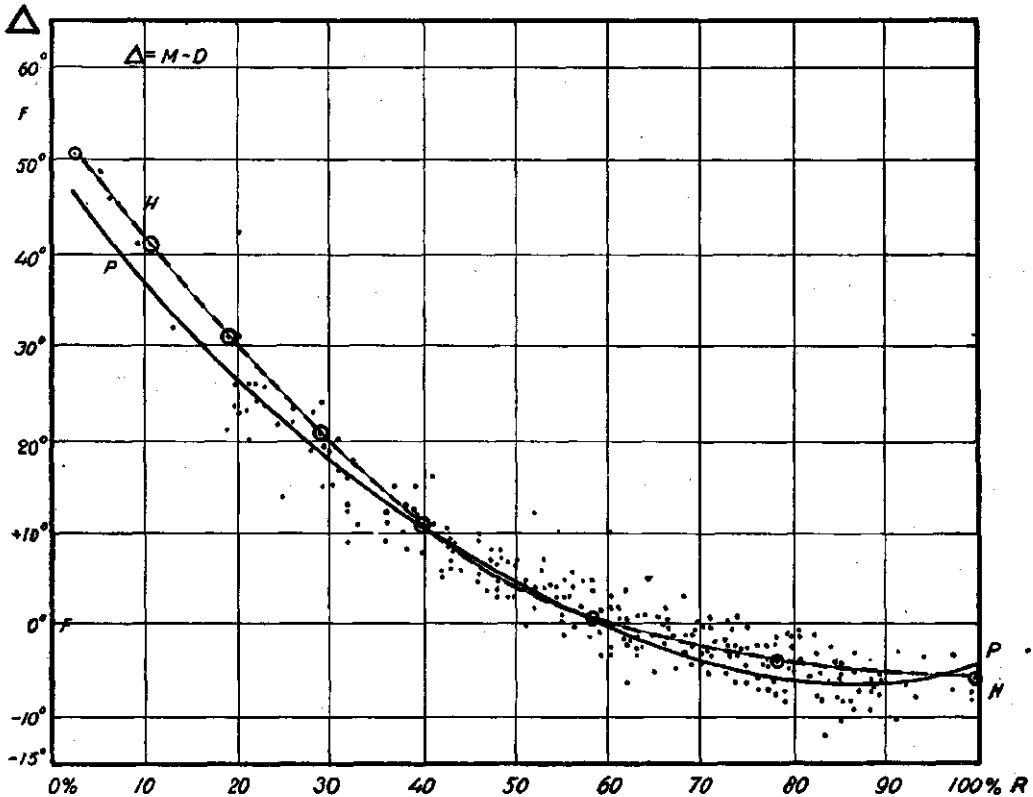
1) Sitz. Ber. Ak. d. Wiss. Wien Abt. IIa 125 B 10.

2) Met. Z. S. 1921, 4, p. 119 en 1922, p. 363.

point method ¹⁾ door prof. CH. F. MARVIN aangegeven. Zij zijn bijv. achtereenvolgens voor:

San Diëgo:	48,3,	1,19	en	0,0066;
El Paso:	61,5,	2,9	en	0,039;
Chicago:	39,2,	0,94	en	0,0056.

Inderdaad sluit de aldus berekende curve, beter dan een



Figuur 1. Het verband tusschen in Californie gevonden waarden der relatieve vochtigheid en van de „variation of minimum from dew-point” (in graden Fahrenheit) wordt volgens WARREN SMITH aangegeven door de parabool P. P. Beter voldoet de hyperbooltak HH, die aan de rechterzijde tot een horizontale nadert, in plaats van hier een onlogische stijging te vertoouen.

1) M. W. Rev. Suppl. 16 p. 5 en p. 7; in hoofdzaak hierin bestaande, dat uit de grafisch aangebrachte waarnemingspunten er drie op het oog gunstig gelegene, worden uitgekozen om in de vergelijking gesubstitueerd de drie constanten te kunnen oplossen, welke dan met behulp van de andere waarnemingspunten eventueel nog eenige correctie kunnen ondergaan.

rechte lijn, bij de grafisch uitgezette waargenomen waarden aan. En dit is niet alleen, zelfs niet in hoofdzaak, het gevolg van het grooter aantal constanten, maar vooral hiervan, dat de dalende curve bij de grootere waarden der relatieve vochtigheid allengs meer en meer in horizontale richting ombuigt. Meteorologisch is dit ook zeer goed verstaanbaar, want bij een grooten vochtigheidstoestand in den avond zal in den nacht condensatie optreden, die des te verder voortschrijdt naarmate R grooter is; de vrijkomende condensatiewarmte tempert dan de nachtelijke afkoeling. Het was daarom noodig de oorspronkelijke lineaire vergelijking, $\Delta = a - b R$, zoo te wijzigen, dat de $-b R$, waarvan het negatieve teeken op' bldz. 8 is verklaard, voor hogere waarden van R (in toenemende mate) eenigszins door een *positieve* term wordt gecompenseerd. Dit nu geschiedt door toevoeging van de term $+ C R^2$, die wegens de tweede macht zich bij toenemende waarde steeds sterker doet gelden en overigens door een kleine waarde van C (zie boven) binnen de perken wordt gehouden.

Men zal echter opmerken, dat de klimmende rechterhelft van de parabool PP (fig. 1)¹⁾ geen zin heeft. De kromme behoort veeleer als limiet aan de rechterzijde horizontaal te verlopen, beantwoordende aan volkomen compensatie van de tweede (negatieve) term door de derde, positieve. Dit wordt door de waarnemingen bevestigd, want, waar de kromme PP in fig. 1 nog een eindje voorbij haar laagste punt is voortgezet, raakt zij in strijd met de grafisch uitgezette waarden der observatie. Niet een parabool, maar een hyperbootak met één horizontale asymptoot en de andere onder een helling bg. tg. C zou daarom een meer logische kromme zijn.

De vergelijking van zoodanige kromme:

$$(x - A)(y - B)C - (y - B)^2 = P$$

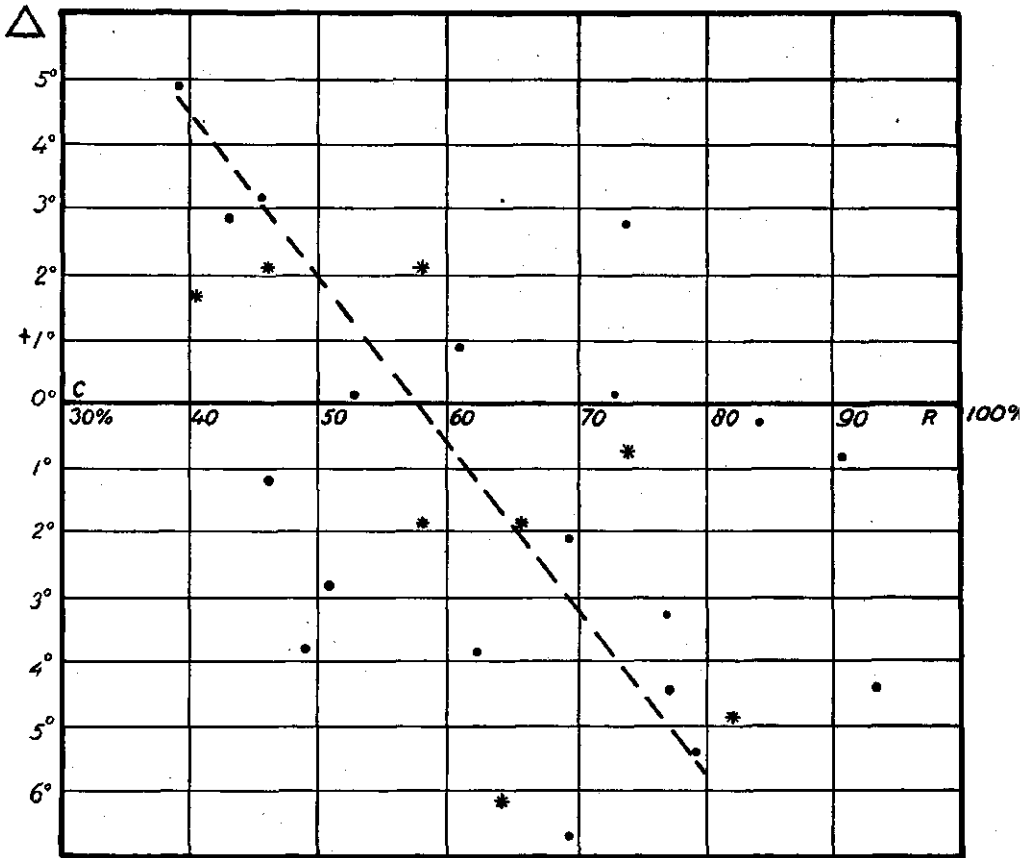
bevat bovendien een veranderlijke parameter meer. Uit de waarnemingen van fig. 1 leidt dan een berekening volgens de starpoint methode tot den vorm:

$$1,3(R - 45)(\Delta + 9) + (\Delta + 9)^2 = + 265$$

die door de stippellijn HH is voorgesteld. Men ziet uit de figuur, dat deze kromme (ondanks de afronding der constanten) beter dan de parabool aan de waarneming beantwoordt.

1) San Diëgo; Supplement no. 16, p. 15.

Ook een parabool zou trouwens wel een betere voorstelling kunnen vormen, indien de top op de lijn $R = 100\%$ genomen was, waardoor het (rechtsche) klimmende gedeelte verdween. Overigens leert de vrij verspreide ligging der waarnemingspunten van fig. 1, dat een veel grootere benadering als reeds is bereikt



Figuur 2. Grafische voorstelling van dezelfde grootheden als die van figuur 1, naar voorjaarswaarnemingen van 1923 te Wageningen. De zeer verspreide ligging der waarnemingspunten wijst op een wisselvalligheid, die de Amerikaansche methode van nachtvorstvoorspelling ten onzen hare waarde doet verliezen.

niet te verkrijgen is door eenige andere betrekking tusschen Δ en R , welke dan ook.

Dit geldt dan voor bepaalde Staten van Noord-Amerika, bijv. voor Californie met een geheel ander klimaat dan het onze. Maar in een grillig klimaat als dat van West-Europa kan — ge-

lijk reeds is opgemerkt — zelfs geen noemenswaarde verbetering der prognose worden verwacht door uitbreiding van een lineaire betrekking als bijv. die van ÅNGSTRÖM tot een vergelijking van den tweeden graad. Men vergelijke in dit verband eens de verstrooide ligging der waarnemingspunten van fig 2, die in April en Mei 1923 te Wageningen om 5 uur n.m. zijn aangeteekend en op overeenkomstige wijze als die van fig. 1 in teekening gebracht. De sterretjes betreffen gevallen, waarin de nachtvorstcondities waren vervuld, terwijl de stippen bij min of meer betrokken weer gevonden zijn; waarnemingen bij regenachtig weer zijn niet opgenomen.

Het is daarom niet waarschijnlijk, dat de landman hier te lande veel practisch nut zal hebben bij zijn nachtvorstvoorspelling van het mechanisch toepassen van een of anderen regel met behulp van avondwaarnemingen.

Veelmeer is het noodig bij de nachtvorstprognose den toestand der atmosfeer en ook de mogelijkheid van weersverandering in het oog te houden. Om deze reden is deze tak van dienst geheel op zijn plaats aan het K. N. Meteorologisch Instituut te De Bilt, waar uit den aard der zaak de algemeene weersgesteldheid en hare vervorming steeds nauwlettend wordt gevolgd. In een vorige mededeeling heb ik behandeld hoe dit Instituut in voor- en najaar geregeld zijne nachtvorstberichten verbreidt langs den eenigen weg, die hier snel genoeg tot het doel kan voeren, n.l. die der radiotelegrafische en -telefonische berichtgeving. De cultuurman heeft dan hierbij in acht te nemen de hem bij ervaring bekend geworden invloeden zijner terreinen, die in het onderhavige probleem van grooten invloed kunnen zijn.

Want behalve de verschillen, die zelfs naburig gelegen landerijen ten opzichte van het optreden van nachtvorst vertoonen, is in de onderscheiden deelen van ons land de afstand tot de zee van grooten invloed, terwijl zich ook het verschil in geografische breedte doet gevoelen. Dat men, bij eenzelfde nachtvorst-prognose voor ons geheele land, met deze factoren terdeeg rekening heeft te houden, wordt duidelijk voor oogen gesteld door fig. 3, waarin, telkens voor een tijdvak van tien dagen (dekade), door de hoogte der zwarte kolom is aangegeven, het aantal malen (uitgedrukt in procenten) dat er gedurende de laatste kwart-eeuw in deze dekade voor de

laatste maal van het jaar nog nachtvorst voorkwam. Dit geldt tenminste voor de voorjaarsmaanden. In het najaar geeft de hoogte der kolom aan het aantal malen, dat voor 't eerst weder nachtvorst in de betreffende dekade intrad. Tusschen deze dekaden van laatste en van eerste nachtvorst ligt dan de nachtvorstvrije periode.

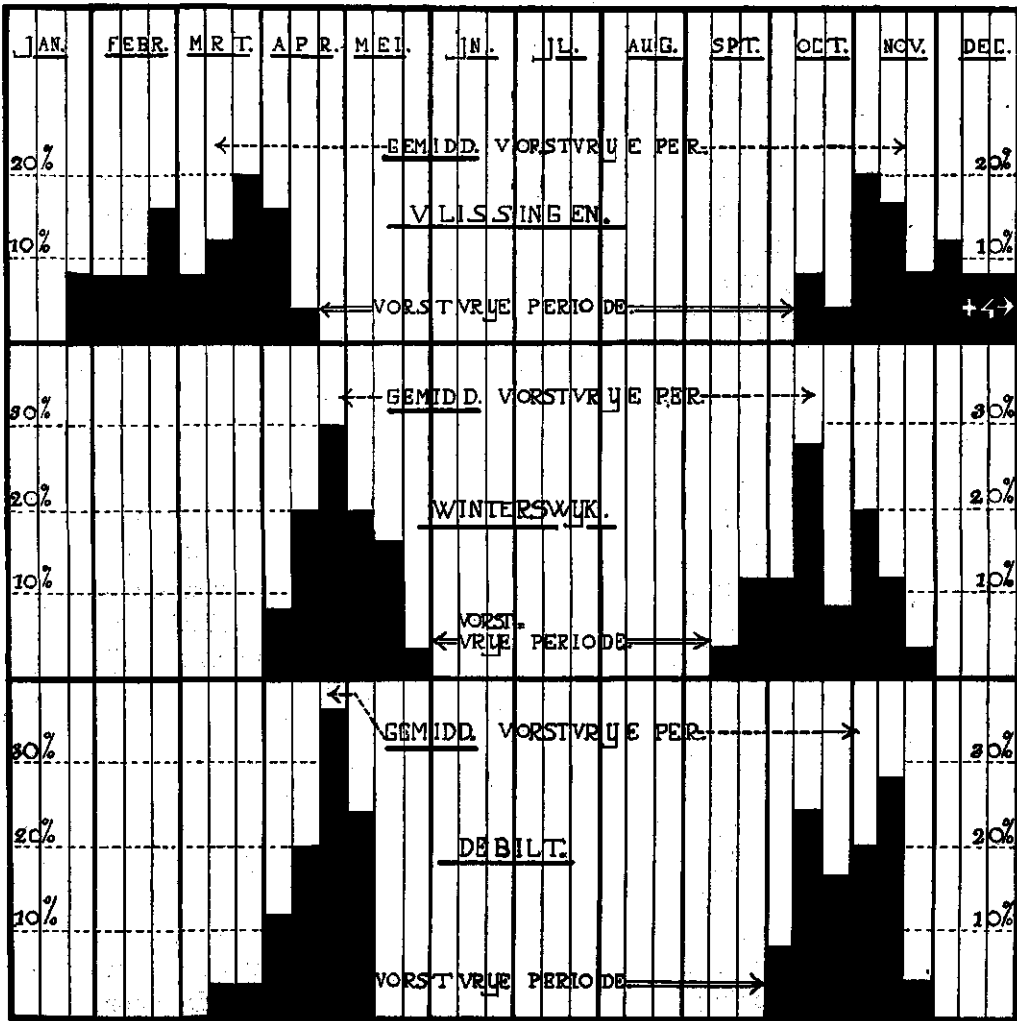


Fig. 3. De hoogte der kolommen geeft telkens de frequentie aan van het optreden van de laatste (resp. eerste) nachtvorst in de betrokken dekade voor de afzonderlijke jaren van de laatste kwart eeuw. De absolute en de gemiddelde vorstvrije periode gedurende deze tijdsruimte zijn uit de figuren af te lezen.

De figuren spreken wel voor zich zelve. Vooral de tegenstelling tusschen de zeestations Helder en Vlissingen eenerzijds en Maas-tricht en vooral Winterswijk anderzijds, zoowel wat de absoluut vorstvrije periode in deze kwart-eeuw betreft, als haar gemiddeld jaarlijksch bedrag springt duidelijk in het oog; vorstvrije periode Winterswijk 10 dekaden, Vlissingen niet minder dan 17.

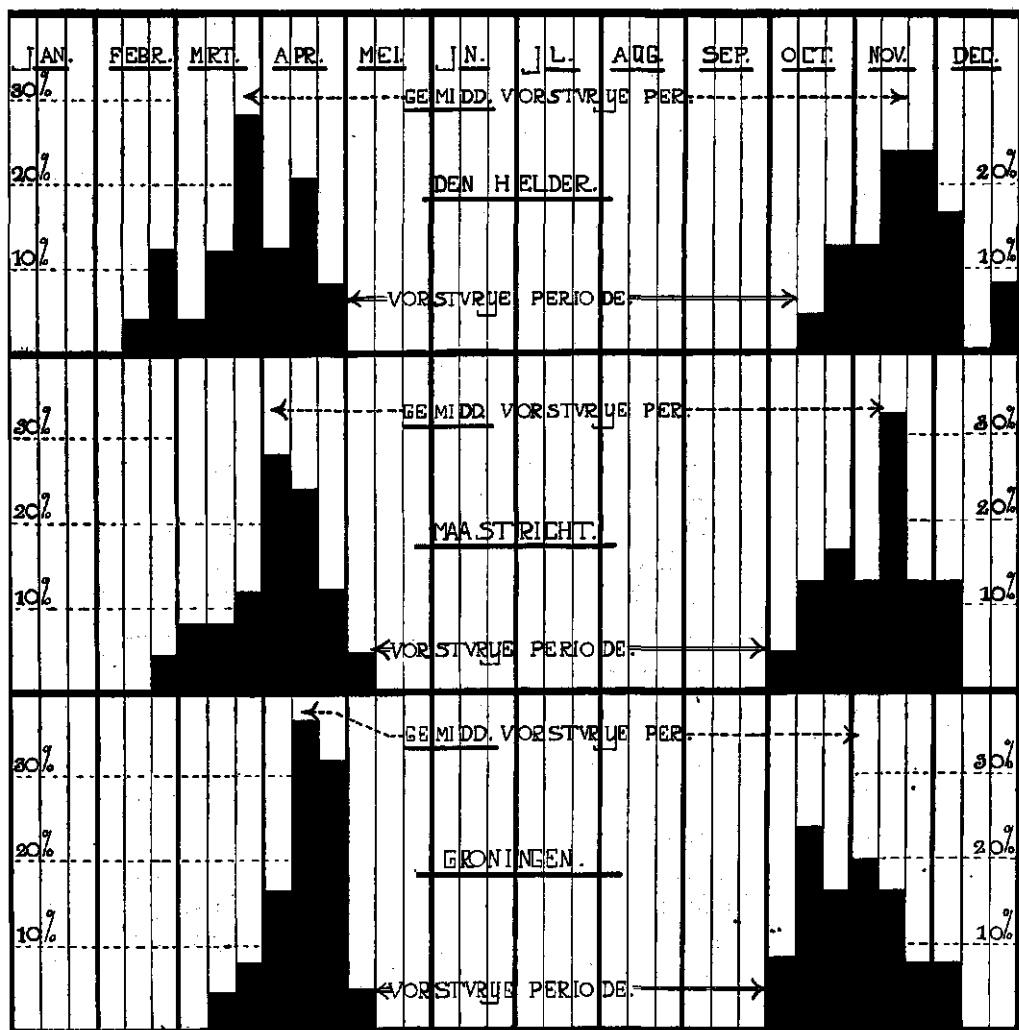


Fig. 3 (vervolg). Te Vlissingen kwam het viermaal voor, dat er ultimo December nog geen najaarnachtvorst was opgetreden. Als nachtvorst zijn aangemerkt temperaturen in de hut van -0.5°C , of lager bij uurwaarnemingen en -1°C . of lager bij minimum-thermometers.

Hier kwam het viermaal voor, dat er op den laatsten December nog geen najaarsnachtvorst was opgetreden.

Bij vergelijking van Groningen en Maastricht valt een groote overeenkomst tusschen deze stations op, een gevolg hiervan, dat de noordelijke ligging van Groningen (die een kortere vorstvrije periode deed verwachten) door de grootere nabijheid der zee (die in tegengestelden zin werkzaam is) wordt gecompenseerd.

Als kenmerk van nachtvorst is hier aangenomen het optreden van temperaturen beneden $-0^{\circ},5$ C. in de thermometerhut bij uurwaarnemingen, gedeeltelijk ook het voorkomen van temperaturen van -1° C. en lager op den minimum-thermometer eveneens in de hut.

LA GELÉE NOCTURNE. I.

RÉSUMÉ

Le phénomène de la gelée nocturne en sens agricole n'est pas à beaucoup près déterminé par le minimum de la température enregistré dans l'abri pendant la nuit.

Ce minimum est pourtant un élément important; et une bonne méthode de prédiction du minimum nocturne serait très utile au problème de la prévision de gelées.

L'article précédant contient un traitement sur diverses méthodes de prévision, sortant du point de rosée, de la température maximum ou de la température „median". Il s'occupe ensuite des améliorations, que ces méthodes ont dernièrement subies en Europe et notamment aux États Unis de l'Amérique. Une discussion plus détaillée concerne la méthode hygrométrique de M. WARREN SMITH.

À la fin on y trouve les graphiques, indiquant pour six stations de la Hollande la fréquence de la dernière (resp. de la première) gelée aux diverses décades du printemps (resp. de l'automne).