



Vorst in de grond

Voor structuurverandering en -verbetering van de grond is bevroering heel belangrijk. Bevroren grond moet je niet betreden. Maar hoe diep zit de vorst in de grond? Met de vorstindex is de indringingsdiepte vrij goed in te schatten.

TEKST: ERNO BOUMA – FOTO: JOLANDA VONDER

In de regel worden de grasplanten overdag verwarmd. Op hun beurt verwarmen zij de lucht. Gevolg hiervan is dat het grondoppervlak en het gras overdag warmer zijn dan de omringende lucht. Bovendien heeft de lucht een lagere temperatuur naarmate de hoogte toeneemt. Op 1,5 meter hoogte is de luchttemperatuur 's middags lager dan op 10 cm boven het gewas. De laagste luchttemperaturen zijn 's nachts te vinden op de onbedekte grond of op de bladeren. Het verschil tussen de luchttemperatuur enerzijds en de temperatuur van grondoppervlak en bladeren anderzijds is vaak groter dan overdag. De verschillen zijn al groot op bijvoorbeeld 1 mm afstand van de bodem of van de plant.

Metten van de luchttemperatuur
Voor een juiste temperatuurweergave is

het belangrijk dat een thermometer goed geijkt is. Een thermometer in de zon gedraagt zich niet anders dan het blad van een plant: het absorbeert zonnestraling en wordt hierdoor warmer. Deze warmte wordt afgegeven aan de langsstromende lucht. Voor een goede meting moet de thermometer worden afgeschermd tegen de zon. Ook moet de lucht er ongehinderd langs kunnen stromen. 's Nachts straalt een thermometer meer infraroodstraling uit dan hij ontvangt. Hierdoor wordt hij kouder dan de omringende lucht. Dit kan problemen opleveren. De temperatuurverschillen in de lucht vlak boven en in het gewas kunnen op afstanden van enkele tientallen centimeters al vele graden bedragen.

Bodemtemperatuur

In de bodem, die voorgesteld kan worden als opgebouwd uit dunne lagen, moet de warmte zich verplaatsen door warmtegeleiding. Als eerste wordt de bovenste laag verwarmd. Pas als deze laag warmer is dan de tweede, kan de warmte verder stromen. Bij het verwarmen van de eerste bodemlaag treedt echter al warmteverlies op. Er is dus minder warmte beschikbaar voor het opwarmen van de tweede laag. De beschikbare hoeveelheid warmte neemt af met de diepte van de bodemlaag. Ook is tijd nodig voor het verwarmingsproces. Tegen de avond begint de grond van boven af te koelen. Op grotere diepte worden echter, zij het weinig, nog steeds laagjes verwarmd. Voor het meten van de bodemtemperatuur bestaan eenvoudige bodemthermometers. Bij deze meters komt het erop aan de diepte van de sensor goed te kennen.

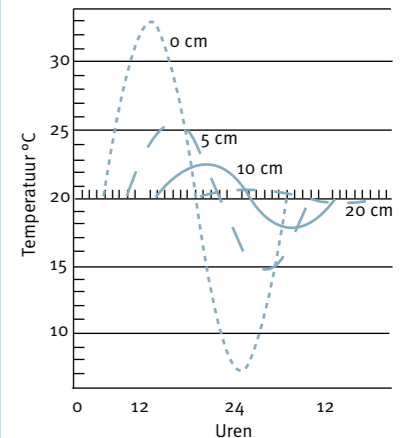
Bevroren en ontdooien

Het binnendringen van vorst verloopt geheel anders dan het binnendringen van warmte. Er moet namelijk een enorme hoeveelheid warmte aan water van 0°C worden onttrokken om er ijs van dezelfde temperatuur van te maken. Daarom wordt wel gesproken van 'een warmtebron aan het vorstfront in de grond'. Voor structuurveranderingen en -verbeteringen van de grond is bevroering heel belangrijk. Het voorbeeld maakt duidelijk waarom het indringen van een vorstfront veel langzamer verloopt dan de indringing van een warmtegolf. Ga bij dooi niet het land op zolang de vorst nog niet uit de grond is. Bij te vroege betreding wordt de natuurlijke structuurverbetering tenietgedaan. Wacht dus tot verwacht wordt dat de vorst uit de grond is. Denk nu niet dat er door de vorst in december of januari alle muggenlarven zijn opgeruimd. Deze overleven een

droge, koude winter veel beter dan een zachte, regenachtige winter.

Erno Bouma werkt bij Nieveen & Bouma Agro Weather Services, Duiven.

Voorbeeld van het temperatuurverloop over een etmaal op veengrond aan het oppervlak en op drie verschillende diepten.



Indringingsdiepte van de vorst in de bodem

Op het moment dat de vorst in de grond dringt, is de temperatuur van de grond beneden het vorstfront, bijvoorbeeld +10°C. Als de vorst 1 cm in de grond dringt moet eerst een laagje grond afkoelen tot 0°C. Vervolgens moet het water in dit laagje bevroeren. Als de grond 35 volumeprocent water bevat en 15 volumeprocent lucht, moet voor de afkoeling 25 kJ per m² grondoppervlak aan warmte aan het oppervlak worden onttrokken. Voor bevroering is 1.150 kJ nodig, ofwel 46 maal zoveel.

De indringingsdiepte van vorst is vrij goed in te schatten met behulp van de vorstindex (I). De algemene formule om de vorstindringingsdiepte (z) te berekenen met behulp van de constante a luidt: $z = a \cdot \sqrt{I}$. a is een constante voor vlakliggende, onbegroeide grond. In de tabel staat de waarde van deze constante bij verschillende grondsoorten.

De waarde van de constante a bij verschillende grondsoorten

Grondsoort	Constante a (cm.K.d)
droog zand	6
zavel en lichte klei	4
natte klei	3
venige grond	2,5
veen	2

Voor begroeide grond is de indringingsdiepte geringer. Voor golfbanen bedraagt deze bijvoorbeeld de helft tot tweederde van de indringingsdiepte van vlakke, kale grond. Een sneeuwlaag van 10 cm halveert de indringingsdiepte. Als deze nieuwe sneeuwlaag over een bevroren laag heen valt, is de afname van de indringingsdiepte veel minder.

De vorstindex (I) is de negatieve som van de gemiddelde oppervlaktetemperaturen over het etmaal vanaf het moment dat deze negatief worden. De vorstindex wordt uitgedrukt in graaddagen. Het volgende voorbeeld maakt een en ander duidelijk.

Vorstindex

Dag	Etmaal-temperatuur van het oppervlak	Dagelijkse bijdrage aan I	Vorst-index (I)
1	-4,5°C	+4,5	4,5
2	-7,5°C	+7,5	12
3	1,0°C	-1,0	11
4	-5,0°C	+5,0	16

Aan het eind van de vierde dag is de indringingsdiepte op een kort gemaaid golfterrein op een droge zandgrond $z = 6 \cdot \sqrt{16} = 24$ cm. Op een kort gemaaid golfterrein natte klei is de indringingsdiepte slechts 12 cm (de helft van droge zandgrond). Op golfterreinen op venige klei is de indringing slechts 5 cm. Bij dooi is de vorst de grond uit: de vorstindex is op nul aangekomen. Vooral bij niet te grote indringing vroeg in de winter komt er zoveel warmte uit de diepe ondergrond, dat de smelting van onderaf niet te verwaarlozen valt. De vorst is dan meestal eerder uit de grond dan volgens deze methode zou worden verwacht.