

Klimaatverandering en sortiment

Ir. M.H.A. Hoffman

Ons klimaat is aan het veranderen; hierover bestaat geen twijfel. Nederland wordt warmer, de winters worden natter en er komen vaker periodes van extreme droogte, regenval of hitte voor. Dit heeft consequenties voor de plantengroei, zowel voor de natuurlijke vegetatie als voor onze cultuurplanten, zoals gebruikt in tuinen en plantsoenen. Een blik op de consequenties van de klimaatverandering voor ons sortiment boomkwekerijgewassen.

Het eerste deel gaat over klimaat en klimaatverandering. Hoe verandert ons klimaat precies? Welke rol heeft de stedelijke omgeving en het stadsklimaat hierin? Het tweede deel gaat in op het systeem van USDA winterhardheidszones voor planten dat internationaal veel wordt gebruikt. Hoe werkt het en wat is de invloed van klimaatverandering op dit systeem? Het derde deel gaat over verschuivingen in ons boomkwe-

kerijsortiment. Welke selectiecriteria worden belangrijk? Welke soorten hebben of krijgen het daardoor moeilijk en voor welke soorten stijgen de perspectieven voor de komende decennia? Aan het eind worden praktische aanbevelingen en conclusies gegeven, die vooral voor groengebruikers zoals kwekers, groenvoorzieners, tuinarchitecten en consumenten van belang zijn.



Klimaat en klimaatverandering

Door het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zijn op wereldwijde schaal klimaatveranderingen in kaart gebracht. Ons eigen KNMI heeft dit aangevuld voor specifieke Nederlandse omstandigheden. In dit hoofdstuk worden de hoofdlijnen van deze bevindingen weergegeven. Ook wordt aangegeven welke rol het stadsklimaat hierin speelt.

Klimaatverandering tot nu toe

Klimaatverandering is van alle tijden en is in principe een natuurlijk proces. Nog maar kort geleden (iets meer dan 10.000 jaar) is de laatste IJstijd geëindigd en vanaf toen hebben onze natuurlijke flora en fauna zich weer opnieuw gevestigd en ontwikkeld. In de middeleeuwen, rond het jaar 1000, was er een warme periode, waarin in Nederland o.a. wijnbouw mogelijk was. Na de middeleeuwen werd het weer kouder en tussen 1500 en 1600 was er een flinke koudedip (de zg. kleine IJstijd). Daarna is de temperatuur weer gestegen. In eerste instantie in een normaal tempo, maar vooral vanaf ca. 1850 in een opmerkelijk snel tempo. Vooral na 1950 is de temperatuurstijging abnormaal te noemen. In figuur 1 wordt het temperatuurverloop van de afgelopen twee millennia weergegeven.

Nederland is sinds 1950 twee keer zo snel opgewarmd als de wereldgemiddelde temperatuur (KNMI, 2008). De gemiddelde temperatuur van de afgelopen jaren in Nederland is vergelijkbaar met die van Lyon (ZO Frankrijk, 600 km afstand) van 30 jaar geleden. Deze opwarming is

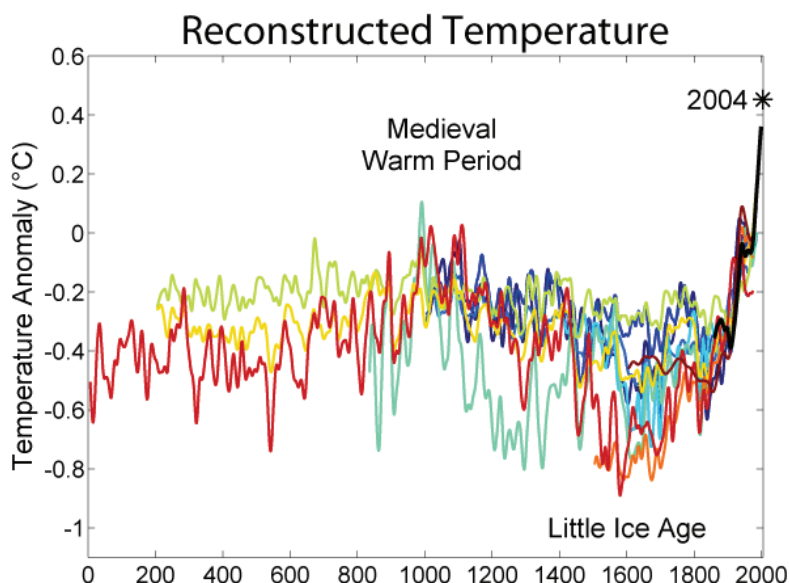
zeer waarschijnlijk het gevolg van de toename van de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer. Maar ook andere factoren kunnen een rol spelen (zie kader "Oorzaken klimaatverandering")

Wereldwijd is de temperatuur in de vorige eeuw met $0,7^{\circ}\text{C}$ toegenomen en in Nederland met ca. $1,0^{\circ}\text{C}$. De grootste verandering vond plaats na 1988. Daarbij is ook het aantal vorstdagen afgenomen en het aantal zomerse dagen toegenomen. De tien warmste jaren ooit geregistreerd in Nederland, werden alle geregistreerd na 1988. (KNMI, 2008).

Naast een duidelijke temperatuurstijging is er in Nederland sprake van een stijging van de zeespiegel (ca. 20 cm in de afgelopen eeuw) en er is een toename van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid. In de periode 1910-2009 is de jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland toegenomen met 172 millimeter (25%) (Buishand et al., 2011). In het winterhalfjaar (oktober-maart) is de toename sterker dan in het zomerhalfjaar (respectievelijk, 108 millimeter (35%) en 61 millimeter (16%)). Verder is ook het aantal dagen met zeer veel neerslag (meer dan 30 mm per dag) toegenomen met 85%.

Extreme weersomstandigheden komen steeds vaker voor. Wat dat betreft hebben we in het afgelopen decennium een aantal goede voorbeelden gehad, zoals de winter van 2011-2012 (eerst mild en dan een korte hevige vorstperiode), de zomer van 2003 (langdurige hittegolf met extreme droogte), Augustus 2006 (met op verschillende plaatsen meer dan 300 mm neerslag) en de herfst/winter van 2006 (zeer warm; bomen bleven lang in blad).

Figuur 1. Overzicht van temperatuurverloop in de afgelopen 2 millennia. De verschillende lijnen geven de verschillende bronnen/opvattingen weer. De warme periode in de middeleeuwen en de kleine IJstijd zijn duidelijk zichtbaar (bron: Robert A. Rohde / Global Warming Art": www.globalwarmingart.com/wiki)



Oorzaken klimaatverandering

In brede wetenschappelijke kringen wordt de toename van de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer gezien als de belangrijkste veroorzaker van de klimaatverandering. De drie belangrijkste atmosferische componenten die deze opwarming veroorzaken zijn methaangas (CH_4), distikstofoxide (N_2O) en kooldioxide (CO_2). Tussen het eind van de 18e eeuw en 2000 is de CO_2 -concentratie in de atmosfeer gestegen van 280 tot 358 ppm, een stijging van bijna 30%. Tegelijkertijd is de concentratie N_2O gestegen in de atmosfeer met 145% en die van methaan (CH_4) met 15%. Deze toename van broeikasgassen komt vooral door menselijk toedoen.

Daarnaast zijn er ook natuurlijke factoren die een rol (kunnen) spelen bij de klimaatverandering. Allereerst het komen en gaan van IJstijden. Dit gaat doorgaans vrij abrupt. Iets maar dan 10.000 jaar geleden is de laatste IJstijd afgesloten en de verwachting is dat over ca. 5000 jaar de volgende IJstijd begint.

Ook waterstromingen zoals de warme golfstroom hebben veel invloed op het klimaat. Hierdoor is het bijvoorbeeld in West Europa veel warmer dan op dezelfde breedtegraad in Noord-Amerika. Ook periodieke opwarming van de oceanen rond de evenaar (El Niño) en de periode van afkoeling die daarop weer volgt (La Niña) heeft invloed op het klimaat. Grootschalige opwarming van het water zorgt ervoor dat er meer CO_2 vanuit het zeewater in de atmosfeer komt, waarmee de opwarming wordt versterkt.

Verder spelen ook vulkaanuitbarstingen een rol. Deze zijn onvoorspelbaar en kunnen veel stof in de atmosfeer brengen. Dit stof reflecteert zonlicht en heeft daardoor een koelend effect. Sterke vulkaanuitbarstingen kunnen een flinke invloed hebben op de warmtebalans van de aarde. Zo wordt de tijdelijke onderbreking van de stijging van de wereldgemiddelde temperatuur in 1992 en 1993 toegeschreven aan de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo op de Filipijnen in juni 1991. Tenslotte lijken ook zonnevlekken, een maat voor de activiteit van de zon, een rol te spelen. De gemeten variaties in zonneactiviteit vertonen cycli van ca. 11 jaar. Uit klimaatarchieven zijn aanwijzingen te vinden dat de zon invloed heeft op het klimaat. In jaren met weinig zonnevlekken zijn zomers en winters koeler dan normaal; de kans op een strenge winter is dan hoger. Hoe deze invloed precies werkt en hoe groot deze invloed is, dat weten de onderzoekers nog niet. De inwerking van zonnevlekken op het klimaat is omstreken en onbegrepen.

Verwachte klimaatverandering voor komende eeuw

Volgens het IPCC zet de wereldwijde opwarming van de aarde door ^(IPCC, 2007). Bovendien neemt in Noord-Europa de seizoengemiddelde neerslag toe (het sterkst in de winter) en in Zuid-Europa de neerslag af (het sterkst in de zomer). Gemiddeld gezien over alle modelprojecties die het IPCC presenteert, krijgt Nederland te maken met een lichte neerslagafname in de zomer en een toename in de winter. In de zomer ligt Nederland echter dicht bij een scherpe overgang tussen een kleine toename in het noorden en een sterke afname in het zuiden. De ligging van dit overgangsgebied verschilt onderling nogal tussen de klimaatmodellen. De veranderingen in zomerneerslag in Nederland zijn daarom relatief onzeker. Op basis hiervan heeft het KNMI voorspellingen gedaan van het Nederlandse klimaat voor de komende eeuw ^(KNMI, 2009). Daarbij is er niet één voorspelling gedaan, maar zijn er vier scenario's ontwikkeld, de zg. KNMI'06 kli-

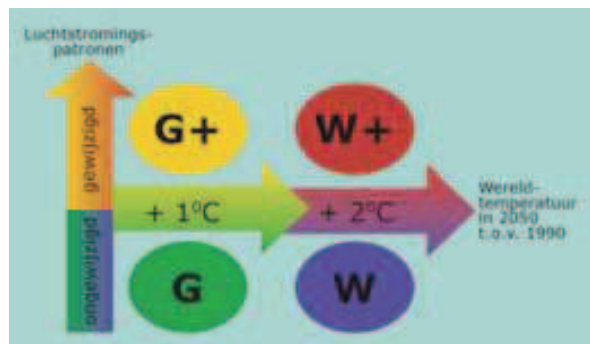
maatscenario's; twee gematigde scenario's (G, G+), met een lichte temperatuurstijging, en twee warme scenario's (W en W+), met een sterke temperatuurstijging. Deze zijn gebaseerd op temperatuurstijging en luchtstromingspatronen en worden schematisch weergegeven in figuur 2 met bijbehorende tabel.

Kenmerken van alle KNMI'06 klimaatscenario's zijn:

- Opwarming zet door;
- Winters gemiddeld natter;
- Heviger extremen qua neerslag (zomer en winter);
- Geen opmerkelijke veranderingen in het windklimaat t.o.v. de natuurlijke grilligheid;
- Zeespiegel blijft stijgen.

In de vier scenario's blijkt de onzekerheid vooral te zitten in de mate van temperatuurstijging (1 of 2°C wereldwijd tot 2050) en het al dan niet veranderen van het gangbare luchtstromingspatroon. Vooral in de zomermaanden zou een meer oostelijke windrichting kunnen gaan heer-

sen waardoor er (veel) minder neerslag zou gaan vallen. In de wintermaanden zou dan juist een nog meer westelijke stroming gaan heersen waardoor de wintermaanden aanmerkelijk natter worden en de kans op een vorstperiode afneemt. Volgens het KNMI is, gezien de snelle stijging



van de temperatuur sinds 1950, een stijging van 2°C (W of een W+ scenario) waarschijnlijker dan een lichte stijging van 1°C (G of G+ scenario) (KNMI, 2009). Bedenk ook dat de temperatuurstijging in Nederland groter zal zijn dan de weergegeven wereldwijde temperatuurstijging van 1 of 2°C. Voor de land- en tuinbouw heeft het W+ scenario met droge zomers de meeste impact. Tabel 1 geeft een overzicht van de klimaatveranderingen in Nederland rond 2050 volgens de vier KNMI'06 klimaatscenario's ten opzichte van het basisjaar 1990. Deze tabel is samengesteld door het KNMI waarbij er ook soortgelijke voorspellingen voor 2100 beschikbaar zijn. Daarbij worden in feite de verschillende veranderingen doorgezet (KNMI, 2009).

G	Gematigd	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
G+	Gematigd +	1°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen in West Europa
W+	Warm +	2°C temperatuurstijging op aarde in 2050 ten opzichte van 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Figuur 2. Schematisch overzicht van de vier KNMI'06 klimaatscenario's en legenda (bron: KNMI, 2009)

Tabel 1. Overzicht van de klimaatveranderingen in Nederland rond 2050 volgens de vier KNMI'06 klimaatscenario's ten opzichte van het basisjaar 1990 (bron: KNMI, 2009)

2050		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging		+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
Verandering in luchtstromingspatronen in West Europa		Nee	ja	nee	ja
Winter	gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,1°C	+1,8°C	+2,3°C
	koudste winterdag per jaar	+1,0°C	+1,5°C	+2,1°C	+2,9°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	+14%
	aantal natte dagen ($\geq 0,1$ mm)	0%	+1%	0%	+2%
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
	hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	0%	+2%	-1%	+4%
Zomer	gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,4°C	+1,7°C	+2,8°C
	warmste zomerdag per jaar	+1,0°C	+1,9°C	+2,1°C	+3,8°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+3%	-10%	+6%	-19%
	aantal natte dagen ($\geq 0,1$ mm)	-2%	-10%	-3%	-19%
	dagsom van de neerslag die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+13%	+5%	+27%	+10%
	potentiële verdamping	+3%	+8%	+7%	+15%
Zeespiegel	absolute stijging	15-25 cm	15-25 cm	20-35 cm	20-35 cm

Het klimaat in de stad

In een stedelijke omgeving is het klimaat anders dan op het platteland. Zo is de temperatuur, met name in de zomer hoger, het zg. “Urban Heat Island” effect. Dit komt doordat materialen in verharding en gebouwen veel instraling van de zon absorberen en weer uitstralen in voelbare warmte. Dit effect speelt vooral in de onderste luchtslaag, die reikt tot aan de daken van gebouwen. Hoeveel hoger de temperatuur in de stad is hangt af van het seizoen, de mate van zonnestraling (wel of geen bewolking), de wind, gebruikte materialen en plaats in de stad. Op zonnige, warme en windstille dagen is het verschil het grootst, vooral tussen de gebouwen met veel verharding en weinig groen, waar de wind niet of slecht kan komen. Daarbij is het effect ‘s avonds en ‘s nachts groter dan overdag. In grote steden (meer steen en asfalt) is het gemiddeld warmer dan in kleine steden. Elke plek in de stad heeft in feite zijn eigen microklimaat.

In Nederland is het op zomerdagen in steden gemiddeld 2,3°C warmer dan op het platteland, maar dit verschil kan oplopen tot 5,3°C (Steenneveld et al., 2011). Er zijn in warme buitenlandse steden uitschieters gemeten met een verschil van wel

12°C. Jaarrond is de temperatuur gemiddeld 1 á 2°C hoger. Op sommige locaties in de stad, zoals de binnenstad (veel steen, gebouwen dicht opeen) is het effect extra groot. In figuur 3 wordt het Urban Heat Island effect op een zomerse namiddag voor verschillende locaties in en rond de stad schematisch weergegeven.

Ook smogvorming (door industrie en verkeer) zorgt voor hogere temperaturen doordat uitstralende warmte vanaf het stadsoppervlak weer wordt teruggekaatst en zo wordt vastgehouden. Het groeiseizoen in de stad is langer dan erbuiten en het aantal vorstdagen is in de stad minder dan op het platteland.

Het stadsklimaat is niet alleen warmer, maar ook droger. De luchtvochtigheid is 2% (winter) tot 10% (zomer) lager. Maar vooral de bodem is een stuk droger. Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt, doordat veel van het regenwater via de verharding wordt afgevoerd naar het rioleringsysteem. Maar ook verdichting van de bodem en ondergrondse competitie met funderingen, rioleringen en leidingen zorgen ervoor dat er minder water en voedingsstoffen beschikbaar zijn voor het aanwezige groen.

Verder komt er gemiddeld minder zonlicht op



1. In een stedelijke omgeving is het warmer en droger dan op het platteland.

het stadsoppervlak door schaduwwerking van bebouwing. Gemiddeld heeft een plek in de stad 5-15% minder zonuren en 22-25% minder direct zonlicht ten opzichte van het omringende platteland. Ook waait er in de stedelijke omgeving minder wind dan op het platteland: 10-20% minder.

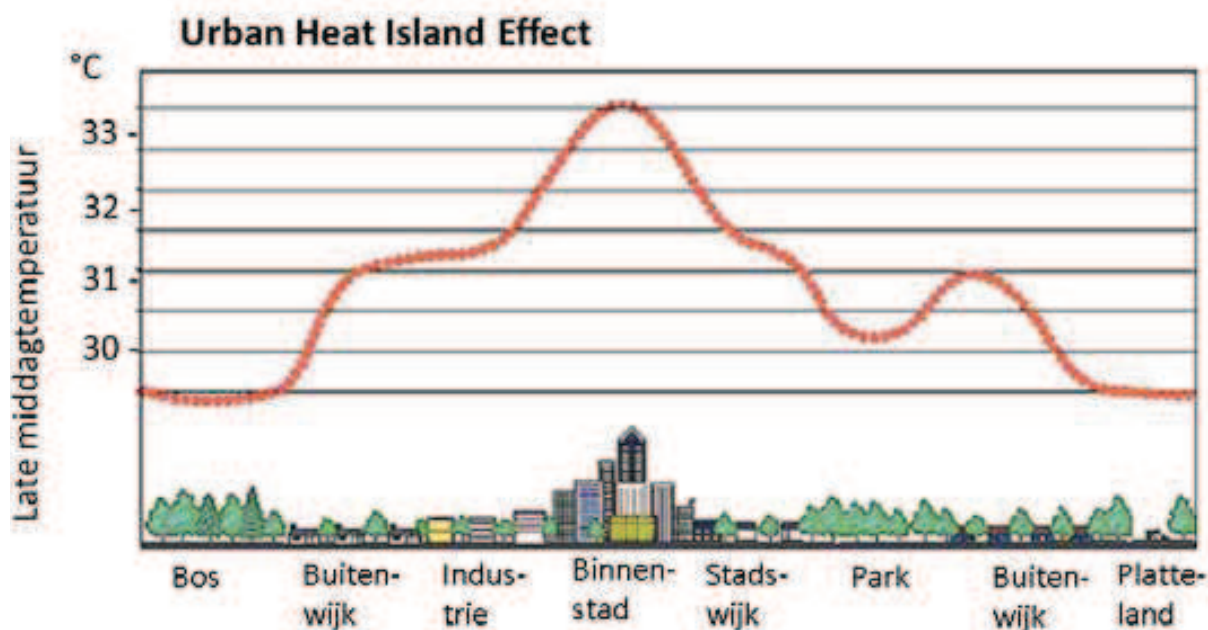
Naast deze klimaatfactoren spelen in de stad ook andere factoren. In de afgelopen eeuw zijn de steden flink groter geworden en er wonen steeds meer mensen in een stedelijke omgeving. Hierdoor speelt het stadsklimaat een steeds grotere rol in onze samenleving, ook voor onze tuin- en plantsoenplanten. De karakteristieken van het stadsklimaat komen deels overeen met die van de klimaatverandering (warmer en (periodiek) droger). In feite worden hiermee de algemene

effecten van de klimaatverandering in de stedelijke omgeving extra versterkt.

Overigens zijn groene steden minder warm dan steden met weinig groen. Veel groen, bijvoorbeeld in de vorm van parken, groene daken en groene wanden zorgt voor vermindering van het Urban Heat Island Effect. Dit komt doordat het blad de zonnestralen grotendeels gebruikt voor fotosynthese en niet meer als warmte uitstraalt, het blad water verdampt (kost energie) en doordat bomen, struiken en klimplanten schaduw geven waardoor gebouwen en bestrating minder opwarmen.

Bovenstaande gegevens en cijfers zijn afkomstig uit Landsberg (1981), Kuttler (1993), Sukopp & Wurzel (2003), Steeneveld et al. (2011) en Dirven-van Breemen et al. (2011).

Figuur 3: Weergave Urban Heat Island Effect op een hete zomerdag (bron: Wikipedia / NASA; bewerkte vorm)



Winterhardheidszones voor planten

Voorals bij overblijvende tuinplanten (boomkwekerijgewassen) is de winterhardheid een belangrijk criterium in teelt en gebruik. Welke soorten kunnen in welke regio of in welk land groeien? Ook voor de export van gewassen is dit belangrijke informatie, om teleurstelling vanwege bevriezing van gewassen te voorkomen. Het belangrijkste internationale systeem, het USDA-systeem, wordt uitgelegd en de invloed van klimaatverandering wordt daarbij aangegeven.

Het USDA winterhardheidssysteem

Door diverse landen of onderzoeksgroepen zijn winterhardheidszones gedefinieerd om aan te kunnen geven in welke gebieden bepaalde plantensoorten kunnen groeien. Zo zijn in Groot Brittannië en Scandinavië eigen lokale systemen ontwikkeld. Het meest internationale systeem is dat van de United States Department of Agriculture (USDA) uit de Verenigde Staten. Dit zogenaamde USDA-systeem onderscheidt 13 winterhardheidszones aan de hand van de gemiddelde minimum wintertemperatuur (zie tabel 2). Soms

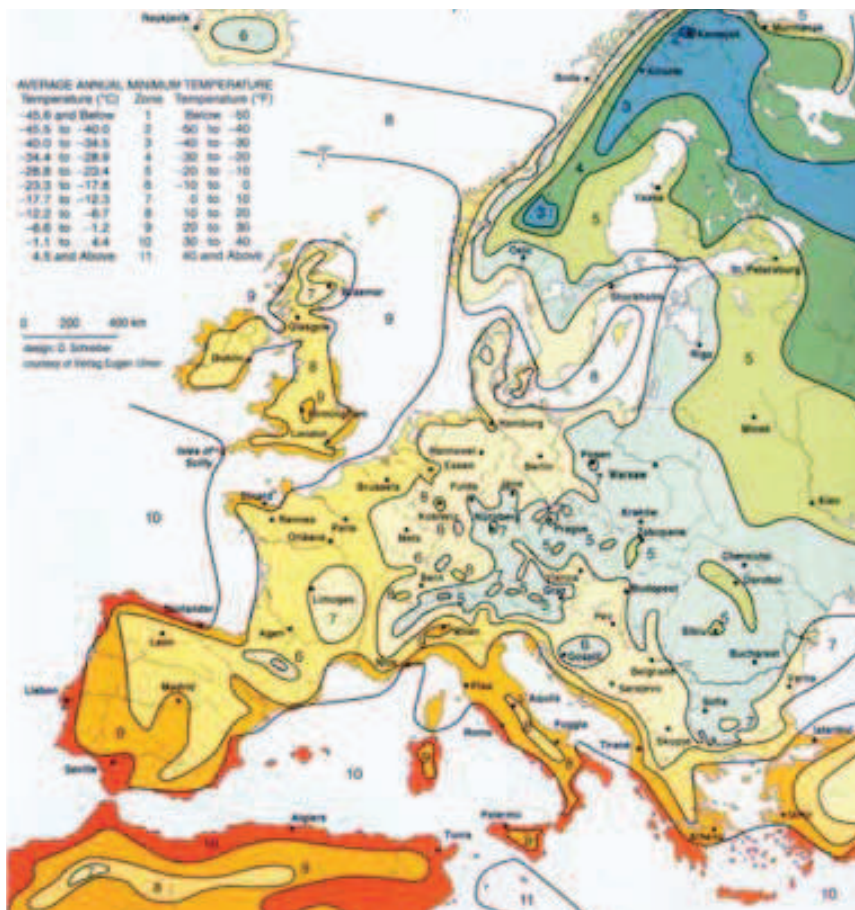
wordt een verfijning gemaakt in een a en b sub-zone binnen de verschillende zones (conform tabel 1) en soms wordt dit niet gedaan.

Het USDA-systeem is al in 1965 ontwikkeld en in 1990 ge-update en vervolmaakt tot een werkend en internationaal gebruikt systeem (Cathey, 1990). De kaarten zijn gemaakt a.d.h.v. de destijds geldende klimaatcijfers. Voor Europa zijn op basis van het USDA-systeem ook kaarten ontwikkeld, door Heinze & Schreiber (1984). Voor geheel Europa is een klimaatkaart gemaakt met de hele zones (zie figuur 4) en specifiek voor midden Europa een kaart met de verfijning in a en b-zones (zie figuur 5). Nederland ligt daarbij deels in zone 8 (midden in 8a en kustgebied in 8b) en deels in zone 7b (Noordoost Nederland). Hierop is ook de “Winterhardheidslijst van boomkwekerijgewassen” (Hoffman & Ravesloot, 2002) gebaseerd, die door veel Nederlandse boomkwekers en handelaren wordt gebruikt.

Het USDA-systeem met bijbehorende kaarten en gegevens worden internationaal breed gebruikt. De kaarten zoals gepubliceerd in de jaren ‘80 en ‘90 zijn echter gebaseerd op klimaat/temperatuurgegevens van voor 1985 en daarmee anno 2012 verouderd.

Tabel 2: Definities van de 13 USDA-zones.

Zone	van	tot	indicatie winterhardheid (NL)	Indicatorsoorten
1	< -45,6°C		zeer extreem	<i>Betula pubescens</i> ; <i>Larix gmelinii</i> ; <i>Ledum groenlandicum</i> ; <i>Rubus arcticus</i> ; <i>Salix arctica</i>
2	-45,6°C	-40°C	extreem	<i>Alnus incana</i> ; <i>Betula pendula</i> ; <i>Cornus sericea</i> ; <i>Populus tremula</i> ; <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
3	-40°C	-34,4°C	zeer uitstekend	<i>Alnus glutinosa</i> ; <i>Cornus alba</i> ; <i>Lonicera tatarica</i> ; <i>Malus baccata</i> ; <i>Potentilla fruticosa</i>
4	-34,4°C	-28,9°C	uitstekend	<i>Acer platanoides</i> ; <i>Fraxinus excelsior</i> ; <i>Hydrangea paniculata</i> ; <i>Picea pungens</i> ; <i>Syringa vulgaris</i>
5	a -28,9°C	-26,1°C	zeer goed	<i>Berberis thunbergii</i> ; <i>Calluna vulgaris</i> ; <i>Cornus mas</i>
	b -26,1°C	-23,3°C	(zeer) goed	<i>Laburnum anagyroides</i> ; <i>Vinca minor</i>
6	a -23,3°C	-20,6°C	goed	<i>Aesculus ×carnea</i> ; <i>Buxus sempervirens</i>
	b -20,6°C	-17,8°C	goed	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> ; <i>Hamamelis mollis</i>
7	a -17,8°C	-15°C	(vrij) goed	<i>Elaeagnus ×ebbingei</i> ; <i>Skimmia japonica</i>
	b -15°C	-12,2°C	(vrij) goed	<i>Aucuba japonica</i> ; <i>Choisya ternata</i> ; <i>Mahonia ×media</i>
8	a -12,2°C	-9,4°C	vrij goed	<i>Viburnum tinus</i> ; <i>Rosmarinus officinalis</i>
	b -9,4°C	-6,7°C	matig	<i>Ficus carica</i> ; <i>Olea europaea</i> ; <i>Ligustrum lucidum</i>
9	a -6,7°C	-3,9°C	slecht	<i>Citrus aurantium</i> ; <i>Carissa macrocarpa</i>
	b -3,9°C	-1,1°C	zeer slecht	<i>Litchi chinensis</i> ;
10	a -1,1°C	+1,7°C	niet (sub)tropisch	<i>Mangifera indica</i> ; <i>Coffea arabica</i>
	b +1,7°C	+4,4°C	niet (sub)tropisch	<i>Cocos nucifera</i> ;
11	+4,4°C	+10°C	niet (sub)tropisch	<i>Erythrina variegata</i>
12	+10°C	+15,6°C	niet (tropisch)	Vele tropische gewassen;
13	> +15,6°C		niet (tropisch)	



Figuur 4: USDA-winterhardheidszones voor Europa, gebaseerd op oude temperatuurgegevens zoals gebruikt door Heinze & Schreiber (1984). Door klimaatverandering zijn de zones inmiddels ongeveer een halve zone verplaatst in noord tot oostelijke richting. Deze fullcolour kaart komt uit *Gärtenflora* van Roloff & Bärtels (2001).



Figuur 5: USDA-winterhardheidszones voor Midden-Europa, gebaseerd op oude temperatuurgegevens zoals gebruikt door Heinze & Schreiber (1984). Door klimaatverandering zijn de zones inmiddels ongeveer een halve zone verplaatst in noord tot oostelijke richting. Deze fullcolour kaart komt uit *Gärtenflora* van Roloff & Bärtels (2001).

Mogelijkheden en beperkingen van het USDA-systeem

Het grote voordeel van het USDA-systeem is dat het een eenvoudig systeem is. Het is gebaseerd op gemiddelde minimum wintertemperaturen van de verschillende landen en regio's. De minimum wintertemperatuur is het belangrijkste criterium voor het overleven van plantensoorten in de winter en dit is voor een belangrijk deel genetisch bepaald. Het systeem is gemakkelijk te begrijpen en het is relatief gemakkelijk om kaarten met USDA-zoneringen te maken.

Het nadeel en daarmee ook de beperking van het systeem is dat het alle andere factoren die de winterhardheid van een gewas bepalen, negeert. Denk daarbij aan (schrale) wind, wel of geen sneeuwdek, vorstduur en fluctuatie, stadium van winterrust van de plant, vitaliteit van de plant, leeftijd van de plant en vochtigheid van lucht en bodem.

Het uitgangspunt van het systeem is dat de factoren optimaal zijn: de plant is volledig afgehard (in winterrust), vitaal, volwassen en de groeiomstandigheden zijn verder ideaal. In Nederland gaan bijvoorbeeld veel vochtgevoelige planten in de winter dood vanwege de nattigheid (bv. *Caryopteris*, *Ceanothus* en *Lavandula*). Veel (vaste) planten kunnen veel lagere temperaturen doorstaan als er een sneeuwdek overheen ligt. Vooral wintergroene soorten zoals *Mahonia* en *Photinia* hebben meer te lijden van de vorst als dit gepaard gaat met een harde schrale (oosten) wind.

Als norm wordt gesteld dat indien een gewas in zijn minimum zone staat, dan de overlevingskans ongeveer 80% is. Naarmate het gewas in een hogere zone aangeplant staat, neemt de overlevingskans wat winterhardheid betreft toe. *Aucuba japonica* (USDA-zone 8a) zal dus conform dit systeem een normale winter (met gemiddelde minimum wintertemperaturen) doorstaan in midden Nederland (USDA-zone 8a). In Noordoost Nederland (USDA-zone 7b) zal dit alleen op beschutte plaatsen lukken of in zachte winters. Een strenge winter met bovengemiddeld lage temperaturen (ca. 20% kans) zal alleen in het uiterste westen (USDA-zone 8b) worden doorstaan, maar niet in midden Nederland. Beschutting zal de overlevingskans vergroten.

Het USDA-systeem is dus een handig hulpmiddel maar geeft geen garanties. Elke winter is immers weer anders. Gegarandeerd winter-

harde planten in Nederland, zoals onze inheemse gewassen, zijn meestal ingedeeld in zone 6 of lager.

Plantensoorten groeien altijd in een range van USDA-zones. Daarbij is de minimum zone (de koudste) het belangrijkste en wordt vaak scherp aangegeven. De maximum zone (warmste) is veel onduidelijker en wordt in de meeste bronnen niet aangegeven. Toch speelt ook deze een rol en wordt onder andere beïnvloed door de benodigde koudeprikkel van soorten om in winterrust te gaan en weer uit winterrust te gaan. In het volgende hoofdstuk, in het kader "Fysiologische achtergronden van winterrust en vorsttolerantie" wordt dit verder uitgelegd.

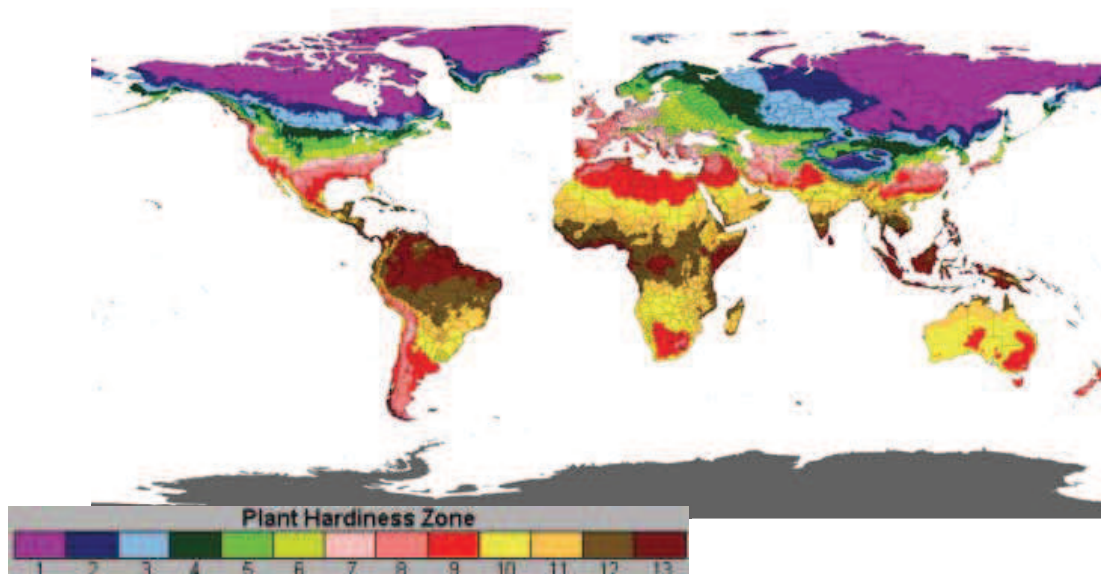
Aanpassing kaarten door klimaatverandering

Onlangs is voor de Verenigde Staten een update gemaakt van de winterhardheidskaarten, gebaseerd op de klimaatgegevens van 1976-2005 (online kaarten zie <http://planthardiness.ars.usda.gov>) (Daly et al., 2012). Hierin is een duidelijke verschuiving van de zones zichtbaar in noordelijke richting. Voor individuele regio's en locaties betekent dit dat ze gemiddeld te maken krijgen met een mildere USDA-zone. Ten opzichte van 1990 is dit ongeveer een halve zone verschil (bv. 7a wordt 7b en 7b wordt 8a).

Specifiek voor Nederland en Europa zijn er helaas nog geen echte updates beschikbaar. Wel zijn er wereldwijde kaarten gemaakt (Magarey et al., 2008). Hierbij zijn 2 versies beschikbaar, één gebaseerd op de klimaatgegevens van 1978-2007 en één op de klimaatgegevens van 1998-2007. Ook hierbij is een duidelijke verschuiving van de zones in noordelijke richting zichtbaar. Bij de eerste ligt Nederland nog grotendeels in zone 7 en bij de tweede volledig in zone 8. Figuur 5 geeft een overzicht van de zoneverdeling wereldwijd, gebaseerd op de klimaatgegevens van 1998-2007.

Uit deze laatste kaart blijkt dat ook hier een duidelijke verschuiving van zones optreedt (noord- tot noordoostwaarts). Dit betekent dat Nederland nu volledig in zone 8 valt. Updates met de a en b subzones zijn helaas nog niet beschikbaar. Echter op grond van de wereldwijde en Amerikaanse gegevens is het aannemelijk dat ook voor Europa (incl. Nederland) alles nu ongeveer een halve zone is verschoven ten opzichte van de oude versie.

Figuur 6: USDA-winterhardheidszones wereldwijd, gebaseerd op de temperatuurgegevens van 1998-2007 (bron: www.nappfast.org/Plant_hardiness). Bij de internetversie kan worden ingezoomd op specifieke landen of regio's.



Winterhardheidszones in de toekomst

Uit de KNMI'06 klimaatscenario's blijkt dat de opwarming van de aarde doorzet. Daarmee is het aannemelijk dat de USDA-klimaatzones verder zullen opschuiven in de richting van de polen. Dit wordt ondersteund door data van het KNMI. Uit gegevens van het KNMI is een tabel gemaakt waarin voor diverse Nederlandse steden de gemiddelde jaarlijkse laagste minimumtemperatuur wordt voorspeld in 2050 en in 2100 voor de vier KNMI'06 klimaatscenario's (zie tabel 3) (KNMI, 2009). Kuststeden zoals Vlissingen die nu in USDA zone 8b liggen komen in 2050 afhankelijk van het KNMI'06 scenario in zone 9a of 9b te liggen. En in 2100 bij het W+ scenario zelfs in USDA zone 10a, met een zeer mild subtropisch klimaat. De koudste streken en steden zoals Eelde en Twente liggen nu in USDA zone 7b en komen in 2050 in USDA zone 8a of (bijna) 8b te liggen en in 2100, afhankelijk van het KNMI'06 scenario, in zone 8a, 8b of

zelfs 9a.

Nederland zal dus in 2050 waarschijnlijk grotendeels in zone 8b liggen, het westelijk deel voor een deel zone 9 en het noordoostelijk deel in USDA zone 8a. USDA zone 8b en 9 zijn zones die nu voorkomen in Zuid-Engeland, Bretagne (Frankrijk), de Noordwestkust van Spanje en een deel van het middellandse zeegebied. Dit klimaat biedt plaats voor veel zachtere gewassen in onze tuinen en plantsoenen. Het zal afhangen van het al dan niet veranderen van het luchtstromingspatroon in de zomermaanden (zie KNMI'06 klimaatscenario's) in hoeverre de plantensoorten in ons land ook droogteresistenter moeten worden. Als we opwarming met droge zomers krijgen (G+ of W+) gaan we richting het mediterrane klimaat en als we opwarming met "normale" zomers krijgen (G of W) gaan we richting Zuid Engels of Bretons klimaat.

Tabel 3. Voorspelde gemiddelde jaarlijkse laagste minimumtemperaturen voor diverse Nederlandse steden in 2050 en in 2100 voor de vier KNMI'06 klimaatscenario's (bron: KNMI, 2009)

Station	Gemiddelde jaarlijkse laagste minimumtemperatuur								
	1976-2005	2050				2100			
		G	G+	W	W+	G	G+	W	W+
De Kooy (NH)	-9,0	-8,0	-7,5	-6,9	-6,0	-6,9	-6,0	-4,9	-3,0
De Bilt	-10,9	-9,9	-9,4	-8,8	-7,9	-8,8	-7,9	-6,7	-4,8
Leeuwarden	-11,8	-10,8	-10,3	-9,7	-8,8	-9,7	-8,8	-7,6	-5,8
Deelen	-12,5	-11,4	-10,9	-10,4	-9,4	-10,4	-9,4	-8,2	-6,3
Eelde	-12,5	-11,4	-10,9	-10,4	-9,4	-10,4	-9,4	-8,2	-6,3
Twente	-12,8	-11,7	-11,2	-10,7	-9,7	-10,7	-9,7	-8,5	-6,6
Vlissingen	-6,1	-5,0	-4,5	-4,0	-3,1	-4,0	-3,1	-1,9	0,0
Rotterdam	-10,2	-9,2	-8,7	-8,1	-7,2	-8,1	-7,2	-6,0	-4,2
Eindhoven	-11,0	-10,0	-9,5	-8,9	-7,9	-8,9	-7,9	-6,8	-4,8
Maastricht	-10,8	-9,8	-9,3	-8,7	-7,8	-8,7	-7,8	-6,6	-4,7
Lelystad	-12,0	-11,0	-10,6	-10,0	-9,1	-10,0	-9,1	-8,0	-6,1

Verschuiving in ons boomkwekerijsortiment

Volgens de cijfers is het in Nederland in de afgelopen eeuw warmer geworden. Enkele decennia geleden lag Nederland nog in USDA zone 7b tot 8b en nu in 8a tot 8b en in de kuststreek al bijna in 9a. In de komende decennia zal dit nog verder opschuiven. Is hier in praktijk qua soortgebruik al iets van te merken? Wat is daarbij de invloed van het warmere stadsklimaat? En hoe ziet ons sortiment er in de toekomst uit?

Veranderende groeiomstandigheden voor planten

Het veranderende klimaat heeft een aantal gevolgen voor de groeiomstandigheden van planten, zowel de wilde flora als de cultuurplanten. Doordat het gedurende het jaar warmer wordt en het groeiseizoen steeds langer wordt, zullen planten doorgaans sneller en meer groeien. Ook de verhoogde concentratie van kooldioxide draagt hieraan bij. Daarnaast zal de mate van vorst minder beperkend zijn voor de groei vanwege het milder worden van de winters. Dit biedt perspectief voor nieuwe (zachtere) soorten. Beide genoemde gevolgen zijn overwegend positief voor de plantengroei.

Maar het veranderend klimaat geeft ook beperkingen aan de plantengroei. Denk daarbij aan periodiek neerslagtekort of juist –overschot en een grotere kans op beschadiging door storm of zware buien. Maar er ontstaan ook indirecte negatieve gevolgen zoals toename van bepaalde ziekten en plagen (bv. uit warmer streken), versnelde uitspoeling van meststoffen na een neerslagpiek en toenemende verzilting in de kustregio's door de stijging van de zeespiegel.

Gevolgen voor de natuurlijke flora

De klimaatverandering heeft invloed op onze wilde flora en fauna. De veranderingen zijn duidelijk meetbaar. Volgens gegevens van de natuurkalender (zie www.natuurkalender.nl) is het groeiseizoen de laatste drie decennia gemiddeld een maand langer geworden. Door deze temperatuurverandering verschuift het natuurlijke verspreidingsgebied van dieren- en plantensoorten in ons deel van de wereld noord- tot noordoostwaarts. Volgens studies van enkele jaren terug gaat dit voor plantensoorten met een gemiddelde snelheid van 6,1 km per decennium (Parmesan & Yohe, 2003). In recentere studies is een versnelling gemeten van het drievoudige: 16,9 km per decennium (Chen et al., 2011). Verder schuift de verspreiding van de bergflora omhoog. De met-

ingen lopen uiteen van 11 m per decennium (Chen et al., 2011) tot 29 m per decennium specifiek voor de Europese bergflora (Lenoir et al., 2008).

De Nederlandse wilde flora telt momenteel ca. 1400 plantensoorten. De afgelopen tijd zijn er plantensoorten verdwenen en juist ook weer bijgekomen. Dit houdt elkaar behoorlijk in evenwicht. Er zijn tussen 1840 en 1990 ongeveer 73 plantensoorten uit Nederland verdwenen. Daarbij is het aantal verdwijnende plantensoorten min of meer constant in de tijd: ca. 20 soorten per 20 jaar. Daarbij is er geen toename geconstateerd als gevolg van achteruitgang van biotopen en/of klimaatverandering (van den Meijden & Gillis, 1995).

Verder zijn er sinds 1829 ongeveer 250 nieuwe plantensoorten beschreven in de Nederlandse Flora (van den Meijden & Gillis, 1995). Een deel hiervan bestond daarvoor ook al, maar was nog niet ontdekt en een deel ontstond als gevolg van nieuwe taxonomische interpretaties. Ongeveer 75 soorten zijn daadwerkelijk nieuw ingeburgerde soorten, deels op een natuurlijke manier ingeburgerd en deels via tuinen of akkers. Ook het aantal nieuwe ingeburgerde soorten vanaf 1900 is per periode van 25 jaar min of meer stabiel (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).

Toch baart klimaatverandering wel zorgen voor de biodiversiteit. Recent onderzoek van Wageningen UR toont aan dat plant- en diersoorten die door klimaatverandering naar andere gebieden uitwijken in rap tempo achteruitgaan qua genetische diversiteit. Dit geeft soorten een smallere genetische basis, waardoor ze extra kwetsbaar zijn voor bijvoorbeeld ziektes en plagen (Cobben, 2012).

Verwacht wordt dat er de komende decennia vooral warmte-minnende planten uit zuidelijker streken zich steeds meer thuis zullen gaan voelen in natuurlijke (en stedelijke) habitats (Walther et al., 2002). Vanuit tuinen kunnen deze zich gemakkelijk vestigen, zoals uit de volgende paragraaf blijkt. In een enkele geval kunnen uitheemse soorten ook invasief zijn en ecologische of economische schade veroorzaken (zie Hoffman, 2011 voor meer informatie).

Verwilderde plantensoorten in de stad

Zoals in de paragraaf “Het klimaat in de stad” (hoofdstuk Klimaat en klimaatverandering) aangeduid, is het in de stedelijke omgeving warmer en droger dan op het platteland. Dit maakt dat de groeiomstandigheden voor planten, als gevolg hiervan en van de klimaatverandering, flink afwijken. Wat is hiervan te merken aan de huidige plantengroei? Een goede maat hiervoor is het in kaart brengen van de “wilde”

stadsflora. Welke soorten kunnen zich spontaan handhaven in de stedelijke omgeving?

Voor bomen en struiken is dit vooral in Duitsland onderzocht. Veel soorten die verwilderen in diverse Duitse steden, zijn van oorsprong afkomstig uit warmere regio's (Sukopp & Wurzel, 2003). Blijkbaar voelen deze soorten zich erg thuis in het warmere stadsklimaat. Voorbeelden van uitheemse soorten die in veel Duitse steden verwilderen en zich spontaan in stand houden zijn *Ailanthus altissima*, *Buddleja davidii*, *Colutea arborescens*, *Ficus carica* en *Platanus × hispanica* & *orientalis*.

In Nederland is de laatste jaren ook veel aandacht voor de “wilde” stadsplanten. Diverse floristen hebben zich inmiddels toegelegd op het in kaart brengen van de onze stadsflora. Een belangrijk standaardwerk is “Stadsflora” (Denters, 2004). Hierbij ligt de focus wat meer op kruidachtige planten. Het stedelijk gebied wordt overspoeld met nieuwe soorten, vaak afkomstig uit warme streken, onder andere uit het Middellandse zeegebied; de zogenaamde “botanische warmtegolf”. Vooral in binnensteden, op oude muren, in straatputten, in brandgangen en tussen de stenen van trottoirs of straten, komen veel warmteminnende soorten voor. Dit zijn dan ook

de warmste plekken in een stad.

Vooral de muurflora in diverse steden sprekt vaak erg tot de verbeelding. Hierover zijn al diverse specifieke publicaties verschenen (oa. Andeweg, 2000 en te Linde & van den Berg, 2010). Soorten als *Asplenium trichomanes* (Steenbreekvaren) en *Cymbalaria muralis* (Muurleeuwebek) komen op steeds grotere schaal voor op stadsmuren en andere stenige locaties.

Ook op lokaal niveau is informatie beschikbaar. Zo zijn er diverse steden die hun verwilderde flora in kaart brengen zoals Breda (www.stad-splantenbreda.nl), Amsterdam (www.floronamsterdam.nl) en Rotterdam (www.bureaustad-snatuur.nl). Hierbij wordt vaak vooral de kruidachtige vegetatie waargenomen op muren, tussen stenen en in brandgangen. Tabel 4 geeft voorbeelden van opvallende waarnemingen van warmte-minnende soorten in diverse Nederlandse steden. Juist deze soorten zijn in de stad in hun element en komen vaak buiten de stad nog niet of nauwelijks als verwildering voor. Met het doorzetten van de klimaatverandering zal de kans op verwildering buiten de stad toenemen.



2. Steeds meer warmte-minnende planten zoals deze Muurleeuwebek (*Cymbalaria muralis*) handhaven zich spontaan in de stedelijke omgeving.

Tabel 4. Voorbeelden van opvallende verwilderde warmte-minnende plantensoorten in de Nederlandse steden.

Soort of geslacht	Nederlandse naam	Oorsprong
<i>Agastache foeniculum</i>	Droplant	N. Amerika
<i>Agastache rugosa</i>	Droplant	O. Azië
<i>Ailanthus altissima</i>	Hemelboom	China
<i>Alcea rosea</i>	Stokroos	O. Azië?
<i>Alchemilla mollis</i>	Vrouwenmantel	ZO. Europa
<i>Alnus cordata</i>	Hartbladige els	Z. Europa
<i>Antirrhinum majus</i>	Grote leeuwenbek	Z. Europa
<i>Asplenium foreziense</i>	Forez-streepvaren	ZO. Europa
<i>Brunnera macrophylla</i>	Kaukasisch vergeet-mij-nietje	ZO. Europa
<i>Buddleja davidii</i>	Vlinderstruik	China
<i>Calamamintha nepeta</i>	Kleine bergsteentijm	Z. Europa
<i>Campanula persicifolia</i>	Prachtklokje	Europa & Azië
<i>Campanula portenschlagiana</i>	Dalmatiëklokje	Z. Europa
<i>Campanula poscharskyana</i>	Kruipklokje	ZO Europa
<i>Centranthus ruber</i>	Spoorbloem	Z. Europa
<i>Cerastium tomentosum</i>	Viltige hoornbloem	Z. Europa
<i>Corydalis lutea</i>	Gele helmbloem	Z. Europa
<i>Corydalis ochroleuca</i>	Geelwitte helmbloem	ZO. Europa
<i>Cymbalaria muralis</i>	Muurleeuwenbek	ZO. Europa
<i>Cyrtomium falcatum</i>	IJzervaren	O. Azië
<i>Datura stramonium</i>	Doornappel	N. Amerika; ZO. Europa
<i>Duchesnea indica</i>	Schijnaardbei	ZO. Azië
<i>Erigeron karvenskianus</i>	Muurfijnstraal	Midden Amerika
<i>Euphorbia lathyris</i>	Kruisbladige wolfsmelk	Z. Europa
<i>Fallopia baldschuanica</i>	Bruidssluijer	Iran
<i>Fallopia japonica</i>	Japanse duizendknoop	Japan
<i>Ficus carica</i>	Vijgenboom	Midd. Zeegebied
<i>Foeniculum vulgare</i>	Venkel	Midd. Zeegebied
<i>Geranium macrorrhizum</i>	Rotsooievaarsbek	Z. Europa
<i>Geranium phaeum</i>	Donkere ooievaarsbek	Z., W. & C. Europa
<i>Geranium pyrenaicum</i>	Bermooievaarsbek	Z. Europa
<i>Hieracium aurantiacum</i>	Oranje havikskruid	ZW. Europa & Azië
<i>Lathyrus latifolius</i>	Brede lathyrus	Midd. Zeegebied
<i>Linaria purpurea</i>	Walstroleeuwenbek	Midd. Zeegebied
<i>Lunaria annua</i>	Judaspenning	ZO. Europa
<i>Lysimachia punctata</i>	Puntwederik	C. Europa; Klein Azië
<i>Meconopsis cambrica</i>	Schijnpapaver	Z. Europa
<i>Mentha ×rotundifolia</i>	Wollige munt	tuinhybride
<i>Nepeta racemosa</i> (& × <i>faassenii</i>)	Kattenkruid	W. Azië
<i>Nicandra physalodes</i>	Zegekruid	Z. Amerika
<i>Oenothera</i> spp.	Teunisbloem	N. Amerika
<i>Pentaglottis sempervirens</i>	Overblijvende ossentong	ZW. Europa
<i>Persicaria capitata</i>	Kogelduizendknoop	C. Azië
<i>Physalis alkekengi</i>	Lampionplant	C. & Z. Europa, Azië
<i>Phytolacca acinosa</i>	Karmozijnbes	O. Azië
<i>Saponaria officinalis</i>	Zeepkruid	Z. Europa
<i>Soleirolia soleirolii</i>	Slaapkamergeluk	Midd. Zeegebied
<i>Solidago gigantea</i>	Late guldenroede	N. Amerika
<i>Tellima grandiflora</i>	Franjekelk	N. Amerika
<i>Verbena bonariensis</i>	Stijf ijzerhard	Z. Amerika

Verschuivingen in sortiment tuin- en plantsoenplanten tot nu toe

Zoals uit de lijst van verwilderde stadsplanten blijkt gebruiken we al veel uitheemse soorten uit warmere streken in onze tuinen en plantsoenen. Met wat extra zorg en bescherming zijn ze zeer geschikt, vooral in een stedelijke omgeving. De vraag is nu of deze trend zich verder doorzet door gebruik van nog zachtere soorten? Er is in ieder geval de laatste jaren een duidelijke trend waarneembaar naar gebruik van zuidelijke en mediterrane soorten zoals *Olea europaea*, *Lavandula stoechas* en *Ficus carica*. De tuincentra staan er tegenwoordig vol mee. Maar overleven deze gewassen ook vaker onze winters? Of is hier slechts sprake van een mode-trend gevoed door de wens van de Nederlandse consument om de Zuid-Europese vakantiesfeer bij huis te halen? Het is lastig om dit objectief in beeld te brengen.

Om een indicatie te krijgen wordt de informatie uit oude Nederlandse tuinboeken zoals "Vaste planten en Rotsheesters" van Bergmans (1939) en "Onze Loofhoutgewassen" van Hendriks (1940) vergeleken met onze huidige bevindingen. In Hendriks (1940) staan soorten als *Abelia grandiflora*, *Vitis vinifera* (Druif), *Ceanothus thyrsiflorus*, *Choisya ternata*, *Viburnum tinus*, *Poncirus trifoliata*, *Clematis armandii* en *Camellia japonica* vermeld als zijnde niet win-

terhard in Nederland. Deze bron geeft verder aan dat soorten als *Viburnum davidii*, *Lonicera nitida*, *Corylopsis pauciflora* en *Caryopteris incana* alleen op beschutte plaatsen de winter doorkomen. Bergmans (1939) vermeldt dat *Rosmarinus officinalis* (Rozemarijn) niet winterhard is en dat winterbedekking noodzakelijk is voor bijvoorbeeld *Fuchsia magellanica*, *Acanthus mollis*, *Alcea rosea* (Stokroos), *Cortaderia selloana* (Pampasgras) en *Prunus laurocerasus* (Laurierkers).

Veel van bovengenoemde soorten zijn anno 2012 in Nederland goed of redelijk winterhard. Druiven worden bijvoorbeeld in Nederland op steeds grotere schaal geteeld, onze plantsoenen staan vol met *Lonicera nitida*, *Viburnum davidii* en *Prunus laurocerasus*. Verder zijn in particuliere tuinen steeds vaker grote en oude exemplaren van *Viburnum tinus*, *Choisya ternata*, *Ceanothus thyrsiflorus*, *Camellia japonica* en *Clematis armandii* te vinden. Winterbedekking van *Alcea rosea*, *Fuchsia magellanica* en *Acanthus mollis* is in Nederland (althans west en midden) niet of nauwelijks meer nodig. Slechts in een enkele strenge winter lopen bovengenoemde soorten nog vorstschade op, zoals in de afgelopen winter van 2011-2012. In Tabel 5 staan soorten die in Nederland op het randje qua winterhardheid zitten en het steeds beter doen (overwegend USDA zone 7)



3. Zachte soorten als *Choisya ternata* groeien steeds beter bij ons.

Tabel 5: Voorbeelden van soorten die in Nederland op het grensvlak qua winterhardheid zitten en het geleidelijk steeds beter doen. Alleen in strenge winters lopen ze nog schade op.

Afkortingen bij informatie oude literatuur:

H = Hendriks (1940)

B = Bergmans (1939)

(nw) = niet winterhard in NL

(b) = heeft bescherming of beschutting nodig in de winter

SOORT / CULTIV	ARUSDA ZONE	Info oude literatuur
LOOFHOUT		
<i>Abelia floribunda</i> / × <i>grandiflora</i>	7b	H (nw)
<i>Abelia schumannii</i>	8a	H (nw)
<i>Actinidia deliciosa</i>	7a	
<i>Aesculus indica</i>	8a	H (nw)
<i>Albizia julibrissin</i>	7b	
<i>Arbutus unedo</i>	8a	H (b)
<i>Aucuba japonica</i>	7b	
<i>Berberis darwinii</i>	7b	
<i>Broussonetia papyrifera</i>	7b	
<i>Buddleja fallowiana</i>	8	
<i>Buddleja globosa</i>	8a	H(nw)B (b)
<i>Buddleja lindleyana</i>	8	
<i>Camellia japonica</i> / <i>sasanqua</i> / × <i>williamsii</i>	8	H (nw)
<i>Campsis</i> × <i>tagliabuana</i>	7a	
<i>Campsis grandiflora</i>	8a	
<i>Caryopteris</i> × <i>clandonensis</i> / <i>incana</i>	6-7	H (b) B (b)
<i>Ceanothus</i> × <i>delilianus</i> (o.a. 'Gloire de Versailles')	7a	H (b)
<i>Ceanothus</i> × <i>pallidus</i> (o.a. 'Marie Simon')	7a	H (b)
<i>Ceanothus arboreus</i> / 'Burkwoodii'	8	
<i>Ceanothus thyrsiflorus</i>	8	H (nw)
<i>Choisya ternata</i>	7b	H (nw)
<i>Cistus parviflorus</i> / × <i>pulverulentus</i>	8	
<i>Clematis armandii</i>	7b	H (nw)
<i>Clematis florida</i>	7b	
<i>Clethra arborea</i>	7b	
<i>Corylopsis pauciflora</i> / <i>sinensis</i>	7a	H (b)
<i>Cotoneaster franchetii</i>	7a	
<i>Edgeworthia chrysantha</i>	8	
<i>Erica arborea</i>	7b	H (nw)
<i>Erica cinerea</i>	7a	
<i>Eriobotrya japonica</i>	8	
<i>Escallonia laevis</i> / <i>rubra</i>	8	
<i>Eucalyptus pauciflora</i> (subsp. <i>debeuzevillei</i>)	8	
<i>Euonymus japonicus</i>	8a	H (nw)
<i>Fatsia japonica</i>	8a	
<i>Fraxinus ornus</i>	7a	
<i>Fuchsia longipedunculata</i>	7	B (b)
<i>Fuchsia magellanica</i>	6-7	B (b)

SOORT / CULTIV	ARUSDA ZONE	Info oude literatuur
<i>Gaultheria mucronata</i> (<i>Pernettya</i>)	7b	B (b)
<i>Hebe cupressoides</i>	7b	B (b)
<i>Hebe ochracea</i> / <i>odora</i>	7a	B (b)
<i>Hebe topiaria</i>	8	
<i>Hedera colchica</i>	6-7	
<i>Hedera hibernica</i>	7	
<i>Hibiscus sinosyriacus</i>	8	
<i>Hypericum</i> × <i>dummeri</i> / <i>hookerianum</i>	7	B (b)
<i>Hypericum</i> × <i>inodorum</i>	6-8	
<i>Ilex</i> × <i>altaclerensis</i>	7b	
<i>Ilex cornuta</i>	7	
<i>Indigofera heterantha</i>	7b	H (b)
<i>Jasminum beesianum</i>	8a	
<i>Jasminum nudiflorum</i>	7b	
<i>Jasminum officinale</i>	8a	
<i>Leycesteria formosa</i>	7a	H (b)
<i>Ligustrum japonicum</i>	8a	
<i>Lonicera nitida</i>	7	H (b)
<i>Magnolia grandiflora</i>	7-8	
<i>Mahonia japonica</i> (o.a. 'Hivernant')	7	
<i>Mahonia</i> × <i>media</i> (o.a. 'Winter Sun')	7b	
<i>Nandina domestica</i>	7b	
<i>Nothofagus antarctica</i>	7	
<i>Osmanthus delavayi</i>	8a	
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	7	
<i>Passiflora caerulea</i>	8a	
<i>Passiflora incarnata</i>	7b	
<i>Photinia</i> × <i>fraseri</i> (o.a. 'Red Robin')	7	
<i>Photinia glabra</i>	8a	
<i>Phyllostachys aurea</i>	7a	H (b)
<i>Phyllostachys nigra</i>	7	B (b)
<i>Pleiblastus auricomus</i>	7b	H (b)
<i>Poncirus trifoliata</i>	6b-7	H (nw)
<i>Prunus laurocerasus</i>	6-7	B (b)
<i>Prunus laurocerasus</i> 'Rotundifolia'	7b	B (b)
<i>Prunus lusitanica</i>	7-8	H (b)
<i>Pyracantha koidzumii</i>	8	
<i>Quercus ilex</i>	8a	H (nw)
<i>Rhaphiolepis umbellata</i>	8	

SOORT / CULTIV	ARUSDA ZONE	Info oude literatuur
<i>Rosmarinus officinalis</i>	8a	B (b-nw)
<i>Rubus pentalobus</i> (o.a. 'Emerald Carpet')	8	
<i>Ruscus aculeatus</i>	8a	
<i>Salvia officinalis</i>	7a	
<i>Sarcococca confusa</i>	7b	
<i>Sasa veitchii</i>	8a	H (b)
<i>Semiarundinaria fastuosa</i>	7a	H (b)
<i>Skimmia</i> × <i>confusa</i> (o.a. 'Kew Green')	7b	
<i>Spartium junceum</i>	8a	H (b)
<i>Stachyurus chinensis</i>	7b	
<i>Stewartia monadelphica</i>	7	
<i>Thymus vulgaris</i>	7	
<i>Trachelospermum asiaticum</i>	8a	
<i>Viburnum</i> × <i>burkwoodii</i>	6-7	
<i>Viburnum</i> × <i>globosum</i>	7	
<i>Viburnum davidii</i>	7b	H (b)
<i>Viburnum tinus</i>	8	H (nw)
<i>Vitex agnus-castus</i>	8a	B (b)
<i>Vitis vinifera</i>	7	H (nw)

VASTE PLANTEN

<i>Acanthus mollis</i>	7	B (b)
<i>Agastache foeniculum</i> / <i>rugosa</i>	7	
<i>Alcea rosea</i>	7	B (b)
<i>Alstroemeria aurea</i>	8	
<i>Arundo donax</i>	8	B (b)
<i>Asphodeline lutea</i>	7	B (b)
<i>Calamagrostis</i> × <i>acutiflora</i> (o.a. 'Karl Foerster')	7	

SOORT / CULTIV	ARUSDA ZONE	Info oude literatuur
<i>Cortaderia selloana</i>	7b	B (b)
<i>Euphorbia amygdaloides</i> / × <i>martinii</i>	7	
<i>Gunnera manicata</i> / <i>tinctoria</i>	8a	B (b)
<i>Kniphofia caulescens</i>	8a	B (b)
<i>Kniphofia macowanii</i> / <i>nelsonii</i>	8	B (b)
<i>Lavatera thuringiaca</i>	8a	
<i>Ophiopogon japonicus</i>	7b	
<i>Pennisetum alopecuroides</i> (o.a. 'Hameln')	7b	
<i>Penstemon heterophyllus</i>	8	
<i>Sedum floriferum</i> (o.a. 'Weihenstephaner Gold')	7	
<i>Sedum hybridum</i> (o.a. 'Immergrünchen')	7	
<i>Stipa gigantea</i>	8	
<i>Verbena bonariensis</i>	8a	

CONIFEREN

× <i>Cupressocyparis leylandii</i>	7a	
<i>Araucaria araucana</i>	7b	
<i>Cedrus deodara</i>	7b	
<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	7a	
<i>Cupressus arizonica</i>	7b	
<i>Cupressus glabra</i>	7b	
<i>Cupressus sempervirens</i>	8a	
<i>Pinus pinaster</i>	8a	
<i>Pinus pinea</i>	7b	
<i>Podocarpus lawrencii</i> / <i>macrophyllus</i> / <i>nivalis</i>	7b	
<i>Sequoia sempervirens</i>	8a	

Ervaringen bij gemeentes en Arboreta

De gemeente Den Haag (qua wintertemperatuur één van warmste grote steden in ons land) experimenteert al vele jaren met relatief zachte plantensoorten. Volgens Michiel de Ruijter (coördinator stadskwekerij Den Haag) doen soorten als *Magnolia grandiflora*, *Quercus ilex* (Steeneik), *Phormium tenax* (Nieuw Zeelands Vlas) en *Trachycarpus fortunei* (Windmolenpalm of Chinese hennepalm) het steeds beter in het openbaar groen. De subtropische uitstraling die deze gewassen geven wordt erg gewaardeerd door burgers, toeristen en gemeentepolitici. Volgens Gert Fortgens (directeur van Trompenburg Tuinen en Arboretum, Rotterdam) gaat het verhaal dat er vroeger (voor 1940) op Trompenburg absoluut geen *Camellia*'s te houden waren. Tegenwoordig staan er tientallen opgeplant, die het goed doen (hoewel enkelen de afgelopen winter niet hebben overleefd). Tegenwoordig worden veel soorten die vroeger in de winter

werden afgedekt niet meer beschermd (bv. *Quercus acuta*, *Albizia julibrissin*, *Trochodendron aralioides* en *Acer campbellii* subsp. *flabellatum*). Dit gaat doorgaans goed, hoewel ook hier de afgelopen winter zijn sporen heeft nagelaten, door onder andere taksterfte en vorstscheuren. Verder doen enkele eikensoorten (bv. *Quercus oxyodon* en *Q. tomentella*) het in Rotterdam prima, alhoewel hun herkomstgebied anders zou doen vermoeden.

In het Gimborn Arboretum (Doorn) hadden vroeger soorten als *Araucaria araucana* en *Sequoia sempervirens* nogal eens te lijden van de wintervorst (bv. de winter van 1956 en 1963). Deze soorten doen het volgens Dr. Piet de Jong (als vrijwilliger/dendroloog verbonden aan het Arboretum) de laatste decennia opvallend goed. Ook zachte soorten als *Magnolia grandiflora* en *Albizia julibrissin* (Zijdeboom) houden zich goed in Doorn. Bij deze laatste twee heeft het ook te maken met het feit dat er beter win-

terharde herkomsten of cultivars beschikbaar zijn (zie kader “Winterharde cultivars”). De veranderingen zijn echter ook weer niet schokkend; met name de afgelopen winter was zeer verraderlijk. Zo zijn alle planten in een proef met winterharde Eucalyptus uit Engeland geheel doodgevroren in Gimborn.

Bij diverse bovengenoemde locaties, zoals Trompenburg Tuinen en de Gemeente Den Haag, speelt ook de invloed van het warmere stadsklimaat een rol. In feite vertroebelt dit de invloed van de “normale” klimaatverandering.

Ervaringen van kwekers

Bij Boomkwekerij M. van de Oever (informatie Harm Horlings) zijn vooral mogelijkheden voor en de vraag naar kleine wintergroene bolbomen toegenomen. Denk daarbij aan *Photinia* × *fraseri* ‘Red Robin’, *Prunus laurocerasus* en *Quercus ilex*. Deze soorten werden 10-15 jaar geleden niet of nauwelijks aangeplant en komen nu doorgaans goed de winter door. Bovendien is er ook veel beschikbare productie elders in Europa. Ook grotere bomen zoals *Celtis australis* en *Cercis siliquastrum* werden vroeger niet of nauwelijks in Nederland gekweekt en nu op steeds grotere schaal. Overigens heeft de afgelopen winter (2011-2012) volgens hem aangetoond

dat we niet te snel moeten omschakelen naar een zachter sortiment. Er is op kwekerijen namelijk erg veel schade opgetreden, onder andere in bovengenoemde soorten, maar ook in doorgaans goed winterharde gewassen zoals *Amelanchier*, *Platanus*, *Malus* en diverse vruchtbomen (zie ook kader “Gewassschade in de winter 2011-2012”).

Bij Boomkwekerij Gebr. Van den Berk B.V. worden tegenwoordig veel soorten gekweekt die enkele decennia geleden niet betrouwbaar winterhard waren. Vooral voor bomen is dit erg belangrijk. Voorbeelden van boomsoorten zijn: *Broussonetia papyrifera*, *Cercis siliquastrum*, *Davidia involucrata*, *Diospyros kaki/lotus*, *Eucommia ulmoides*, *Maclura* (in de jeugdvorm), *Magnolia grandiflora*, *Paulownia tomentosa*, *Pterocarya stenoptera*, *Quercus ilex*, *Sassafras albidum*, *Sequoia sempervirens*, *Tetradium daniellii* en *Toona sinensis*,

Kwekerij Rein en Mark Bulk (informatie: Mark Bulk) had tot de afgelopen winter de ervaring dat veel “zachte” gewassen zoals *Michelia*, *Eucryphia*, *Drimys*, *Lomatia* en *Eucalyptus* ongevoelig goed vele winters hebben overleefd. De afgelopen winter (2011-2012) hebben op zijn kwekerij bovenstaande gewassen echter flink geleden of het niet overleefd. Dit was vooral



4. De vraag naar wintergroene en zachtere soorten als *Photinia* × *fraseri* ‘Red Robin’ op kwekerijen is enorm toegenomen.

Winterharde cultivars

Er is in Nederland (en andere landen met een gematigd klimaat) een toenemende vraag naar zachtere gewassen, vaak van mediterrane of andere zuidelijke oorsprong. Dit heeft ertoe geleid dat er ook in de veredeling van nieuwe cultivars is geselecteerd op verbeterde winterhardheid. Deze cultivars zijn dus doorgaans beter winterhard dan “normale” cultivars van deze soort.

Dit fenomeen maakt het lastiger om te bepalen wat nu het exacte aandeel is van de klimaatverandering met betrekking tot de verschuiving naar een zachter sortiment. Veel winterharde cultivars zijn immers pas de laatste decennia geïntroduceerd.

Voorbeelden van cultivars geselecteerd op winterhardheid:

- *Actinidia arguta*: ‘Bayern’, ‘Weiki’ e.a.
- *Actinidia purpurea*: ‘Hardy Red’ e.a.
- *Albizia julibrissin*: ‘Ernest Wilson’ en ‘Boubri’ (OMBRELLA)
- *Camellia*: Ackerman serie: o.a. ‘Ashton’s Ballet’, ‘Snow Flurry’, ‘Winter’s Cupid’ en ‘Winter’s Joy’
- *Gardenia jasminoides*: ‘Kleim’s Hardy’
- *Lagerstroemia indica*: ‘Dallas Red’, ‘Hardy Lavender’, ‘Natchez’ e.a.
- *Laurus nobilis*: ‘Tough & Rough’
- *Liriope muscari*: ‘Moneymaker’
- *Magnolia grandiflora*: ‘Tréyvei’, ‘Victoria’ e.a.
- *Nerium oleander*: ‘Hardy Red’, ‘Hardy Pink’, e.a.
- *Olea europea*: ‘Manzanillo’, ‘Pendolina’, ‘Canino’ e.a.
- *Prunus laurocerasus*: ‘Caucasica’, ‘Herbergii’ e.a.
- *Rosmarinus officinalis*: ‘Hill Hardy’
- *Viburnum tinus*: ‘Alfredo’
- *Vitis vinifera*: ‘Boskoop Glory’, ‘Muscat’

het geval bij planten waarvan de sapstroom al op gang was gekomen en/of de knoppen al uitliepen. Ook van bladhoudende planten is veel beschadigd of uitgevallen. *Magnolia campbellii* en verwanten hebben echter de afgelopen winter relatief goed doorstaan (alleen bloemknoppen waren bevroren).

Bij Boot & Co Boomkwekerijen bv (informatie René Hoogendoorn) is de vraag en teelt naar wintergroene bomen toegenomen (bv. *Photinia fraseri* ‘Red Robin’, diverse *Prunus laurocerasus* cultivars en *Quercus ilex*. Over het algemeen geven deze soorten en cultivars weinig problemen in de winter. Alleen in *Photinia fraseri* ‘Red Robin’ was de (blad)schade na afgelopen winter aanzienlijk. Ook als minder winterhard te boek staande bladverliezende bomen zoals *Albizia julibrissin*, *Cercis siliquastrum* en *Lagerstroemia indica*, winnen aan populariteit. Om het koelere Nederlandse klimaat tijdens de teeltfase te omzeilen worden deze bomen in de eerste jaren veelal in zuidelijker delen van Europa gekweekt. Bij de ontwikkeling van nieuwe rassen op de R&D afdeling van het bedrijf blijft winterhardheid een belangrijke rol spelen.

Gewasschade in de winter 2011-2012

De winter 2011-2012 was een verraderlijke winter. Gemiddeld genomen was deze winter zacht, nat en vrij zonnig. Tot eind januari had het in De Bilt nog geen uur gevoren. De laagste temperatuur in december en bijna heel januari was -0,1 graden. Op sommige plekken in Nederland was het op 1 januari zelfs ruim 14 graden. De gemiddelde temperatuur over de drie wintermaanden kwam bij het KNMI in De Bilt uit op 4,1 graden. Het langjarig gemiddelde is 3,4 graden. Ook de hoeveelheid neerslag was deze winter opvallend: 243 mm, tegen 210 mm normaal. Dat leidde in december tot wateroverlast en overstromingen. Deze cijfers passen duidelijk in de trend van nattere en zachtere winters.

Echter eind januari deed een vorstperiode zijn intrede en in de eerste twee weken van februari was het uitzonderlijk koud. Er was sprake van een koudegolf (van 30 januari tot 8 februari). Het werd bijna een Elfstedenwinter en in Nederland zijn de laagste temperaturen in 27 jaar gemeten, tot -22,9°C in Lelystad (passend bij USDA-zone 6a).

Veel gewassen hebben door deze koude periode



5. Veel planten zoals deze *Viburnum davidii* hebben in de winter van 2011-2012 schade opgelopen.

schade opgelopen. Niet alleen vanwege de lage temperatuur, maar ook doordat sommige planten alweer uit winterrust waren en begonnen uit te lopen. Illustratief zijn de waarnemingen van schade in de sortimentstuin Harry van de Laar in Boskoop: Diverse zachte soorten hebben de winter niet overleefd, zoals *Viburnum odoratissimum*, *Vitex agnus-castus* en *Clethra pringlei*. Andere zachte soorten, zoals *Ligustrum japonicum* en diverse *Escallonia cultivars* zijn volledig terug gevrozen, maar lopen vanuit de basis weer uit. Soorten uit beide groepen hebben het juist de afgelopen 5-10 jaar opvallend goed gedaan en het waren dan ook al flinke planten geworden. Opmerkelijk was ook dat sommige gewassen die in de regio Boskoop normaal gesproken goed winterhard zijn, ook bevroren zijn of vorstschade hebben opgelopen. In de oude proefopplant van Buddlejia en in het Rosarium met diverse oude en moderne Rozencultivars zijn veel planten dood gegaan of lopen alleen vanuit de basis weer uit. Ook veel *Hibiscus* planten hebben het onverwacht niet overleefd of zijn tot op de basis teruggevroren. Tenslotte is er een groot aantal planten dat duidelijk beschadigd en/of met moeite weer uitloopt. Voorbeelden zijn *Viburnum davidii*, *Viburnum ×globosum*, *Magnolia grandiflora* 'Tréyvei', *Cortaderia selloana* 'Pumila', *Pennisetum alopecuroides* 'Hameln', *Photinia ×fraseri* 'Red Robin' en diverse cultivars van *Aucuba japonica*.

In de sortimentstuin van hogeschool Larenstein in Velp zijn soortgelijke ervaringen. Bevroren of vrijwel bevroren zijn *Mahonia ×media* 'Winter Sun' en 'Charity', *Lavandula stoechas*, en *Ceanothus thyrsiflorus*. Ingevroren maar wel weer uitlopend: *Photinia ×fraseri* 'Red Robin', *Choisya ternata*, *Trachelospermum jasminoides*, *Helwingia sinensis* en *Euonymus japonicus*. Enige schade maar geen ernstige schade hadden: *Viburnum davidii* en *Magnolia yunnanensis*. Tegen de verwachting in hadden *Buddleja*

×weyeriana 'Sungold' en *Magnolia grandiflora* (tegen muur) niet of nauwelijks schade:

Welke soorten hebben of krijgen het lastig?

Het is erg lastig te bepalen en te voorspellen welke soorten van ons huidige sortiment het moeilijk krijgen. Dit komt omdat veel factoren een rol spelen en omdat het nog niet helemaal duidelijk is hoe het klimaat zich gaat ontwikkelen (zie KNMI'06 scenario's). Toch is er wel iets over te zeggen.

Daar de winters steeds natter worden ligt het in ieder geval voor de hand om te veronderstellen dat soorten die slecht nattigheid verdragen (in de winter), het moeilijker zullen krijgen. Voorbeelden van dergelijke soorten zijn *Lavatera*, *Ceanothus*, *Lavandula* en *Caryopteris*. Overigens zijn door cultuurmaatregelen zoals grondverbetering en aanbrengen van goede drainage de overlevingskansen van deze gewassen in natte winters flink te vergroten. Daarmee zal het Nederlandse klimaat zeker nog voldoende levenskansen blijven bieden aan deze soorten.

De klimaatfactor die op kortere termijn (komende decennia) waarschijnlijk de meest beperkingen gaat geven voor ons sortiment is die van de voorspelde extremen. Denk daarbij aan perioden met droogte, stortregens, hevige wind, hittegolven en zeer milde periodes in de winter afgewisseld met flinke vorst. Onder het kopje "Extreme weersomstandigheden als selectiecriteria" wordt hierop verder ingegaan.

Verder is het natuurlijk een relevante vraag of Nederlandse winters in de toekomst niet te mild worden voor een aantal gewassen. In principe gaan alle planten in de gematigde streken in winterrust. Dit gebeurt onder invloed van het korter worden van de dagen en het afnemen van de temperatuur in het najaar (zie kader "Fysiologische achtergronden winterhardheid": Opbouw en afbraak van winterrust). Lage wintertemperaturen zorgen ervoor dat de winterrust weer opgeheven wordt en de knoppen in het voorjaar weer kunnen uitlopen. Winterrust is enorm complex. Hoewel meer en meer bekend wordt over de rol van de temperatuur bij het ontstaan en het opheffen van de winterrust, ontbreekt ook nog veel kennis, bijvoorbeeld over de relatie van de temperatuur en het opheffen van winterrust in relatie tot de diepte van winterrust op dat moment en de rol van perioden van lagere en hogere temperaturen (zie kader "Fysiologische achtergronden winterhardheid": Opbouw en afbraak van winterrust). Dit maakt het lastig om voorspellingen te doen over de invloeden van klimaatverandering op het sortiment.

Fysiologische achtergronden winterrust en vorsttolerantie

(bijdrage van dr. Ria Derkx)

Opbouw en afbraak van winterrust

Voor veel gewassen is het korter worden van de dagen in het najaar de prikkel om te stoppen met groeien en in winterrust (endodormancy) te gaan. Het lager worden van de temperatuur draagt ook bij aan het ontstaan van winterrust, evenals waterstress en lagere lichtintensiteit. Bij het ontstaan van winterrust slaan de knoppen reservestoffen op, zoals zetmeel, suikers, vetten en eiwitten. Dit is nodig voor het ontstaan en opbouwen van vorsttolerantie en om in het volgende voorjaar weer goed te kunnen uitlopen en te gaan bloeien. De winterrust wordt geleidelijk gebroken door lage temperaturen, waarbij zogenaamde koude-eenheden worden opgebouwd. Aanvankelijk is uitgegaan van lineaire modellen waarbij koude-eenheden worden opgebouwd onder een bepaalde kritische temperatuur. Over het algemeen zijn temperaturen onder 7°C effectief. Temperaturen boven 7°C en temperaturen onder 0°C dragen niet bij aan het voldoen van de koudebehoefte (Arora e.a., 2003). In fruitbomen is gebleken dat temperaturen tussen 5 en 7°C de winterrust beter breken dan een temperatuur van 0°C. Tegenwoordig wordt uitgegaan van dynamische niet-lineaire modellen. Aspecten zoals het startpunt van de koude-accumulatie, verschillen tussen dag- en nachttemperatuur en temperatuurgevoeligheid afhankelijk van de diepte van de winterrust, moeten meegenomen worden, maar zijn vaak nog verre van opgehelderd. Ook effecten van hogere temperaturen op de opbouw van de koude-accumulatie moeten meegenomen worden. Afhankelijk van de soort en de diepte van de rust kunnen hogere temperaturen het aantal

opgebouwde koude-eenheden weer doen afnemen.

De koudebehoefte verschilt van soort tot soort. Soms is enkele dagen kou al voldoende, maar vaak zijn enkele maanden koude nodig. Appelbomen bijvoorbeeld hebben 1000-1400 uur koude nodig. Als de winterrust gebroken is, komen de knoppen in een toestand van zogenaamde opgelegde rust (ecodormancy). Dit betekent dat ze in staat zijn uit te lopen, maar dit nog niet doen omdat de temperatuur nog te laag is. Pas als de temperatuur in het voorjaar oploopt, gaan de knoppen uitlopen. Knoppen die nog echt in winterrust zijn, kunnen daarentegen niet uitlopen als de temperatuur gaat stijgen.

Het ontstaan, het handhaven en het opheffen van de winterrust is extreem ingewikkeld (Pallardy, 2008). Lang is aangenomen dat plantenhormonen een sturende rol spelen. Abscisinezuur zou een rol spelen bij het ontstaan van rust en gibberellinen zouden een rol spelen bij het opheffen van rust. Inmiddels zijn de nodige vraagtekens hierbij ontstaan. Zo heeft onderzoek in *Betula* laten zien dat ook zonder abscisinezuur winterrust kan ontstaan (Welling e.a., 1997; Rinne e.a., 1998). Gibberellinen waren pas in staat de knoprust op te heffen na een koude periode (Pallardy, 2008). Hormonen kunnen nog wel steeds een indirecte rol spelen.

Vorsttolerantie

Winterrust is een voorwaarde voor het ontstaan van vorsttolerantie en winterhardheid. De eerste fase van afharding vindt al plaats bij temperaturen van 10-20°C in de herfst als de dagen korter worden. In deze fase vindt ophoping van reservezetmeel en neutrale vetten plaats. De tweede fase van afharding vindt plaats bij temperaturen van 5°C en lager. In deze fase ondergaan eiwitten en vetten in celmembranen veranderingen die leiden tot soortafhankelijke maximale hardheid. Enkele dagen 5°C zorgt al voor het ontstaan van vorsttolerantie. Om maximale vorsttolerantie te krijgen moet de temperatuur lager worden dan 0°C (Sakai en Larcher, 1987; Salisbury en Ross, 1992).

Wanneer de temperatuur gedurende één week lager is dan 0°C, is de vorsttolerantie flink toegenomen. Wanneer in het voorjaar de temperatuur weer toeneemt, neemt de vorsttolerantie weer af. Vorstschade treedt vaak op na



6. Winterrust en vorsttolerantie hebben complexe fysiologische achtergronden (*Ilex aquifolium*).

een periode met hoge temperatuur in het voorjaar, waarin de vorsttolerantie sterk is gedaald. Enkele dagen koude kan de vorsttolerantie weer herstellen. In de winter wanneer de knoppen nog diep in rust zijn, heeft een korte periode van hogere temperaturen nauwelijks effect op de vorsttolerantie, waardoor erop volgende vorst geen schade geeft. Herstel van vorsttolerantie is niet altijd mogelijk. Wanneer de blad- en bloemknoppen al begonnen zijn met uitlopen in het voorjaar, is herstel van vorsttolerantie niet of nauwelijks meer mogelijk. Actief groeiende planten zijn immers niet vorsttolerant. Temperaturen net onder 0°C kunnen dan al schade geven of zijn zelfs fataal.

De leeftijd van een plant kan invloed hebben op de mate van vorstgevoeligheid. Er zijn soorten waarin jonge planten gevoeliger zijn voor vorst dan volwassen planten, bijvoorbeeld *Quercus ilex* en *Abies nordmanniana*. Het omgekeerde komt ook voor, bijvoorbeeld in *Protea*. Er zijn ook soorten, waarbij de vorsttolerantie van jonge en volwassen planten vergelijkbaar is, bijvoorbeeld in vele soorten van *Pinus*, *Picea*, *Abies* en *Malus* (Sakai en Larcher, 1987; Climent e.a., 2009). Heel oude bomen kunnen minder goed afharden. Na een strenge winter laten deze vaak schade zien. Tot nu zijn de fysiologische achtergronden van leeftijd-gerelateerde verschillen in vorstgevoeligheid nog nauwelijks bekend.

Invloed mildere winters op winterrust en vorsttolerantie

Planten kunnen alleen overleven als hun jaarlijkse cyclus van groei en rust gesynchroniseerd is met het klimaat ter plekke. Tijdstippen van in- en uit rust gaan zijn sterk genetisch bepaald. Sommige soorten of populaties kunnen nog steeds groeien onder de veranderende omstandigheden of zich hieraan aanpassen, terwijl anderen dit niet kunnen.

Een gemiddelde stijging van de temperatuur heeft invloed op de lengte van het groeiseizoen en kan gevolgen hebben voor het ontstaan en het opheffen van de winterrust. Diverse studies geven aan dat de voorspelde toename in temperatuur kan leiden tot het vroeger uitlopen van de knoppen. Dit is bijvoorbeeld gevonden in *Picea abies* (Sogaard e.a. 2008). Vroeger uitlopen levert een groter risico op vorstschade in het voorjaar, omdat de vorsttolerantie dan laag is (zie kader "Vorsttolerantie"). Andere studies, bijvoorbeeld in *Alnus glutinosa* en *Betula spp.* (Heide, 2003; Junttila e.a., 2003), geven aan dat hogere temperaturen in het najaar juist leiden tot diepere knoprust, waardoor meer koude nodig is om uit rust te komen. Het uitlopen van de knoppen in het voorjaar vindt dan juist later plaats.

Wanneer de temperatuur in het najaar en/of in de winter in de toekomst gemiddeld enkele graden stijgt, kan de mate van vorsttolerantie lager zijn (Saxe e.a., 2001). Ook schommelingen in vorsttolerantie kunnen groter zijn, wat het risico op schade bij plotseling sterk dalende temperaturen doet toenemen.

Koude-minnende soorten in warmer wordend klimaat

In grote lijnen groeien planten uit gematigde streken niet of slecht in de tropen en subtropen. Uit voorgaande blijkt dat dit vooral te maken heeft met de benodigde tijdelijk lage temperatuur van 0-7°C voor het in winterrust gaan (zie kader fysiologische achtergronden; opbouw en afbraak van winterrust). Dit betekent dat vanaf USDA-zone 11-12 (subtropen) deze prikkel structureel onvoldoende gegeven wordt (zie tabel 1). Ook in USDA zone 10 zullen er jaren bijzitten dat de wintertemperatuur te hoog blijft. Daar voor 2050 de voorspelling is dat Nederland overwegend in USDA-zone 8 en 9a komt te liggen, zal er voor de meeste soorten nog voldoende koude aanwezig zijn voor gewassen om in winterrust te gaan. De komende decennia zullen dus de hogere wintertemperaturen voor de meeste boomkwekerijgewassen in Nederland

geen problemen geven voor het in winterrust gaan. Wel kunnen er bij sommige soorten problemen ontstaan bij het breken van de winterrust, vooral bij die soorten die veel koude(uren) nodig hebben. De stijging in temperatuur kan gevolgen hebben voor het tijdstip waarop knoppen in- en uit winterrust gaan en dit heeft consequenties voor de vorsttolerantie. Bij soorten die dan eerder uit rust komen, zoals coniferen, is de kans op vorstschade groter. De verwachte grotere schommelingen in temperatuur kunnen ervoor zorgen dat de vorstschade groter is. Op de langere termijn zullen bovengenoemde risico's steeds groter worden.

Extreme weersomstandigheden als selectie-criterium

Extreme periodes zoals genoemd onder het kopje "Klimaatverandering tot nu toe" zullen steeds vaker voorkomen en nog heftiger worden. Deze

extremen zijn divers, grillig en onvoorspelbaar. Dit maakt het niet mogelijk om in detail te voorspellen welke soorten het wel of niet goed doen. In het algemeen is wel te zeggen dat soorten die geen hoge eisen stellen, minder te lijden zullen hebben van het steeds grilliger wordend klimaat. Soorten of ecosystemen die hele specifieke eisen stellen, zoals vochtminnende soorten of vochtige ecosystemen zijn erg kwetsbaar en zullen het moeilijk krijgen, zowel in de natuur als in onze tuinen en plantsoenen ^(Bodegom et al., 2011). Dit geldt ook voor soorten die kortstondig wateroverschot slecht verdragen of soorten die temperatuur- of andere weerfluctuaties slecht verdragen.

Voor onze boomkwekerijgewassen zullen cultuurmaatregelen en nieuwe technieken ingezet kunnen worden om planten te helpen of te beschermen. Veel hiervan worden al gebruikt zoals irrigatie, drainage, wateropvangsystemen, schaduwdoek en overwintering in koelcellen. Omdat genoemde extreme weersomstandigheden divers zijn en onregelmatig en slechts sporadisch voorkomen, kan toepassing van de juiste maatregel op het juiste moment ervoor zorgen dat een soort de moeilijke periode overbrugt en daarna wellicht weer jaren op eigen benen kan overleven. Daarbij kunnen ook nieuwe communicatiemiddelen zoals social media een goede rol vervullen voor het geven van waarschuwingen en tips op het juiste moment. Verwacht kan worden dat door genoemde cultuurmaatregelen en het bestaan van uiteenlopende (beschutte) standplaatsen, grootschalige (landelijke) uitval kan worden beperkt, maar dat op kleinere schaal vaak en veel schade zal optreden van uiteenlopende aard en aan uiteenlopende gewassen.

Droogte en vochttolerantie

Van bovengenoemde extreme weersomstandigheden geven vooral tijdelijk neerslagoverschot en neerslagtekort grote beperkingen aan de plantengroei.

Wat betreft het neerslagtekort wordt in Duits onderzoek van Roloff et al (2009) droogtestress van planten, naast de winterhardheid, gezien als belangrijkste beperkende factor voor de komende decennia. Voor de stedelijke omgeving wordt dit extra versterkt door het droge stadsklimaat. Droogtetolerante bomen en struiken zijn in de komende decennia in het voordeel, vooral in de stedelijke omgeving. In het onderzoek wordt middels een zg. klimaatsoortenmatrix een groot aantal bomen en grote struiken ingedeeld in 16 klassen, naar droogtetolerantie en winterhardheid. Ook voor Nederland geeft



7. Soorten die hele specifieke eisen stellen, zoals deze vochtminnende *Primula florindae*, zullen het steeds moeilijker krijgen.

het handige informatie, vooral de informatie over droogtetolerantie bij soorten. De maat van winterhardheid daarentegen is minder relevant voor Nederland omdat de winterhardheidscriteria anders zijn vanwege ons mildere klimaat. Wat betreft de droogtetolerantie is de relevantie nog wel afhankelijk van het al dan niet wijzigen van het luchtstromingspatroon in de zomer; vooral in de KNMI'06 klimaatscenario's W+ en G+ zal er regelmatig behoorlijk neerslagtekort zijn in het groeiseizoen. Soorten die slecht tegen (tijdelijke) droogte kunnen, zoals *Acer pseudo-platanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Alnus glutinosa*, *Betula utilis*, *Prunus padus* en *Ulmus × hollandica*, zijn vooral bij deze klimaatscenario's in het nadeel. Tabel 6 geeft de lijst van soorten met mate van droogtetolerante soorten volgens de gegevens van Roloff et al (2009). Het betreft hier overigens overwegend bomen en grote struiken.

Ook een zekere vochttolerantie gedurende bepaalde tijd zal de overlevingskansen van toekomstig sortiment vergroten. Dit is overigens van minder groot belang dan droogtetolerantie omdat een goed gedraineerde bodem veel leed kan voorkomen.

Tabel 6: Tabel droogteresistente bomen en enkele grote struiken. Vooral bij KNMI'06 G+ en W+ klimaatscenario zullen droogtetolerante soorten in het voordeel zijn. Informatie droogteresistentie afkomstig uit Roloff et al (2009).

Verklaring tabel: ++ = zeer droogtetolerant; + = droogtetolerant

Soort	Droogte-tolerantie	Soort	Droogte-tolerantie
<i>Acer buergerianum</i>	+	<i>Cupressus sempervirens</i>	++
<i>Acer campestre</i>	++	<i>Cytisus scoparius</i>	+
<i>Acer cappadocicum</i>	+	<i>Diospyros lotus</i>	++
<i>Acer monspessulanum</i>	++	<i>Diospyros virginiana</i>	+
<i>Acer negundo</i>	++	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	++
<i>Acer opalus</i>	++	<i>Elaeagnus commutata</i>	++
<i>Acer platanoides</i>	+	<i>Eucommia ulmoides</i>	+
<i>Acer rubrum</i>	++	<i>Forsythia suspensa</i>	+
<i>Acer tataricum</i>	++	<i>Fraxinus angustifolia</i>	++
<i>Acer ×zoeschense</i>	++	<i>Fraxinus excelsior</i>	+
<i>Aesculus ×carnea</i>	+	<i>Fraxinus ornus</i>	++
<i>Ailanthus altissima</i>	++	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	+
<i>Alnus cordata</i>	+	<i>Fraxinus quadrangulata</i>	++
<i>Alnus incana</i>	++	<i>Fraxinus xanthoxyloides</i>	++
<i>Alnus ×spaethii</i>	+	<i>Ginkgo biloba</i>	++
<i>Amelanchier arborea</i>	+	<i>Gleditsia japonica</i>	++
<i>Amelanchier rotundifolia</i>	++	<i>Gleditsia sinensis</i>	++
<i>Betula pendula</i>	+	<i>Gleditsia triacanthos</i>	++
<i>Broussonetia papyrifera</i>	+	<i>Gymnocladus dioica</i>	+
<i>Buxus sempervirens</i>	++	<i>Hippophae rhamnoides</i>	+
<i>Caragana arborescens</i>	++	<i>Idesia polycarpa</i>	++
<i>Carpinus betulus</i>	+	<i>Juniperus communis</i>	++
<i>Carpinus orientalis</i>	++	<i>Juniperus oxycedrus</i>	++
<i>Carya glabra</i>	++	<i>Juniperus rigida</i>	++
<i>Carya ovata</i>	+	<i>Juniperus scopulorum</i>	++
<i>Carya tomentosa</i>	++	<i>Juniperus virginiana</i>	++
<i>Castanea sativa</i>	+	<i>Koeleria paniculata</i>	++
<i>Catalpa speciosa</i>	++	<i>Laburnum anagyroides</i>	+
<i>Cedrus libani</i>	++	<i>Ligustrum vulgare</i>	+
<i>Celtis australis</i>	++	<i>Liquidambar styraciflua</i>	+
<i>Celtis bungeana</i>	+	<i>Lonicera tatarica</i>	+
<i>Celtis caucasica</i>	++	<i>Lycium barbarum</i>	++
<i>Celtis glabrata</i>	++	<i>Lycium chinense</i>	++
<i>Celtis occidentalis</i>	++	<i>Maackia amurensis</i>	++
<i>Cercis canadensis</i>	+	<i>Maclura pomifera</i>	++
<i>Cercis siliquastrum</i>	++	<i>Mahonia japonica</i>	+
<i>Cladrastis sinensis</i>	++	<i>Malus tschonoskii</i>	+
<i>Colutea arborescens</i>	++	<i>Mespilus germanica</i>	+
<i>Cornus mas</i>	++	<i>Morus alba</i>	++
<i>Corylus colurna</i>	+	<i>Morus nigra</i>	+
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	++	<i>Nyssa sylvatica</i>	+
<i>Crataegus azarolus</i>	++	<i>Ostrya carpinifolia</i>	++
<i>Crataegus crus-galli</i>	+	<i>Ostrya virginiana</i>	++
<i>Crataegus ×lavalleyi</i>	++	<i>Paulownia tomentosa</i>	+
<i>Crataegus monogyna</i>	+	<i>Phellodendron amurense</i>	+
<i>Crataegus wattiana</i>	++	<i>Phellodendron amurense</i> var.	
<i>×Cupressocyparis leylandii</i>	+	<i>sachalinense</i>	++
<i>Cupressus arizonica</i>	++	<i>Picea omorika</i>	+

Soort	Droogte-tolerantie
<i>Pinus aristata</i>	++
<i>Pinus armandii</i>	++
<i>Pinus bungeana</i>	++
<i>Pinus coulteri</i>	++
<i>Pinus heldreichii</i>	++
<i>Pinus monophylla</i>	++
<i>Pinus mugo</i>	+
<i>Pinus nigra</i>	++
<i>Pinus peuce</i>	+
<i>Pinus ponderosa</i>	++
<i>Pinus rigida</i>	++
<i>Pinus sylvestris</i>	++
<i>Platanus ×hispanica</i>	++
<i>Platanus occidentalis</i>	+
<i>Platanus orientalis</i>	++
<i>Platycladus orientalis</i>	++
<i>Poncirus trifoliata</i>	++
<i>Populus alba</i>	++
<i>Populus ×berolinensis</i>	+
<i>Populus tremula</i>	+
<i>Prunus armeniaca</i>	++
<i>Prunus avium</i>	++
<i>Prunus cerasifera</i>	++
<i>Prunus dulcis</i>	++
<i>Prunus fruticosa</i>	++
<i>Prunus mahaleb</i>	++
<i>Prunus sibirica</i>	++
<i>Prunus spinosa</i>	++
<i>Pterocarya stenoptera</i>	+
<i>Pterostyrax hispida</i>	+
<i>Pyracantha coccinea</i>	++
<i>Pyrus calleryana</i>	++
<i>Pyrus communis</i>	+
<i>Pyrus elaeagnifolia</i>	+
<i>Pyrus pyrastrer</i>	+
<i>Pyrus salicifolia</i>	++
<i>Quercus bicolor</i>	++
<i>Quercus cerris</i>	++
<i>Quercus coccinea</i>	++
<i>Quercus frainetto</i>	++
<i>Quercus libani</i>	++
<i>Quercus macranthera</i>	++
<i>Quercus macrocarpa</i>	++
<i>Quercus marilandica</i>	+
<i>Quercus palustris</i>	+
<i>Quercus petraea</i>	+
<i>Quercus pubescens</i>	++
<i>Quercus rubra</i>	+
<i>Rhamnus cathartica</i>	++
<i>Rhus chinensis</i>	++
<i>Rhus typhina</i>	++
<i>Robinia luxurians</i>	++
<i>Robinia pseudoacacia</i>	++
<i>Robinia viscosa</i>	++

Soort	Droogte-tolerantie
<i>Rosa agrestis</i>	+
<i>Rosa canina</i>	++
<i>Rosa corymbifera</i>	++
<i>Rosa foetida</i>	++
<i>Rosa gallica</i>	++
<i>Rosa glauca</i>	+
<i>Rosa rubiginosa</i>	++
<i>Rosa tomentosa</i>	++
<i>Salix caprea</i>	+
<i>Sophora japonica</i>	++
<i>Sorbus ×thuringiaca</i>	++
<i>Sorbus aria</i>	++
<i>Sorbus domestica</i>	++
<i>Sorbus intermedia</i>	+
<i>Sorbus latifolia</i>	++
<i>Sorbus torminalis</i>	++
<i>Syringa ×persica</i>	++
<i>Syringa vulgaris</i>	+
<i>Tamarix ramosissima</i>	++
<i>Tamarix tetrandra</i>	++
<i>Tilia cordata</i>	+
<i>Tilia ×europaea</i> ‘Euchlora’	+
<i>Tilia mandshurica</i>	++
<i>Tilia tomentosa</i>	++
<i>Ulmus parvifolia</i>	+
<i>Ulmus pumila</i>	++
<i>Viburnum lantana</i>	++
<i>Zelkova serrata</i>	+



8. Droogteresistente gewassen zoals deze *Robinia pseudoacacia* zijn de komende decennia waarschijnlijk in het voordeel.

Ziekten en plagen als selectie criterium

Een andere factor die meespeelt is het optreden van ziekten en plagen. Ook de organismen die ziekten en plagen veroorzaken worden beïnvloed door klimaatverandering. Er zal een verschuiving plaatsvinden naar soorten die profiteren van hogere temperaturen (daarnaast speelt overigens ook vochtigheid een belangrijke rol). Ziekten en plagen kunnen in het voorjaar met een omvangrijker populatie of inoculum starten, doordat er meer kans tot overleving zijn. Door de hogere temperaturen zullen er meer cycli van de ziekten en plagen per jaar zijn. Ook de werking van gewasbeschermingsmiddelen wordt beïnvloed. Opvallend is dat we de afgelopen jaren regelmatig te maken hebben met plotseling opkomende ziekten of plagen en dat deze ook behoorlijk verwoestend kunnen zijn. Denk daarbij aan de bloedingsziekte bij *Aesculus*, Massaria bij *Platanus*, Taksterfte bij *Buxus* en de Essensterfte bij *Fraxinus*. Van de eikenprocessierups is bekend dat deze profiteert van het warmere klimaat. Er wordt voor 2050 een zeer grote toename verwacht van aaltjes en plaaginsecten en een grote toename van ziekteverwekkende schimmels en bacteriën. Ziekten en plagen gaan waarschijn-

lijk een grotere rol spelen bij het succes en de overlevingskansen van onze tuin en plantsoenplanten. (diverse info uit Bouma, 2009).

Kansen voor nieuwe soorten

Vooral de gemiddeld hogere temperaturen en in het bijzonder de hogere minimumtemperaturen in de winter maken dat er kansen voor nieuwe soorten liggen voor gebruik in Nederlandse tuinen en plantsoen. De trend, die nu al is ingezet, zal zich verder voortzetten. We krijgen te maken met een meer mediterraan klimaat met droge zomers of een warmer en vochtiger Zuid-Engels of Bretons klimaat.

Veel planten die we nu als kuipplant of van vakantie in Zuid-Europa kennen zullen steeds beter buiten kunnen overleven, vooral in de kuststreek. Planten die nu al in Nederlandse kustgemeenten kunnen groeien zullen dit op termijn ook in andere delen doen. Tabel 7 geeft voorbeelden van nieuwe zachte soorten voor de toekomst. Bijna alle soorten in deze tabel zijn tevens in meer of mindere mate droogteresistent, vooral van belang bij het KNMI'06 G+ of W+ scenario.



9. *Nerium oleander*: soort voor de toekomst.



10. *Lagerstroemia indica*: soort voor de toekomst.



11. *Trachycarpus fortunei*: soort voor de toekomst.



12. *Laurus nobilis*: soort voor de toekomst.

Tabel 7: Voorbeelden van nieuwe zachte soorten voor de toekomst. Vooral bij het KNMI'06 W of W+ scenario zullen deze op termijn op steeds grotere schaal in de vollegrond in Nederland kunnen groeien; allereerst in de kustgebieden.

SOORT / CULTIVAR	USDA ZONE
LOOFHOUT	
<i>Abutilon ×suntense</i>	8b
<i>Abutilon megapotamicum</i>	8b
<i>Abutilon pictum</i>	9
<i>Acacia dealbata</i>	8b
<i>Agave americana</i>	9
<i>Antigonon leptopus</i>	8b
<i>Arbutus menziesii</i>	9
<i>Ardisia japonica</i>	8b
<i>Bambusa multiplex</i>	9
<i>Bougainvillea glabra / spectabilis</i>	9
<i>Brugmansia arborea / aurea / candida / sanguinea</i>	9
<i>Callistemon citrinus / viminalis</i>	9
<i>Casuarina equisetifolia</i>	9
<i>Cestrum parqui</i>	9
<i>Cinnamomum camphora</i>	9
<i>Citrus aurantium / ×meyeri / sinensis</i>	9

SOORT / CULTIVAR	USDA ZONE
<i>Cuphea hyssopifolia</i>	9
<i>Cycas revoluta</i>	8b
<i>Danae racemosa</i>	9
<i>Dicksonia antarctica</i>	9
<i>Diospyros kaki</i>	8b
<i>Duranta erecta</i>	8b
<i>Erythrina crista-galli</i>	9
<i>Ficus carica</i>	8b
<i>Ficus pumila</i>	8b
<i>Gardenia jasminoides</i>	8b
<i>Hibiscus mutabilis</i>	8b
<i>Hibiscus paramutabilis</i>	9
<i>Lagerstroemia indica</i>	8
<i>Lantana camara</i>	9
<i>Laurus nobilis</i>	8b
<i>Lavandula stoechas</i>	8b
<i>Leptospermum scoparium</i>	8b
<i>Ligustrum lucidum</i>	8b
<i>Loropetalum chinense</i>	8-9

SOORT / CULTIVAR	USDA ZONE
<i>Magnolia campbellii</i>	8-9
<i>Mahonia trifolia</i>	8b
<i>Melia azedarach</i>	8b
<i>Michelia figo</i>	9
<i>Musa ×paradisiaca</i>	9
<i>Musa basjoo</i>	8b
<i>Myrtus communis</i>	8b
<i>Nerium oleander</i>	8b
<i>Olea europaea</i>	8b
<i>Osmanthus fragrans</i>	8b
<i>Phormium colensoi / tenax</i>	8b
<i>Phygelius aequalis / capensis</i>	8b
<i>Pittosporum tenuifolium / tobira</i>	9
<i>Plumbago auriculata</i>	9
<i>Polygala myrtifolia</i>	9
<i>Punica granatum</i>	8b
<i>Trachelospermum jasminoides</i>	8b
<i>Trachycarpus fortunei</i>	9

SOORT / CULTIVAR	USDA ZONE
<i>Viburnum odoratissimum</i> (o.a. var. <i>awabuki</i>)	8b

VASTE PLANTEN

<i>Adiantum capillus-veneris</i>	9
<i>Agapanthus africanus</i>	9
<i>Agapanthus praecox</i>	9
<i>Agastache mexicana</i>	8-9
<i>Crassula setulosa</i>	9
<i>Cyrtomium falcatum</i>	9
<i>Pennisetum villosum</i>	8b

CONIFEREN

<i>Cupressus macrocarpa</i>	8b
<i>Podocarpus andinus / salignus</i>	8b
<i>Torreya taxifolia</i>	9

Praktische aanbevelingen en conclusies

Wat moet je nu als kweker, groenvoorziener, tuinarchitect of gebruiker met klimaatverandering? Behalve goed van het fenomeen op de hoogte zijn, bijvoorbeeld voor klantadviezen, kan ook bij bijvoorbeeld bedrijfsaanpassing of renovatie of bij het aanleggen van langjarige beplantingen hiermee al rekening worden gehouden. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies en praktische aanbevelingen

Cultuurmaatregelen

- Er zullen in de zomer vaker droge periodes voorkomen. Irrigatie op kwekerijen en in tuinen en plantsoenen zal vaker nodig zijn.
- De neerslag zal onregelmatiger en vooral in de zomer ook heftiger zijn (stortbuien). Zorg voor een goede afwatering en drainage.
- Goede opvang- en opslagsystemen voor water uit natte periodes voor gebruik in droge periodes worden belangrijker.
- Vooral vanwege de toenemende droogtestress in de stedelijke omgeving zal het nog belangrijker zijn om een voldoende ondergrondse groeiruimte te hebben, vooral bij bomen en grote struiken. Een ruim plantgat met toevoeging van goed bomenzand wordt aanbevolen.
- Vooral bij heftige buien zullen meststoffen versneld uitspoelen. Vooral op kwekerijen zal dan tijdig moeten worden bijgemest.
- Bestaande en nieuwe ziekten (aaltjes, bacteriën en schimmels) en plagen zullen vaker en langer voorkomen. Goede detectie en bes-

cherming wordt nog belangrijker.

- Kans op stormschade (vooral bij bomen) neemt toe. Houd hier rekening mee bij sortimentskeuze en aanleg.
- Vooral in de kustregio's zal een toenemend verziltingsprobleem ontstaan door stijging van de zeespiegel. Voor meer informatie, zie artikel over zoutgevoeligheid in Dendroflora 47.
- Waarschuwingssystemen voor tijdig nemen van cultuurmaatregelen worden nog belangrijker. Social media kunnen hier een belangrijke rol in gaan spelen.
- Goede voorlichting wat betreft juiste gebruikswijze en risico's wat betreft winterhardheid aan gebruikers kunnen eventuele schades verantwoorden.
- Veel gewassen zullen langer en meer/beter groeien door het langere groeiseizoen en een hogere gemiddelde temperatuur.

Sortimentskeuze en gebruik

- Door hogere (winter)temperaturen kunnen steeds zachtere boomkwekerijgewassen in Nederland groeien. Er zijn vooral kansen voor de meer zuidelijke/mediterrane soorten.
- Het sortiment wordt hierdoor verbreed; er vallen maar weinig soorten af en er komen er vele bij.
- Kustgemeenten zijn belangrijke proeflocaties voor zachter sortiment. Dit zijn immers de mildste regio's van ons land. Ze kunnen dienen als voorbeeld voor de toekomst van andere steden en regio's.
- De stedelijke omgeving is warmer dan het

omringende platteland. Vooral in binnensteden van grote steden kunnen hierdoor nog zachtere soorten groeien.

- Concessies t.a.v. de winterhardheid moeten ook weer niet te groot zijn vanwege de blijvende kans op incidentele lage temperaturen in de winter (bv. de winter 2011-2012).
- Met goedkope en gemakkelijk vervangbare soorten zoals vaste planten en kleine heesters kun je meer risico's nemen dan met bijvoorbeeld dure langlevende bomen.
- Er zullen in de zomer vaker en langere periodes van droogte voorkomen (vooral bij de KNMI'06 klimaatscenario's G+ en W+). Dan zullen droogtebestendige soorten in het voordeel zijn.
- In de stedelijke omgeving zijn droogtebestendige soorten sowieso in het voordeel, vooral als ze tussen de bestrating staan (waarbij veel water wordt afgevoerd).
- Door het natter worden van de winters zullen soorten die slecht tegen nattigheid kunnen in het nadeel zijn.
- Door het vaker optreden van steeds extremere klimaatomstandigheden (droogte, stortbuien, storm, temperatuurfluctuaties, etc.) zijn sterke en robuuste soorten, die qua omstandigheden tegen een stootje kunnen, in het voordeel. Soorten die specifieke omstandigheden eisen, bijvoorbeeld qua vochtvoorziening, zijn in het nadeel.
- De komende decennia zullen (vooral bij de W-scenario's) sommige soorten vaker onvoldoende koude krijgen om uit winterrust te gaan. Dit zal in eerste instantie in de kustregio's spelen. Dit zorgt voor beperkingen bij het te gebruiken sortiment.
- Spreid de risico's qua sortimentsgebruik. Door extreme weersomstandigheden en nieuwe ziekten en plagen zijn schades deels onvoorspelbaar. Gebruik van teveel dezelfde soorten of cultivars is risicovol. Hoe meer soorten in een beplanting aanwezig zijn, hoe stabiel het systeem als geheel is voor wat betreft weerstand tegen ziekten en plagen.
- Sortiments- en gebruikswaarde-onderzoek is gezien het veranderend klimaat van extra belang. Vooral omdat veel nieuwe soorten in aanmerking komen waarmee in Nederland nog weinig ervaring is opgedaan.

Met dank aan

Bij het schrijven van dit artikel is dankbaar gebruikt gemaakt van kennis en ervaring van diverse mensen. Onder andere voor het weer- geven van ervaringen van gemeenten, kwek-

ers en arboreta. Praktijkervaring werd gegeven door Michiel de Ruiter, Harm Horlings, Mark Bulk, René Hoogendoorn, Pieter van den Berk, Dr. Piet de Jong, Ir. Hans Janssen en Ing. Gert Fortgens. Verder gaf Dr. Ria Derkx nuttige informatie wat betreft de fysiologische aspecten van winterhardheid.

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

Literatuur:

- ADOLPHI, K. (1995): Neophytische Kultur- und Anbaupflanzen als Kulturflüchtlinge des Rheinlandes – Nardus 2, Wiehl: Martina Galunder.
- ANDEWEG, R.W.G. (2000): Muurplanten in de stad – De levende natuur 101, nr. 6, p. 205-206.
- ARORA, R., ROWLAND, L.J. EN TANINO, K. (2003): Induction and release of bud dormancy in woody perennial: a science comes of age. HortScience 38(5): 911-921.
- BENNINK, P. (2011): GrootGroenPlus toont ontwikkelingen in het sortiment: interview met Marco Hoffman over ontwikkelingen in het sortiment - Tuin en Landschap 33 (22), p. 10-13.
- BERGMANS, J. (1939): Vaste planten & Rot-sheesters – J.H. Faassen-Hekkens Boomkwekerijen, Tegelen, 2de druk, 978 p.
- BODEGOM, P.M. H., VAN; VERBOOM-VASJIEV H.; WITTE, J.P.M. C.C.; VOS, C.C.; BARTHOLOMEUS, R.; CORMONT A.; GEERSTEMA W. & VAN DER VEEN M. (2011): Vochtige ecosystemen kwetsbaar. Landschap 282: 92-103
- BOUMA, E. (2009): Klimaatverandering en Plantgezondheid – Gewasbescherming jaargang 40, nr 5, september 2009, p. 229-237.
- BRESSER, A.H.M., BERK, M.M., BORN, G.J. VAN DEN BREE, L., GAALLEN, F.W. VAN, LIGTVOET, W., MINNEN, J.G. VAN EN WITMER M.C.H. (2005): Effecten van klimaatverandering in Nederland – Milieu en Natuurplanbureau, Bilthoven, 111 p.
- BUISHAND, A., BRANDSMA, T., DE MARTINO, G. & SPREEUW, H. (2011) Ruimtelijke verdeling van neerslagtrends in Nederland in de afgelopen 100 jaar - KNMI, De Bilt (artikel op website www.knmi.nl), 21 december 2011.
- CATHEY HM. (1990): USDA Plant Hardiness Zone Map – USDA Miscellaneous publication no. 1475.
- (Online: <http://www.usna.usda.gov/Hardzone/ushzmap.html>).
- CHEN, I-CHING; HILL, JANE K.; OHLEMÜLLER, RALF; ROY, DAVID B. & THOMAS, CHRIS D. (2011): Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming - Science 19 August 2011: Vol. 333, nr. 6045, p. 1024-1026.
- CLIMENT, J., COSTA E SILVA, F., REGINA CHAMBEL,

- M., PARDOS, M. & ALMEIDA, M.H. (2009): Freezing injury in primary and secondary needles of Mediterranean pine species of contrasting ecological niches - *Annals of Forest Science* 66: 407-414.
- COBBEN, M.M.P. (2012): Adapt, move or perish. The interaction of genetics and demography in fragmented populations under climate change – Thesis Wageningen University, Wageningen UR, 132 p.
- DALY, C., WIDRLECHNER, M.P., HALBLEIB, M.D., SMITH, J.I. & GIBSON, W.P. (2012): Development of a New USDA Plant Hardiness Zone Map for the United States – *Journal of Applied Meteorology and climate*, vol. 51, p. 242-264
- DENTERS, T. (2004): *Stadsplanten* – Uitgeverij Fontaine, 's Gravelande, 432 p..
- DENTERS, T. (2011): *De nieuwe Amsterdammers* – Floron, 16 p.
- DIRVEN-VAN BREEMEN, E.M., HOLLANDER, A. & CLAESSENS, J.W. (2011): *Klimaatverandering in het stedelijk gebied* – RIVM-rapport 607050008/2011, 65 p.
- HEIDE, O.M. (2003): High autumn temperature delays spring bud burst in boreal trees, counterbalancing the effect of climatic warming. *Tree Physiology* 23: 931-936.
- HEINZE, W., & SCHREIBER, D. (1984): Eine neue Kartierung der Winterhärtezonen für Gehölze in Europa - *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.*, 75, 11–56.
- HENDRIKS, W.J. (1940): *Onze loofhoutgewassen* – H. Veenman & Zonen, Wageningen, 628 p.
- HIEMSTRA, J. & SLUIS, B. VAN DE (2009): *Klimaatverandering en het Nederlandse laanboemensortiment* – rapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 21 p.
- HOFFMAN, M. (2011): *Inheemse en uitheemse plantensoorten voor stad en landschap* – brochure Plant Publiciteit Holland, 33 p.
- HOFFMAN, M.H.A. & RAVESLOOT, M. (2002): *Winterhardheid van boomkwekerijgewassen* – Boomteeltpraktijkonderzoek.
- HURK, B. VAN DEN, A. KLEIN TANK, A. LENDERINK, G. VAN ULDEN, A. VAN OLDENBORCH & G.J. KATSMAN (2006): *KNMI Climate Change Scenario's 2006 for the Netherlands* – The Royal Meteorological Institute for the the Netherlands (KNMI), De Bilt.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007; The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*.
- JUNTILA, O., NILSEN, J. EN IGELAND, B. (2003): Effect of temperature on the induction of bud dormancy in ecotypes of *Betula pubescens* and *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 208-217.
- KNMI (2008): *De toestand van het klimaat in Nederland 2008* - KNMI, De Bilt, 47 p.
- KNMI (2009): *Klimaatschetsboek Nederland: het huidige en toekomstige klimaat* - KNMI, De Bilt. Publicatie nr. 223.
- KUTTNER, W. (1993): *Stadtklima* – in H. Sukkop & R. Wittig (Eds.), *Stadtökologie*, p. 113-153., Stuttgart: Fischer Verlag.
- LANDSBERG, H. (1981): *The urban climate* – International Geophysics Series 28, New York, Academic Press
- LENOIR, J.; GÉGOUT, J. C.; MARQUET, P. A.; RUFFRAY, P. de & BRISSE, H. (2008): A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century - *Science* 27 Vol. 320, nr. 5884 p. 1768-1771.
- LINDE, B. TE & BERG, L-J. VAN DEN (2010): *Muurplanten in Gelderland* - Stichting Berglinde, 2010.
- MAGAREY, ROGER D., BORCHERT DANIEL M. & SCHLEGEL, JAY W. (2008): Global plant hardiness zones for phytosanitary risk analysis - *Sci. agric.*, vol.65, Dec. 2008.
- MEIJDEN, R. VAN DER & GILLIS, J.E.M. (1995): De samenstelling van de Nederlandse Flora gerelateerd aan de kans op uitsterven (verdwijnen) van plantensoorten in de 20e eeuw – In: E.J. van Nieukerken & A.J. van Loon (red.), *Biodiversiteit in Nederland*. Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden: 29-42.
- PALLARDY, S.G. (2008): *Physiology of woody plants*. Third edition. Academic Press, Burlington, USA.
- PARMESIAN, C. & YOHE, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems - *Nature* 421, 37–42.
- RINNE, P., WELLING, A. EN KAIKURANTA, P. (1998): Onset of freezing tolerance in birch *Betula pubescens* involves LEA proteins and osmoregulation and is impaired in an ABA-deficient genotype. *Plant, Cell & Environment* 20: 1199-2004.
- ROLOFF, A. & BÄRTELS, A. (2001): *Gärtenflora*, Band 1 - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 694 p..
- SAKAI, A. EN LARCHER, W. (1987): *Frost survival of plants*. Springer, Berlin.
- SALISBURY, F.B. EN ROSS, C.W. (1992): *Plant Physiology*. Fourth Edition. Wadsworth Publishing Company, California, 635 p.
- SAXE, H., CANNELL, G.R., JOHNSEN, Ø, RYAN, M.G. EN VOURLITIS, G. (2001): Tree and forest functioning in response to global warming.
- SØGAARD, G., JOHNSEN, Ø., NILSEN, J. EN JUNTILA, O. (2008): Climatic control of bud burst in young seedlings of nine provenances of Norway

spruce. Tree Physiology 28: 311-320.

STEENVELD, G.J.; KOOPMANS, S.; HEISINKVELD, B.G.; HOVE, L. W. A. VAN & HOLTSLAG, A. A. M. (2011): Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands – Journal of Geophysical Research, Vol. 116., D20129.

SUKKOPP, H. & WURZEL, A. (2003): The effects of climate change on the vegetation of Central European Cities – Urban Habitats 1, december 2003.

WELLING, A., KAIKURANTA, P EN RINNE, P. (1997): Photoperiodic induction of dormancy and freezing tolerance in *Betula pubescens*. Involvement of ABA and dehydrins. Physiologia Plantarum 100: 119-125.

Websites:

<http://planthardiness.ars.usda.gov>

www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

www.floron.nl

www.nappfast.org/Plant_hardiness

www.natuurkalender.nl

www.soortenbank.nl

www.uk.gardenweb.com/forums/zones

<http://waarneming.nl>

www.ipcc.ch

Summary

Our climate is changing, there is no doubt about that. The Netherlands are getting warmer, winters will be wetter, and there will be periods of extreme drought, rainfall or heat more often. This influences plant growth, both of natural vegetation and of cultivated plants used in gardens and parks. This article discusses the consequences of climate change for nursery stock. The first part is about climate and climate change. In what way will our climate change? Which role will the urban environment and the city climate play? The second part is about the USDA system of winter hardiness zones for plants, which is commonly used all over the world. How does it work, and what influence will climate change have on this system? The third part is about changes in the nursery stock assortment. Which selection criteria will become more important? Which species will become less suitable, and the chances of which species will improve in the next decades? The physiological backgrounds are also explained. In the end, we give conclusions and practical recommendations, which are especially relevant for growers, landscapers, garden architects and consumers.