

# Klimaatverandering en de gevolgen voor het landschap

## CSI Trees: klimaatbomen met toekomst

TCO Werkgroep Onderzoek & Innovatie

Marc Ravesloot dd. 10 februari 2025





## Nieuwe KNMI-klimaatscenario's: 'Nederland moet zich voorbereiden op zwaardere weersextremen'

09 oktober 2023

**D**e nieuwe nationale klimaatscenario's laten zien wat Nederland en Caribisch  
Nederland de komende decennia te wachten staat aan klimaatverandering

# Waarom de naam?

## CSI Trees: klimaatbomen met toekomst

- ✓ CSI staat ook voor Citizen Science Investigator oftewel **de burger betrekken** bij wetenschap om hen actief in contact brengen met kwesties die hun dagelijkse gezondheid en de kwaliteit van hun lokale omgeving beïnvloeden.

CSI Trees onderzoekt waardering van bomen door bewoners

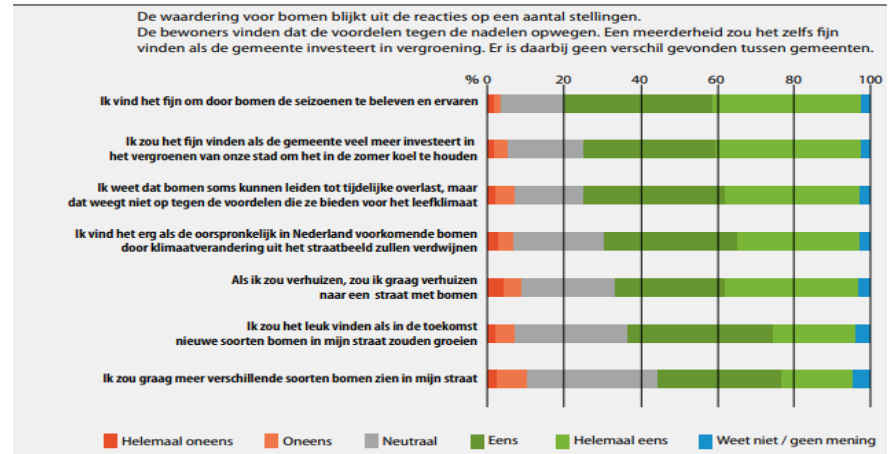
## Bewoners vinden vooral bloesem, herfstkleur en biodiversiteit belangrijk

De onderzoekers van het project CSI Trees zoeken naar de stadsbomen van de toekomst. Welk sortiment geschikt is, wordt niet alleen bepaald door droogte-, zout- of hittetolerantie, maar ook door de waardering door bewoners. Dit artikel vat de resultaten samen van onderzoek naar de beleving van stadsbomen door burgers.

TEKST M. Goossen, M. Ravesloot, K. de Rosa Spierings en G. Dijksterhuis BEELD Wageningen UR

gename geur positief beoordelen. Al dan niet eetbare vruchten en meerstammigheid genieten in het algemeen juist niet de voorkeur.

Een ovale/eironde kroonvorm geniet de meeste voorkeur (22,4%) alhoewel de inwoners ook gecharmeerd zijn van een variatie aan kroonvormen (22%). Naast de ovale vorm wordt ook de ronde vorm gewaardeerd (16%). Andere vormen zoals zuilvormig, afgeplat bolvormig, kegelvor-



## Vanwaar de naam CSI Trees?

### CSI Trees: klimaatbomen met toekomst

- ✓ CSI-Trees is de projectnaam die in overdrachtelijke zin de specifieke speurtocht met **focus** naar nieuwe klimaatbestendige boomsoorten weergeeft, met daarbij de burgerwensen niet uit het oog verliezend.

**Belangrijke eigenschappen** • Het is belangrijk welke eigenschappen van bomen door mensen positief of negatief gewaardeerd worden, maar vooral als ze die eigenschappen ook belangrijk vinden. Bloesem scoort hier het hoogst. Kroonvorm en uiterlijk van de stam een stuk minder.

Eigenschap	Score*
Bloesem in het voorjaar	0,37
Herfstkleur	0,34
Vergroten biodiversiteit	0,33
Bladhoudend in de winter	0,24
Aangenaam geurend	0,21
Geen overlast veroorzakend	0,19
Hoogte	0,18
Geen allergie veroorzakend	0,17
Grote bladeren	0,15
Loofboom	0,11
Voor de mens eetbare vruchten en fruit	0,07
Kroonvorm	0,05
Kroondichtheid	0,04
Voor de mens niet eetbare vruchten	0,04
Meerstammige straatbomen	0,02
Naaldboom	0,01
Kleur van de stam	0,01
Boomschors	0

\* Berekende gewogen score

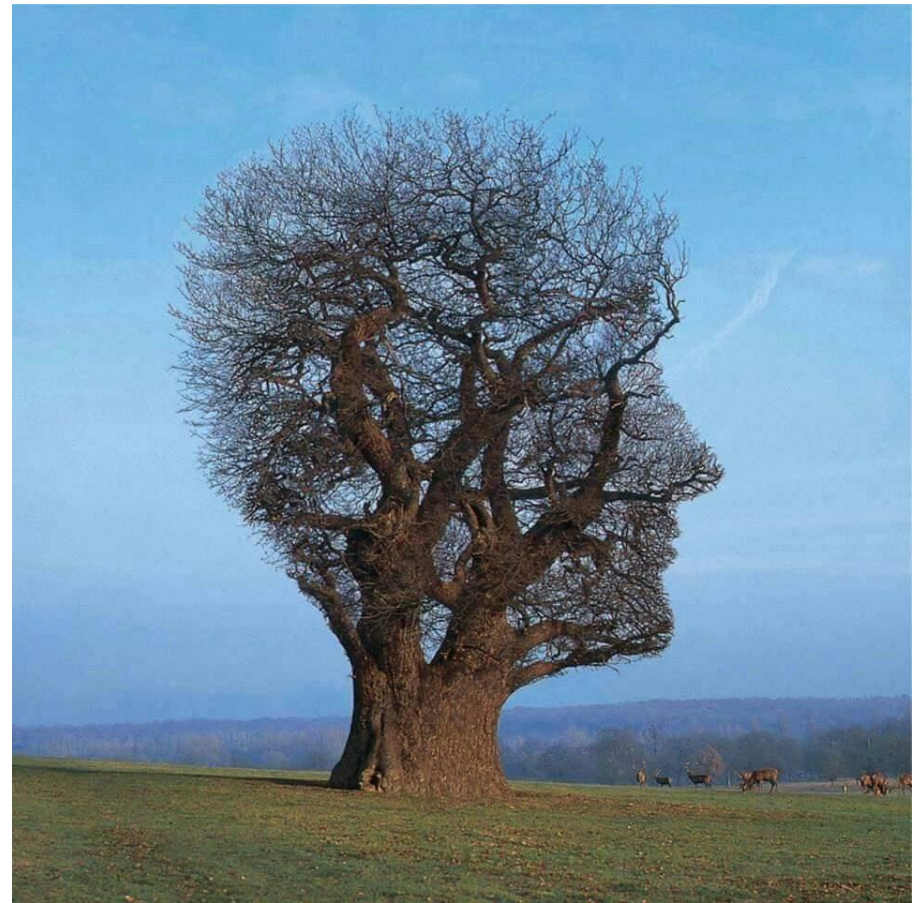


Bloesem is de eigenschap die door mensen het meest gewaardeerd wordt.

# Ook deze boom heeft geen tijd meer om lang na te denken

Door de snel veranderende omstandigheden  
overschrijden stadsbomen hun  
klimaattolerantie

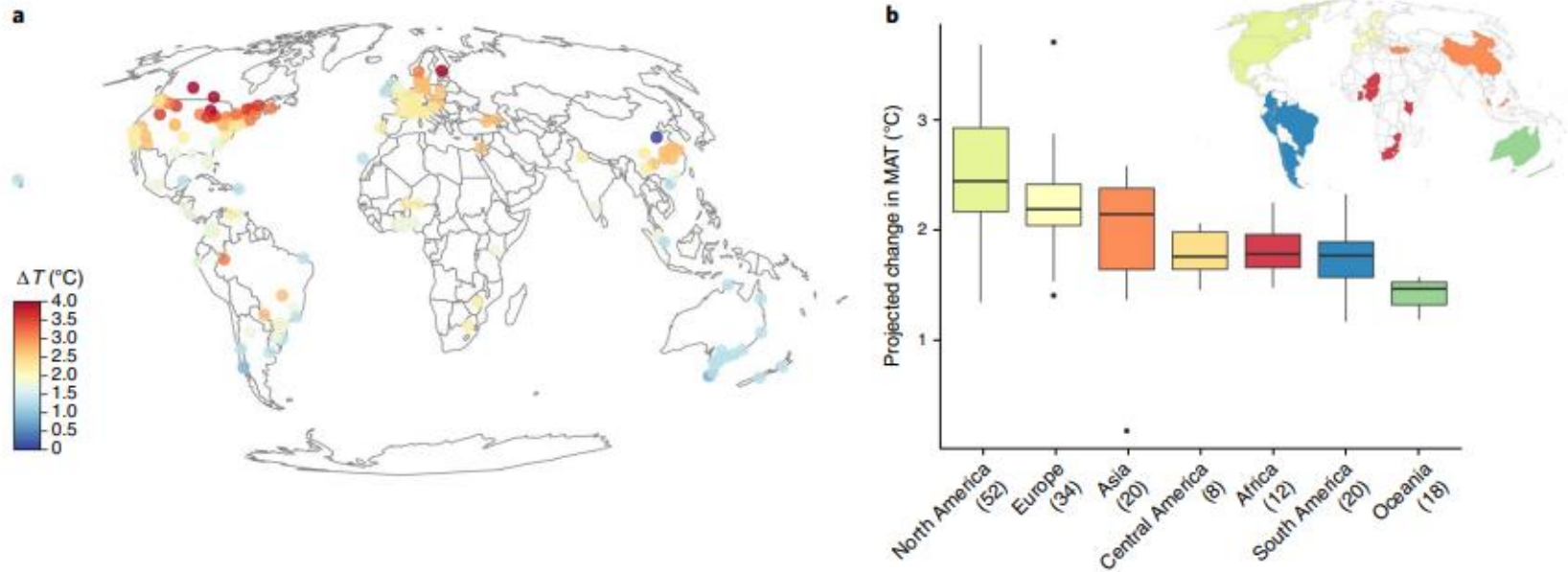
Essentieel geworden om te anticiperen op de  
effecten van klimaatverandering op hun  
toekomstige geschiktheid in stedelijke  
omgeving en landelijk gebied



# Belang van bomen:

- van immens belang voor ecologische systemen, de wereldeconomie en het levensonderhoud en welzijn van de mens (Di Sacco et al., 2021; Rivers et al., 2022).
- Vormen de hoofdstructuur van veel terrestrische ecosystemen en stadsecologie
- agrobosbouwsystemen een sleutelrol spelen in klimaatregulering door middel van koolstof- en watercycli (Keppel et al., 2021; van Noordwijk et al., 2021).
- gezien hun belang en de daaruit voortvloeiende klimaatveranderingscrisis (Lyon et al., 2022; Ripple et al., 2017), is het **essentieel geworden om te anticiperen op de effecten van klimaatverandering op hun toekomstige geschiktheid.**

# Relatieve gevoeligheid klimaatverandering in stedelijke gebieden



**Fig. 1 | Exposure to future climate change across the world's cities. a,b**, Exposure of 164 cities to predicted changes in MAT in 2050 relative to baseline MAT between 1979 and 2013 (a); boxplot of changes in MAT averaged across cities in seven geographical regions (as coloured in inset map); numbers in brackets indicate the number of cities for each region (b). Plots display data for RCP 6.0 averaged across 10 GCMs.

# Urban forests facing climate risks

More cities are including urban forests in their climate change adaptation plans. Now, research shows that more than two-thirds of tree species across cities worldwide are facing severe climate risks, undermining their roles in climate adaptation and other ecosystem services they provide.

Kangning Huang

In 2015, the World Economic Forum's Global Agenda Council on the Future of Cities included urban forests as one of the top ten initiatives for climate change adaptation. A recent survey of 69 US cities found that 73% of them have implemented urban forestry as a strategy to mitigate extreme heat<sup>1</sup>. However, in this issue of *Nature Climate Change*, Manuel Esperon-Rodriguez and colleagues<sup>2</sup> report that by 2050, about two-thirds of species in urban tree species worldwide may face unfit conditions, and thus fail to continue to provide climate adaptation and other benefits.

Urban forests can cool cities as part of evapotranspiration processes, which include evaporation — whereby water evaporates from the soil surface — and transpiration — whereby trees and shrubs take up water from their roots and release water from their leaves<sup>3</sup>. As water molecules transition from liquid to vapour, they absorb heat from, and thus cool, the city's surface. Besides dissipating heat through evapotranspiration, trees in urban forests



Urban Forests in Central Park, New York.

areas in which a species is planted have mean annual temperatures lower than 20 °C, this temperature threshold is considered the upper limit that the species can tolerate. With the same logic, both upper and lower limits can be identified for species

this study provides a fuller picture of the climate risks in global urban areas. Most existing literature on future climate risks has not considered the possibilities of urban species failing to continue providing ecosystem services due to adverse climate conditions. As such, Esperon-Rodriguez and colleagues' research in this issue filled this critical knowledge gap.

When interpreting the results and implications of Esperon-Rodriguez and colleagues' work, one needs to consider an important limitation, which is that the study has not explicitly incorporated the warming effects of future urban growth. In the next three decades, the global urban population is projected to grow by 2–3 billion. Urban population growth can lead to extra warming in a city due to the modification of its internal structures<sup>4</sup> or the expansion of its physical footprints<sup>5</sup>. Owing to faster future economic and urban population growth, this extra urban warming also tends to be stronger in the less developed, tropical regions<sup>6</sup>, which



# Wat behelst het vooronderzoek CSI Trees?

Uitwerken van een **onderzoekssystematiek** en het **opbouwen van een onderzoeksteam** om te komen tot:

- **Systematische benadering** voor het vinden van nieuwe, voor de toekomst geschikte, stadsbomen
- **Classificatiesysteem** voor de toepassing van Stadsbomen op basis empirisch verkregen data ter ondersteuning van veldmonitoring

# Wat is een 'klimaatboom'?

- Definitie binnen CSI Trees: klimaatbestendige bomen met toekomst
  - Boom die tolerant is voor de belangrijkste toekomstige abiotische factoren
  - Verwachtingen berekenen: 50-60 jaar vooruit
  - CSI Trees als project: middellange termijn benadering

# Versnelling klimaatverandering

- Drogere zomers
- Langere periodes van droogte
- Grote neerslagpieken
- Versnelling klimaatverandering vanaf jaren 90 (inmiddels 35 jaar), zie timelaps op CSI Trees site)

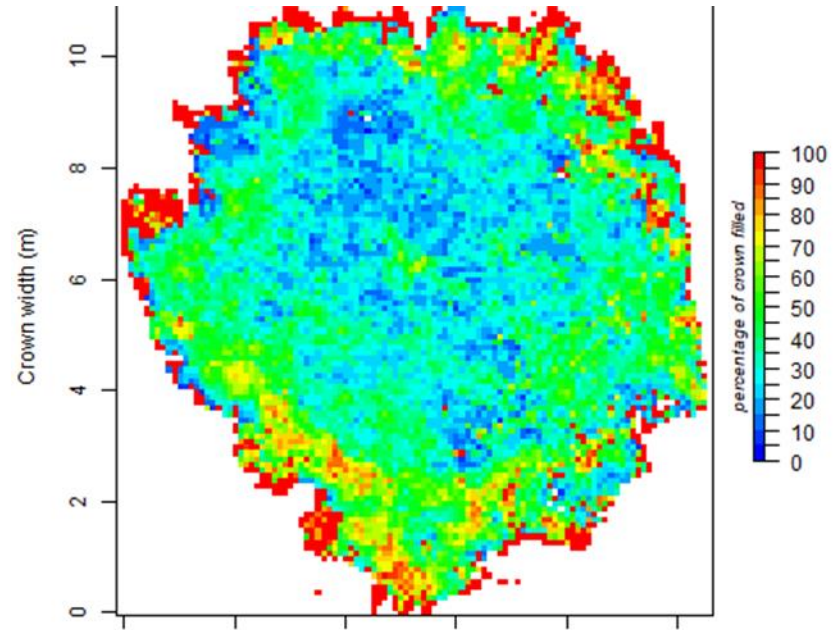


# Extreme toleranties voor verschillende milieus



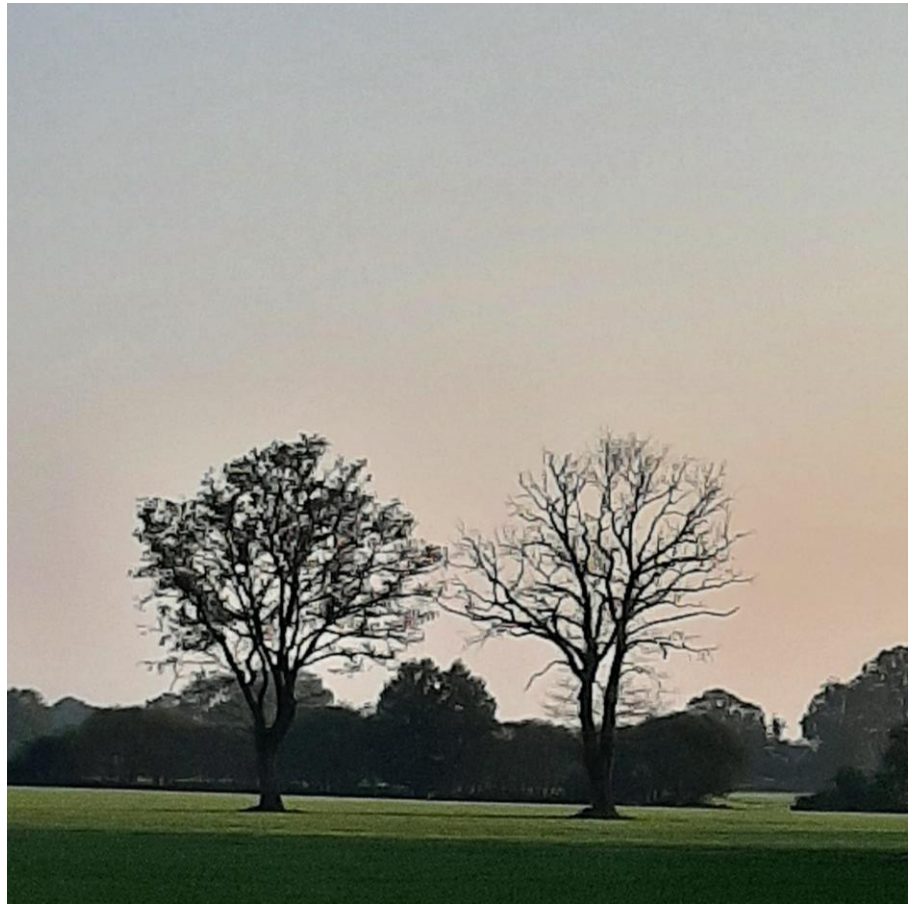
# Klimaat

- Er wordt daardoor in toenemende mate een beroep gedaan aan de veerkracht van boomsoorten
- Potentiële ecosystemediensten kunnen niet worden niet behaald, denk aan schaduw, koolstoffixatie, geluidsreductie, bodembioologie, fijnstof, biodiversiteit...



# Beeldbepalende landschapselementen Winterwijk

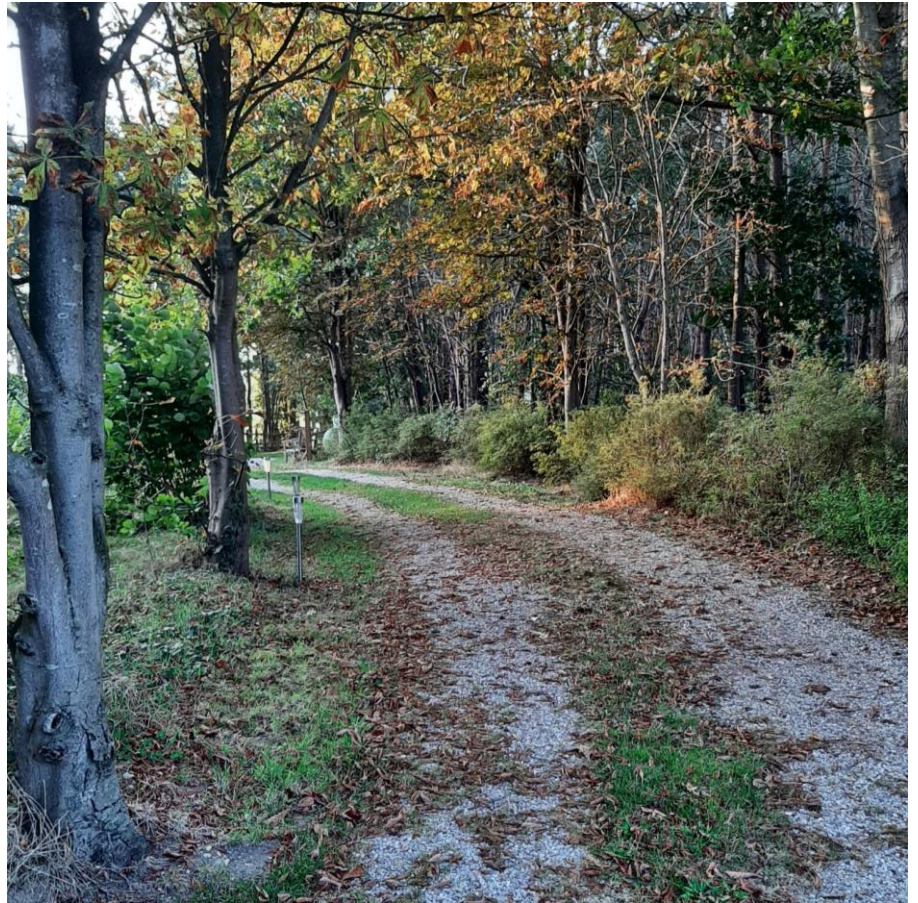
- Solitaire bomen
- Relicten van houtwallen
- Kan op overleven nihil in deze situatie



# Effecten

Zomerbladval, zelfs in vochtig en  
groeizame jaar

Toename generatiefactor van insecten



# Beeldbepalende bomen

Verdwijnen door verandering abiotische factoren

hitte

droogte

veranderende/wisselende  
waterstanden

ectomycorrhiza sterfte?

etc



# Zelfde perceel locatie begraafplaats

Tevens *Fagus sylvatica* 'Atropurpureum'

Beschermde stam

Jonger

Vitaler



# Solitairen op erven



# Kwetsbaarheid jonge aanplanten

- *Sorbus aucuparia*
- Klein blad met geavanceerd bladrandje voor bladkoeling
- Bekend om droogtetolerantie
- Inboet
- Aanslag en hergroei percentages gaan afnemen
- Publieke kosten nemen toe





# Erfbeplantingen

## *Tilia cordata*

- Inheems
- Bekende soort vanwege droogtetolerantie
- deze standplaats heft extra drukfactor agv korte afstand tot de amoniakbron



# Half en hoogstamboomgaardjes rond W'wijk

Voorbeeld: *Prunus domestica* op *Prunus avium* selectie?

Onderstam Gisela selectie of zaailing  
*avium*?

Beeld op foto: bladcurling, verdroging,  
start aftakeling hoogste takken in kroon,  
start totale aftakeling



# Kwetsbaar streekbepalend sortiment Winterwijk

*Quercus robur*

*Fraxinus excelsior*

*Ulmus glabra*

*Sorbus aucuparia*

*Betula pubescens*

*Betula pendula*

*Acer pseudoplatanus* etc



# Wat is de toekomst en reikwijdte van de zomereik?



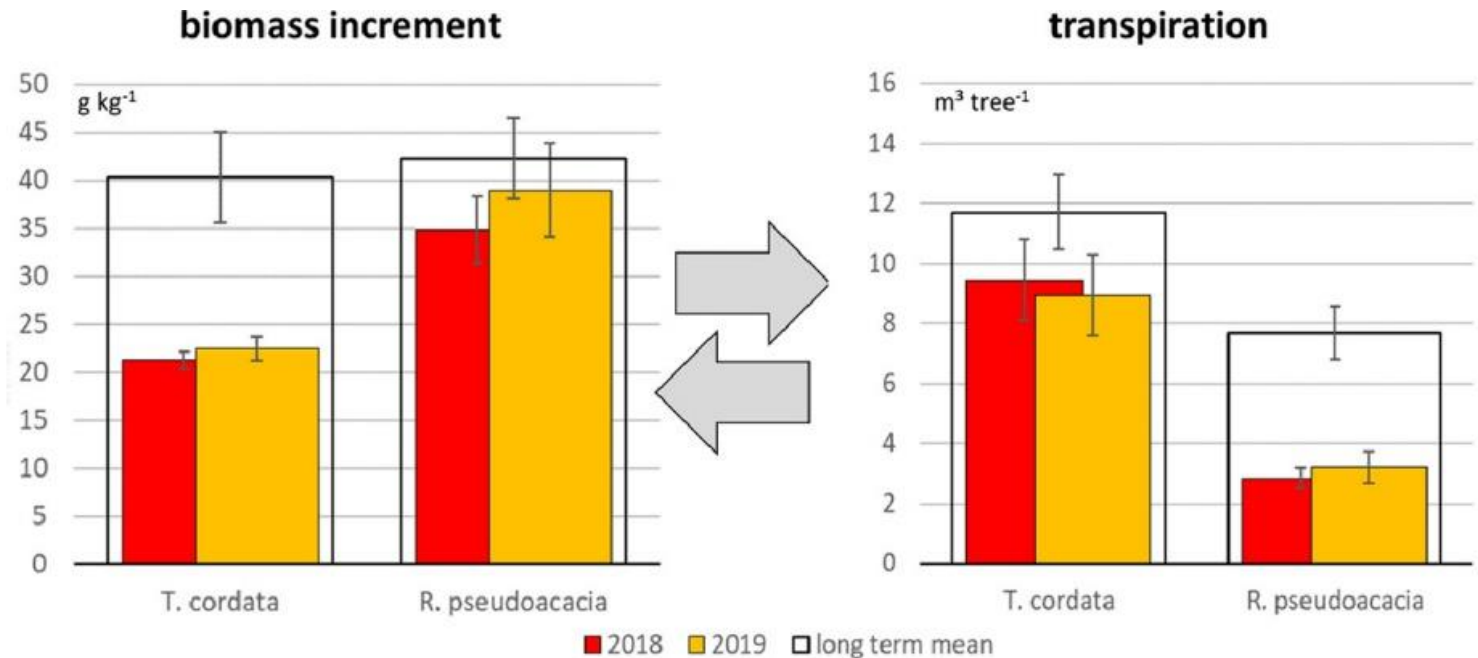
# Klimaatbestendige erfplanting

- *Robinia pseudoacacia* "Unifoliola"
- Hoge watergebruiksefficientie (WUE)
- Hoge koolstofvastlegging
- Drachtboom (nectar en stuifmeel)
- Beleving
- Andere bomen een bedreiging of kans?



# Koolstofvastleging (groei) in relatie waterverbruik (WUE)

- Studie Berlijn
- 2021
- In situ



# Abiotische factoren stedelijke omgeving

Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
	Ionizing	
Soil	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
	<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>
Atmosphere	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
	Electrical	

# Abiotische factoren stedelijke omgeving

Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
Soil	Ionizing	
	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
Atmosphere	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
	<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>
	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
Electrical		

Hydraulisch falen van xylem: cavitaties worden niet aangevuld basipetal of radial vanaf namiddag met als gevolg dat cellen en transportweefsel afsterft.

Niet geheele cavitaties leiden tot weefselschade obstructive van wateropname met als gevolg, verbranding en afsterven van de stam, zichtbaar als afgevallen bast (Kotten)

# Abiotische factoren stedelijke omgeving

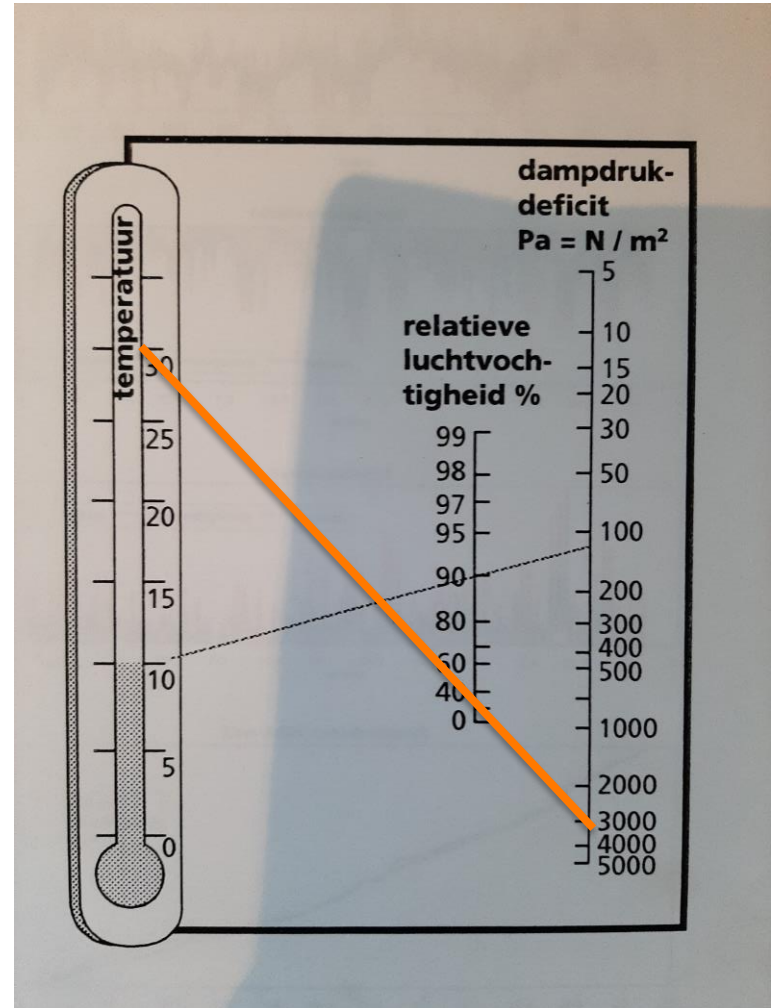
Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
Soil	Ionizing	
	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>	
Atmosphere	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
	Electrical	

Atmosferische droogte is nieuw fenomeen voor Nederland: ondanks bodemvocht sluiten stomata > geen transpiratie- > bladtemperatuur kan niet worden gereguleerd-> blad verbrand, vaak vanaf middaguur-> RUBISCO verlies door zomerbladval veroorzaakt: overjarige vitaliteits opdonder

## Dampdruktekort: kracht achter atmosferisch droogte

- Onderschatte en nieuwe belangrijke abiotische stressfactor in de toekomstige NL steden en platteland voor vitale boomgroei
- $T + RV \Rightarrow DDD=DDT=VPD$
- Kracht waarmee iets uitdroogt
- Maar ook: in hoge mate de snelheid waarmee een boom transpireert
- VDP door klimaatverandering hoger
- VDP + sterke wind= nog sterkere transpiratie



# Abiotische factoren stedelijke omgeving

Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
Soil	Ionizing	
	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>	
Atmosphere	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
	Electrical	

lucht wordt steeds schoner, wat leidt tot verhoogde instraling

# Abiotische factoren stedelijke omgeving

Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
Soil	Ionizing	
	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>	
Atmosphere	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
	Electrical	

per boomsoort andere fysiologische reactie indien gecombineerd met bodemdroogte

# Abiotische factoren stedelijke omgeving

Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

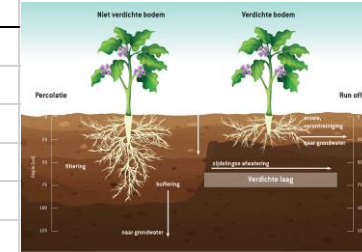
Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
Soil	Ionizing	
	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>	
Atmosphere	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
	Electrical	

bodemtemperatuur heeft groter effect op fenologie dan luchttemperatuur

# Abiotische factoren stedelijke omgeving

Inschatting factoren die gezonde boomgroei in Nederlands stedelijk gebied beïnvloeden in rood

Abiotic Stress type	Abiotic stresses	Physiological effects
Water	<b>Deficit</b>	<b>drought</b>
	<b>Flooding</b>	<b>oxygen deficiency root system</b>
Temperature	Cold	Freezing
	Chilling	Endo dormancy problems
	<b>Heat</b>	<b>leaf burning, stembursting,</b>
	<b>Vapor Pressure Deficit (VDP)</b>	<b>summer leafdrop</b>
Light/Radiation	Low	
	<b>High</b>	<b>leaf and stem burning</b>
	Infrared	
	Visible	
	UV	
	Ionizing	
Soil	<b>Salinity</b>	<b>leaf burning, reduced transpiration, stopping Carbon sequestration</b>
	Mineral deficiency/ Low fertility	
	Mineral Toxicity	
	pH	chlorosis, reduced growth,
	Air Pollutants (in Nederland fijnstof)	
	<b>Soil temperature</b>	<b>phenology</b>
	<b>Soil compaction</b>	<b>reduced growth</b>
Atmosphere	Wind	
	Pressure	
	Sound	
	Magnetic	
	Electrical	



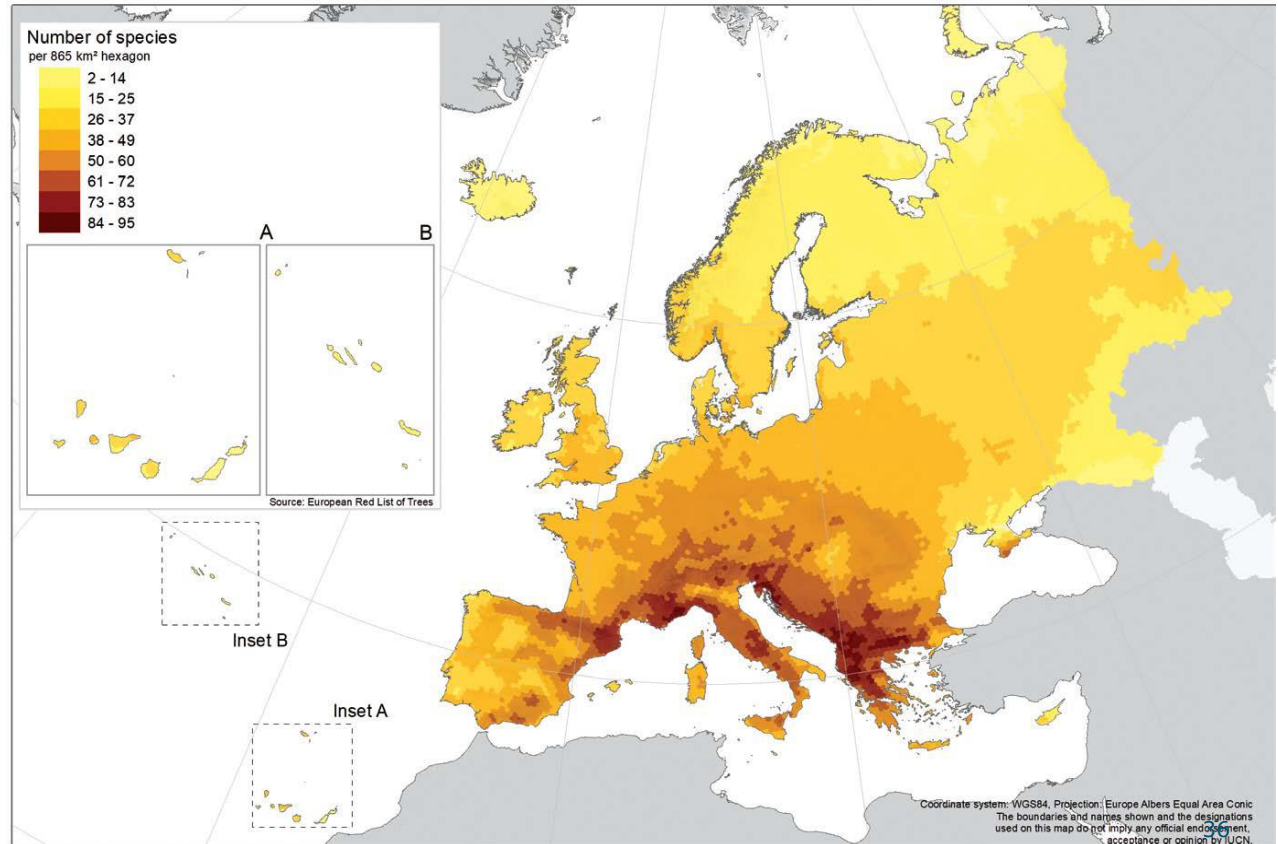
Bodemverdichting leidt tot: verminderd wortelvolume, algehele stress dat ziekten en plagen in de hand werkt, viderde nutriënten en wateropname= groei etc

# Zoektocht naar boomsoorten met meervoudige toleranties

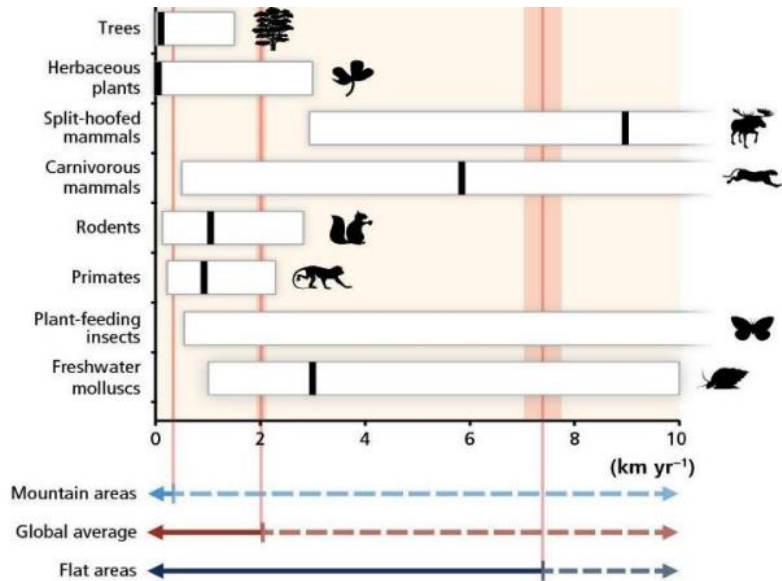
voor de toekomst zijn voor veel standplaatsen boomsoorten met gestapelde / meervoudige toleranties noodzakelijk



# Soortenrijkdom boomsoorten in EU



# Migratiesnelheid van organismen onder klimaatverandering



(c) Species displacement rates (required to track climate velocity)

Bomen: max tientallen tot honderden meters

Het is zeer waarschijnlijk dat verschillende soorten niet in staat zullen zijn zich tijdig aan te passen aan de veranderende omstandigheden en/of snel genoeg te migreren naar locaties met geschikte klimaatomstandigheden (Sittaro et al., 2017; Lenoir et al., 2020).

Beheerstrategie: begeleide migratie is een optie voor stad, platteland en natuur:

‘resilience trait-based assisted migration’

# Stedelijk boombeheer

Reactief:

maatregelen valen onder 'pappen en nathouden'

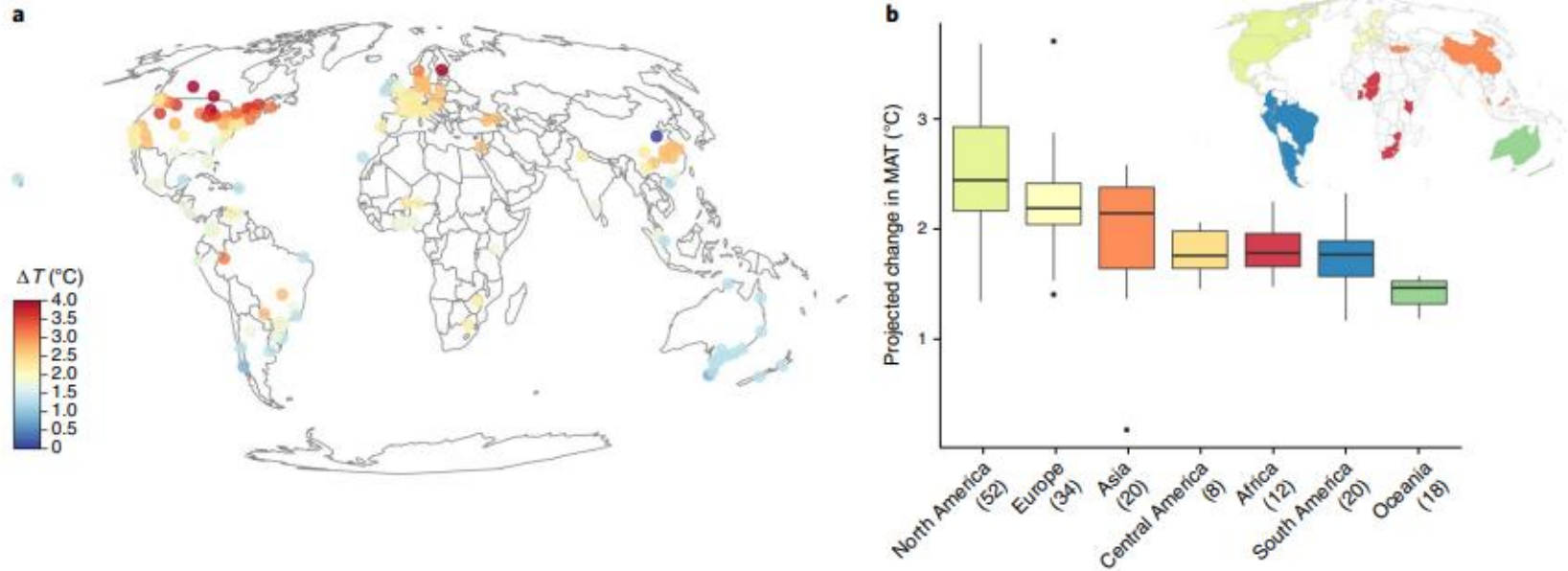
Maatregelen of bronmaatregelen?

CSI Trees richt zich op bronmaatregelen:

Een aanvullend klimaatbestendig boombestand voor stedelijke omgeving en landelijk gebied

Maatregel		
<b>Optimaliseren vochtvoorziening</b>		
Beschaduwen	<b>Optie 1: Verdampings- water besparen</b>	<b>Bovengrondse maatregelen</b>
Toepassen bodembedekkers		
Extra snoeien van bomen		
Plaatsen bodemvochtsensoren	<b>Optie 2: Vocht vasthouden</b>	
Minder maaien gazon/creëren ruigere stukken		
Ontharden/doorlatend maken verharding		
Verbeteren bodemtextuur		
Hol uitvoeren van groenvoorziening	<b>Optie 3: Water Aanvoeren vanuit duurzame bron</b>	<b>Systeem- gerichte maatregelen</b>
Optimalisatie drainerende werking		
Lokaal benutten overtollig hemelwater		
Water onttrekken uit nabijgelegen oppervlaktewater	<b>Optie 3: Water Aanvoeren vanuit duurzame bron</b>	<b>Systeem- gerichte maatregelen</b>
Verhogen oppervlaktewater-/grondwaterpeil		
Extra sproeien		
<b>Optimaliseren groeiplaats</b>		
Creëren wortelruimte	<b>Bevorderen wortelgroei</b>	<b>Ondergrondse maatregelen</b>
Verbeteren bodemleven & nutriëntengehalte bodem		
Verbeteren gasuitwisseling		
<b>Optimaliseren soort(keuze)</b>		
Aanplanten droogtebestendig groen	<b>Verhogen weerbaarheid</b>	
Herverdelen van groen		

# Relatieve gevoeligheid van werelddelen



**Fig. 1 | Exposure to future climate change across the world's cities. a,b**, Exposure of 164 cities to predicted changes in MAT in 2050 relative to baseline MAT between 1979 and 2013 (a); boxplot of changes in MAT averaged across cities in seven geographical regions (as coloured in inset map); numbers in brackets indicate the number of cities for each region (b). Plots display data for RCP 6.0 averaged across 10 GCMs.

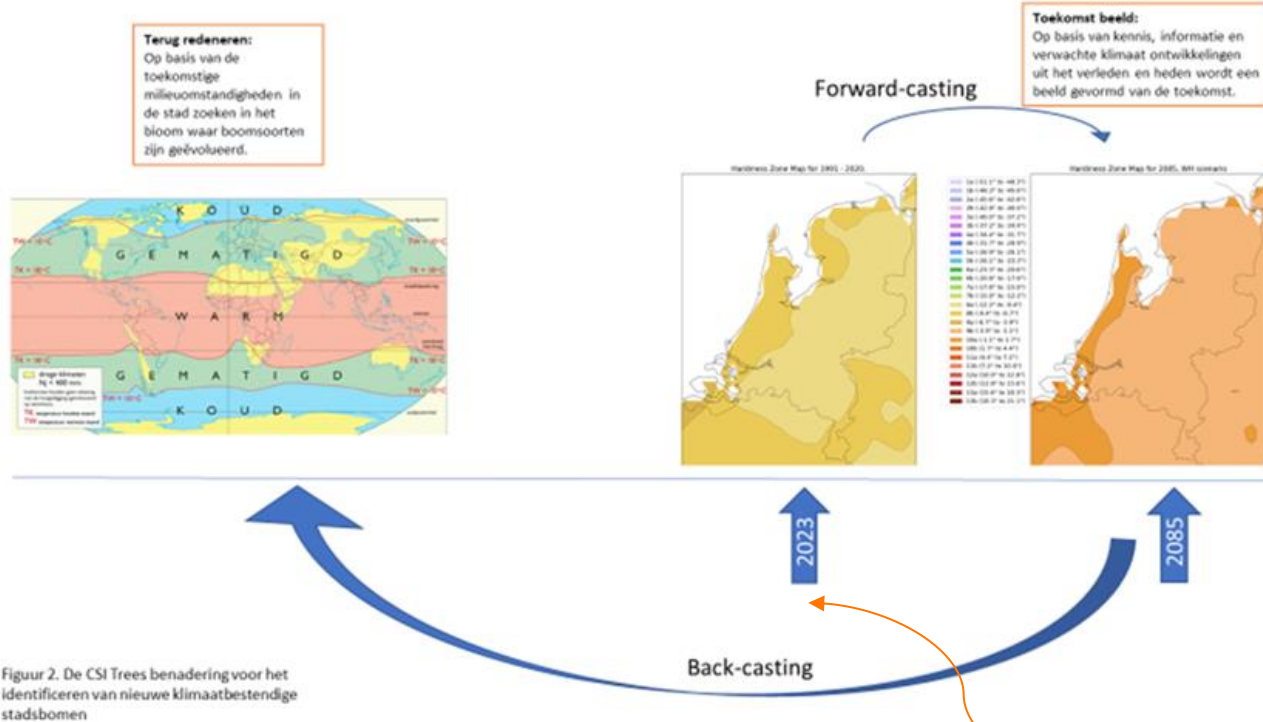
# Verwachte gevolgen voor cultuurlandschap

- Lijnbeplantening
  - Gereduceerde groei
  - Blad en bastverbranding
  - Vergeling blad
  - Slechte bladstand  
(LAI/Bladdichtheid/Klein blad/vervroegde bladval)
  - Kwarrende bomen

# Verwachte gevolgen voor cultuurlandschap

- Relicten van oude houtwallen
  - Gereduceerde groei
  - Blad en bastverbranding
  - Vergeling blad
  - Slechte bladstand  
(LAI/Bladdichtheid/Klein blad/vervroegde bladval)
  - Kwarrende bomen

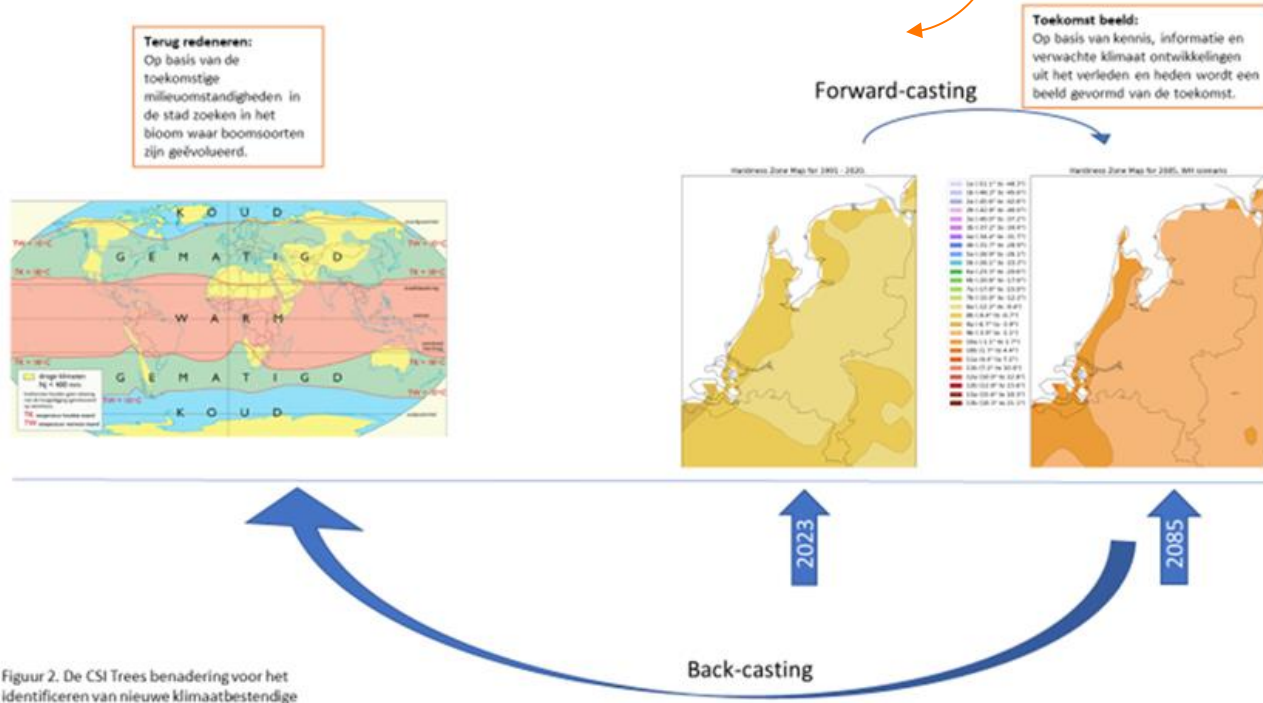
# Wat is de CSI Trees benadering?



Figuur 2. De CSI Trees benadering voor het identificeren van nieuwe klimaatbestendige stadsbomen

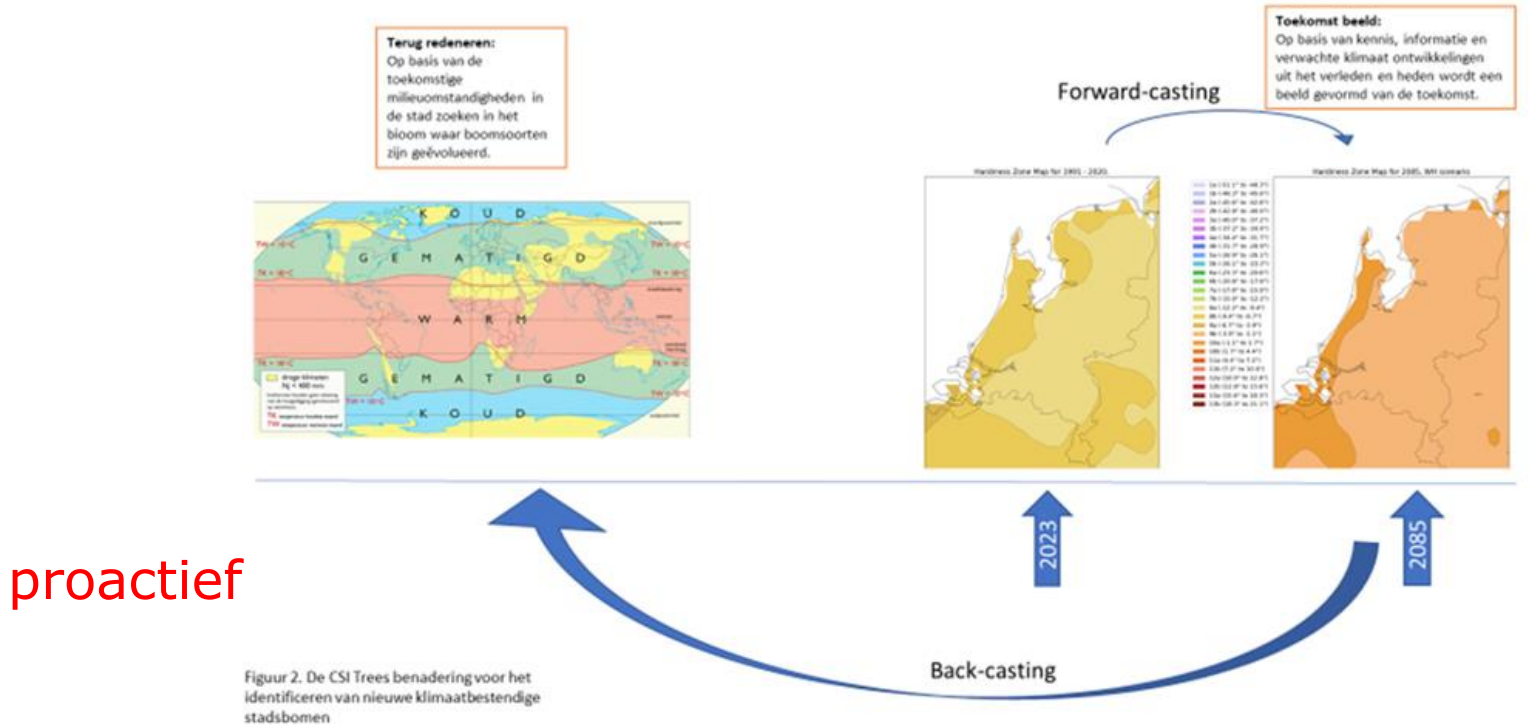
# Wat is de CSI Trees benadering?

preactief

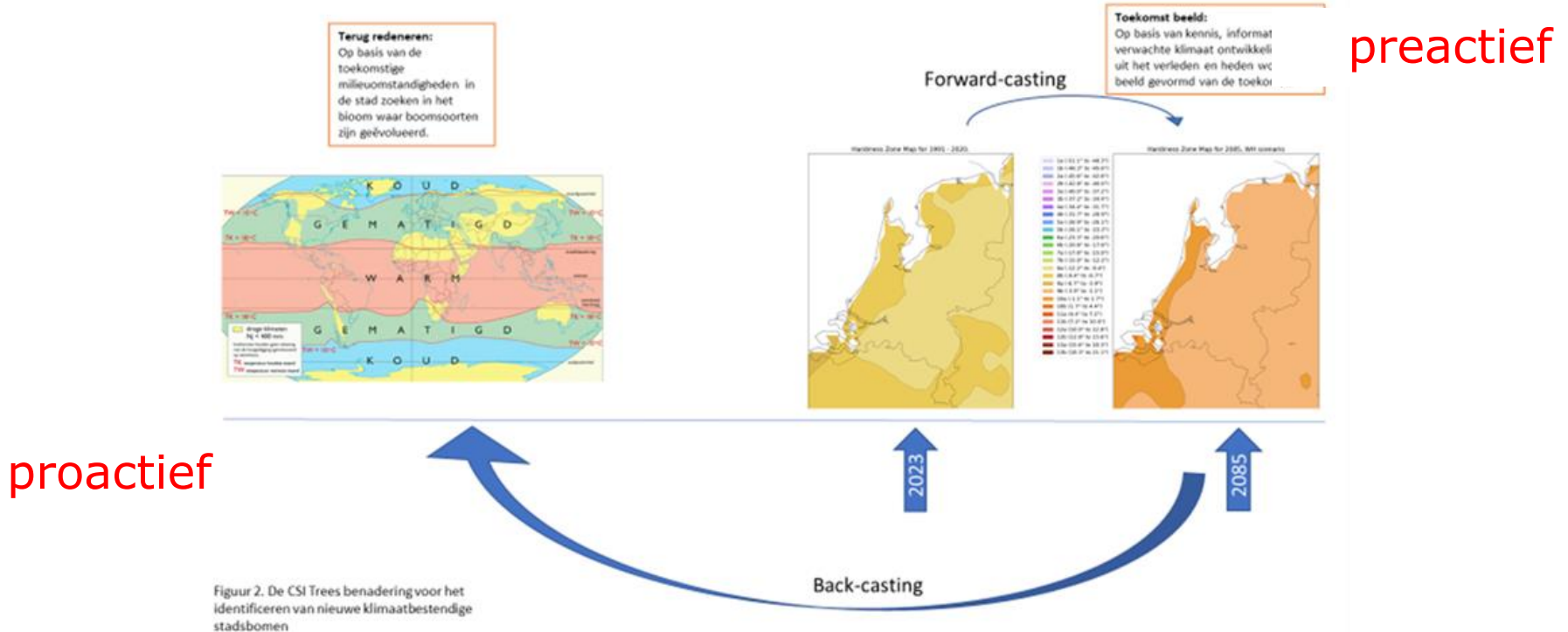


Figuur 2. De CSI Trees benadering voor het identificeren van nieuwe klimaatbestendige stadsbomen

# Wat is de CSI Trees benadering?

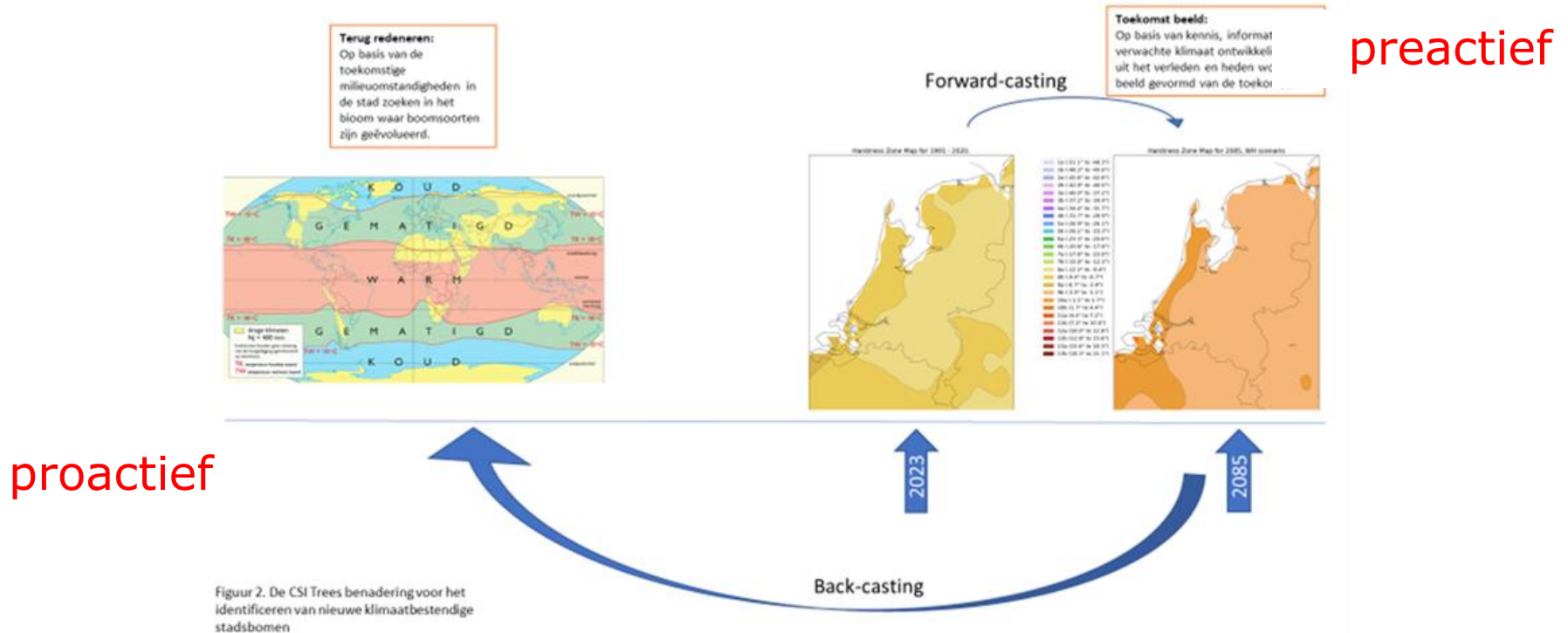


# Wat is de CSI Trees benadering?

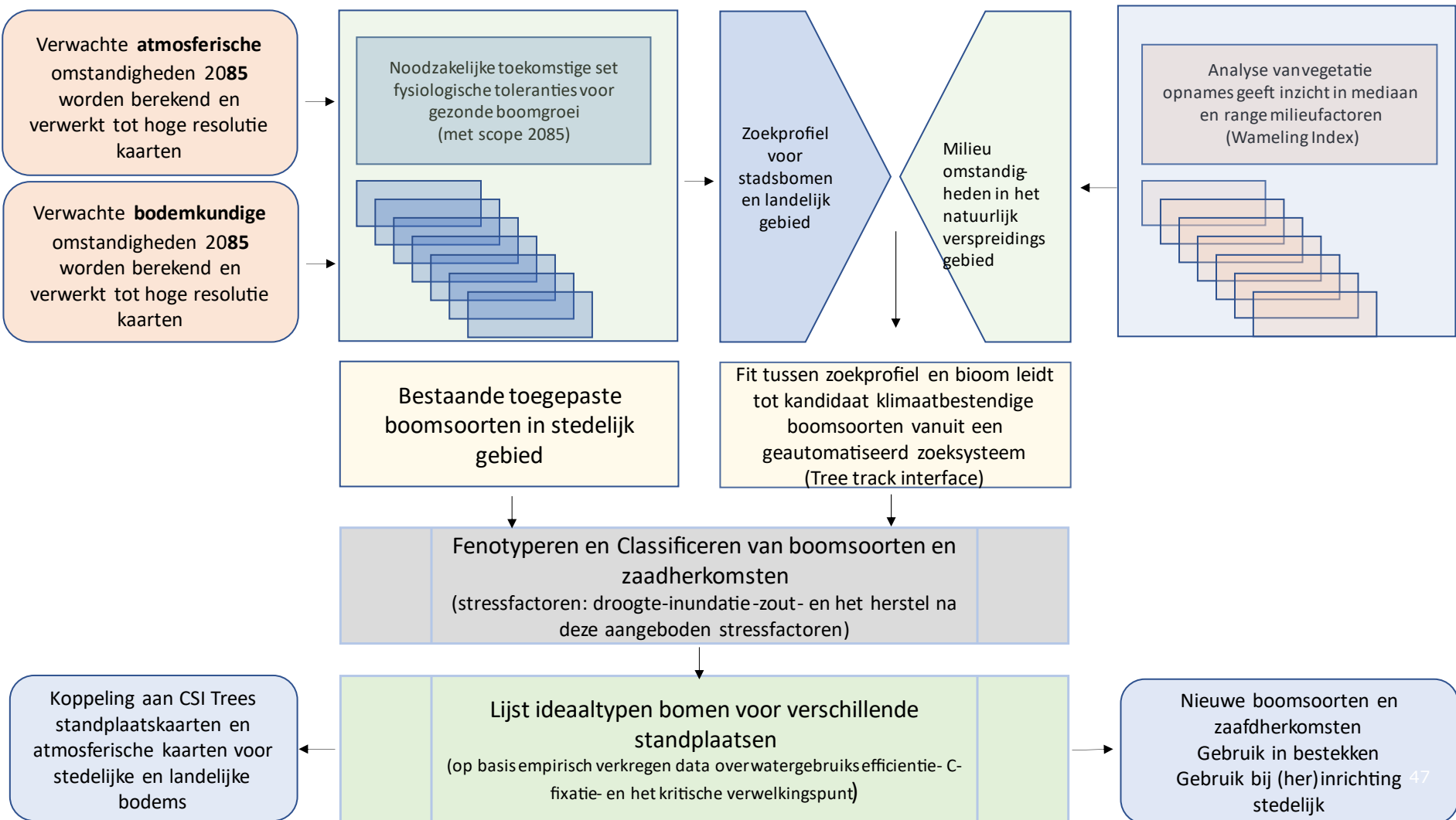


Figuur 2. De CSI Trees benadering voor het identificeren van nieuwe klimaatbestendige stadsbomen

# Niets doen is geen optie meer:

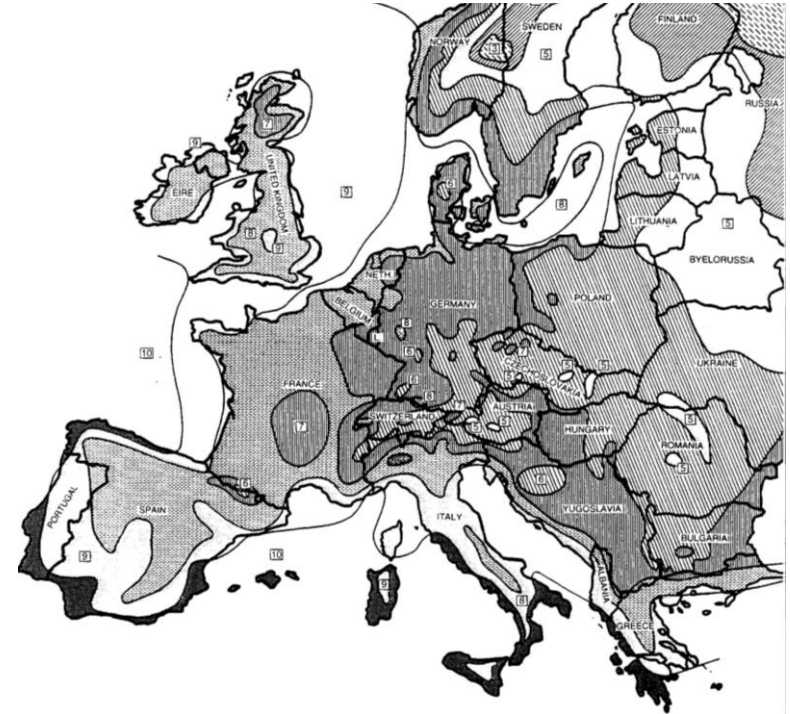


Figuur 2. De CSI Trees benadering voor het identificeren van nieuwe klimaatbestendige stadsbomen



# Verwachtingen verandering in abiotische factoren

## Winterhardheid



# Lucas Hulsman

- Msc bij KNMI
- Junior aanstelling binnen CSI Trees
- Architect van de nieuwe winterhardheidszonekaarten
  - historische kaarten
  - toekomstberekeningen winterhardheid stedelijk landelijk en natuur/cultuurgebied




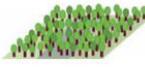


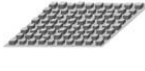







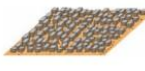
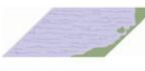



# Waarom een WHZ update van belang?

Snelheid dagelijkse minimumtemperaturen sinds '80

Oude kaarten belemmeren voor boomkwekerij juiste selectie van sortiment


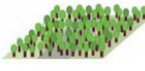








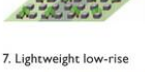






Vraag?

Hoe en hoeveel zijn de zones opgeschoven?

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise 	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise 	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise 	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise 	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise 	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise 	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b> Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
9. Sparsely built 	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees s. snow cover	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo. Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
10. Heavy industry 	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	d. dry ground w. wet ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo. Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

# Uniciteit van nieuwe berekeningen?

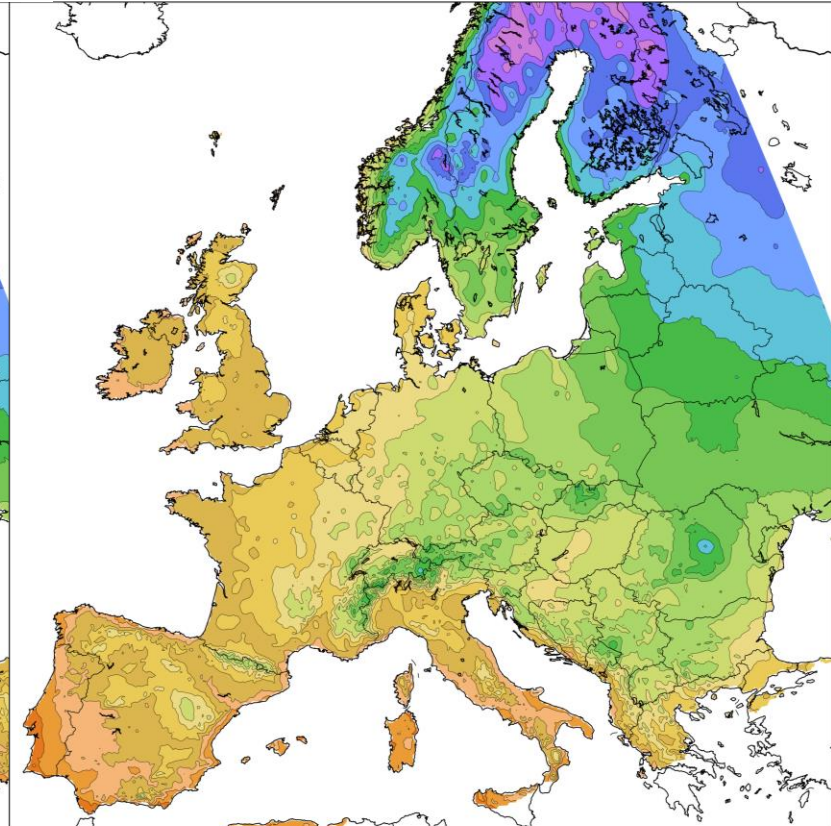
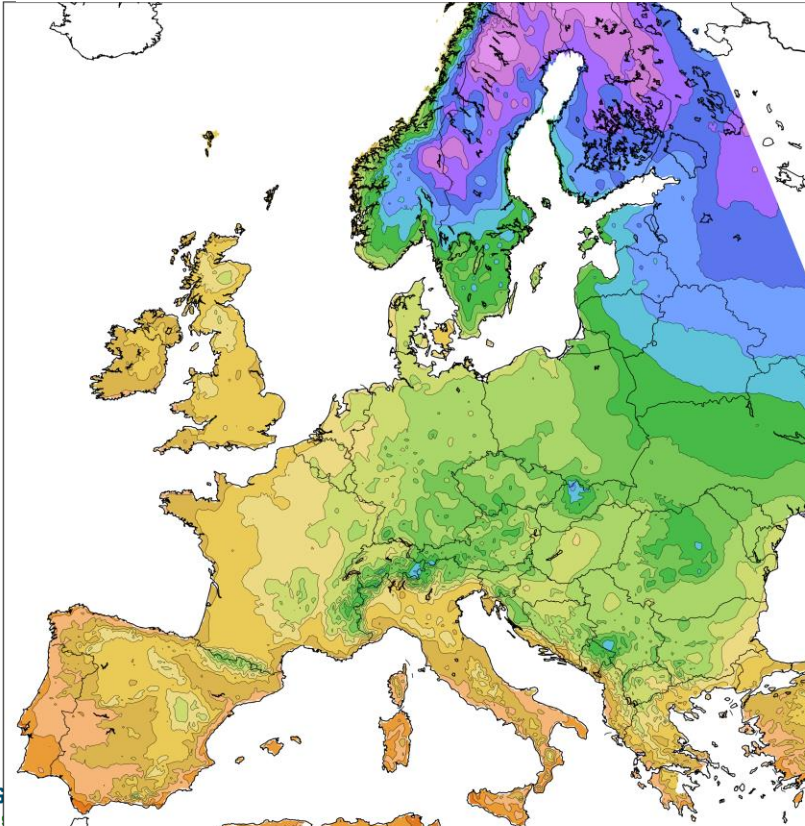
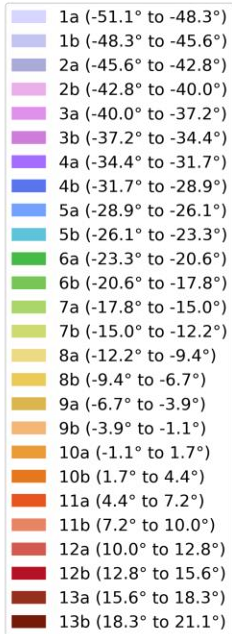
- Nieuwe rekenregels die data van het platteland bruikbaar hebben gemaakt voor stedelijk gebied
- Rekening gehouden met Urban Heat Islands (UHI) door datasets met Local Climate Zones (LCZ)
- Iedere rastercel (100x100) is apart berekend
- Methodiek toepasbaar voor alle steden in de wereld

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise 	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise 	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise 	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise 	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise 	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise 	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b>	
9. Sparsely built 	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
10. Heavy industry 	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

# Update winterhardheidszonekaarten

Winterhardheidszones 1951-1980

Winterhardheidszones 1991-2020



# Winterhardheidszoneverschuiwing 1980 -2020

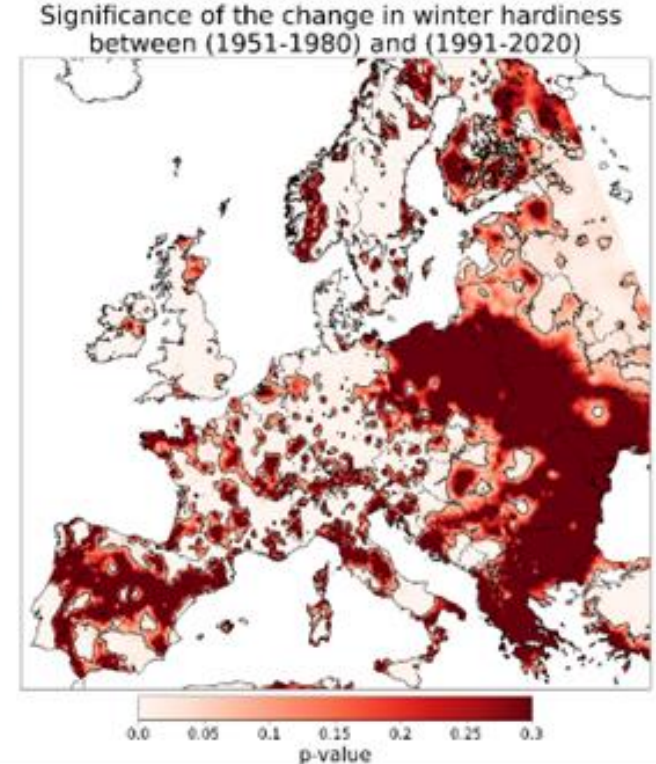
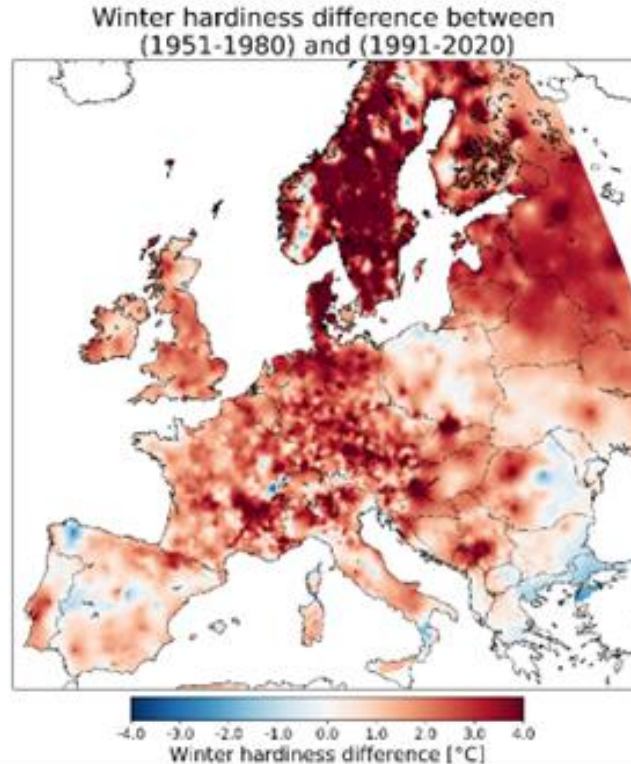
- 52% Europese landoppervlak is een schaal opgeschoven in 40 jaar

<i>WHZ shift</i>	<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	<i>Percentage (%)</i>
-2	57.6	0.001
-1	10.5·10 <sup>4</sup>	1.620
0	24.7·10 <sup>5</sup>	38.311
1	34.0·10 <sup>5</sup>	52.665
2	43.3·10 <sup>4</sup>	6.710
3	40.7·10 <sup>3</sup>	0.630
4	38.5·10 <sup>2</sup>	0.060
5	16.8·10 <sup>1</sup>	0.003

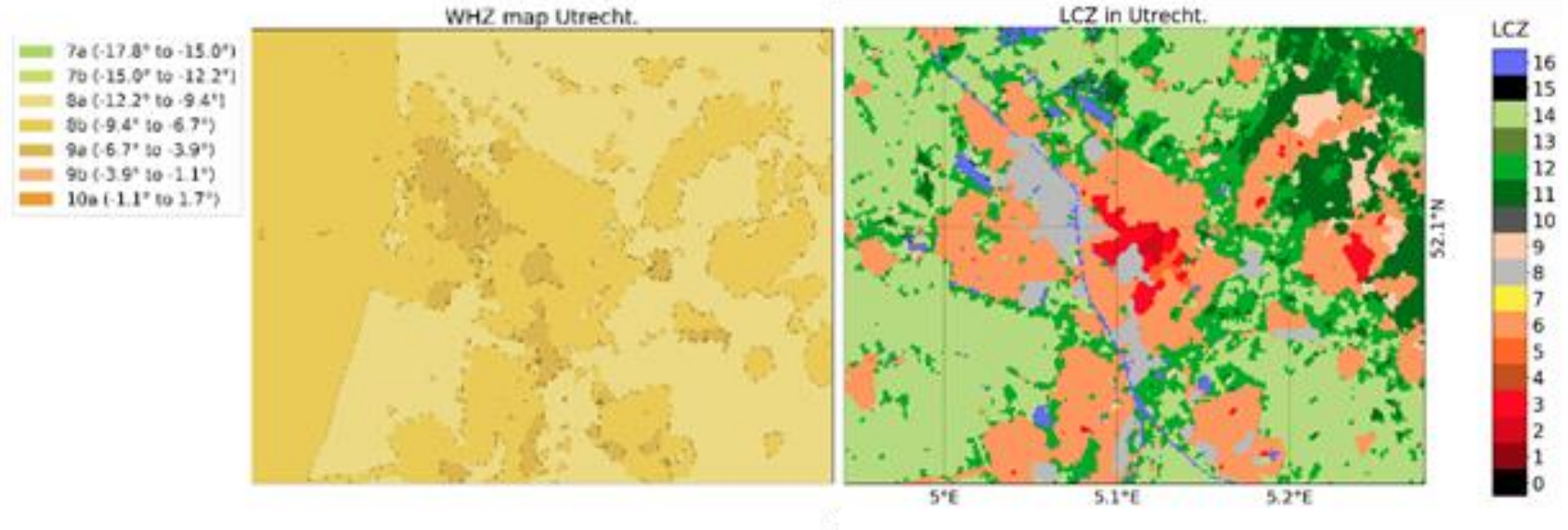
# Verandering in winterhardheid tussen 1980 en 2020

Figuur links:  
temperatuur

Figuur rechts:  
betrouwbaarheid



# 3 winterhardheidszones in 1 stad: Utrecht

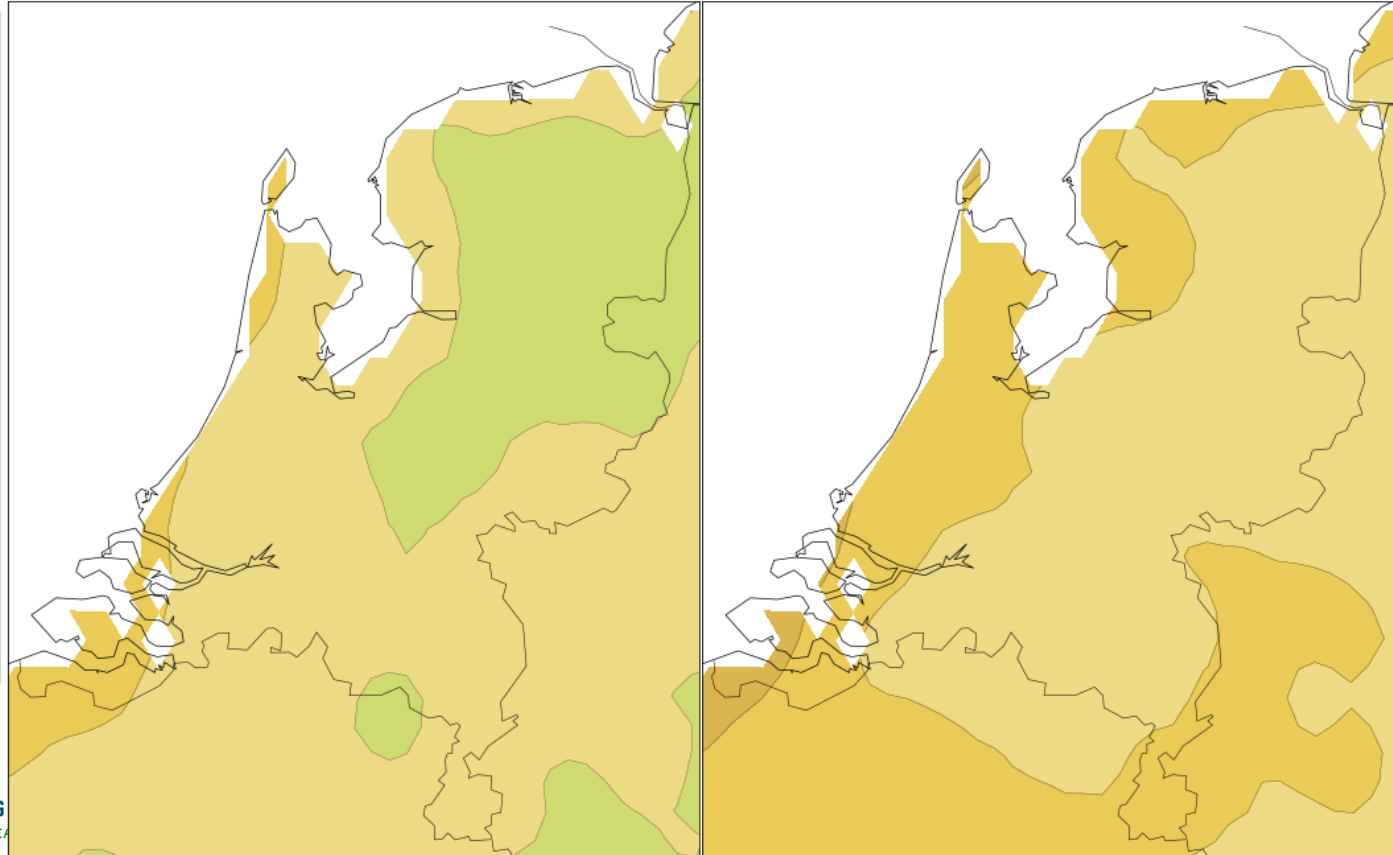


# winterhardheid

Winterhardheidszones 1951-1980

Winterhardheidszones 1991-2020

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)



# KNMI '14: NL in de toekomst

- Toekomstige winterhardheden (KNMI klimaatscenario uit 2014)
  - Rond 2030
  - Rond 2050
  - Rond 2085



# KNMI '14

klimaatscenario's  
*voor Nederland*

Herziene  
uitgave 2015  
[www.klimaatscenarios.nl/  
correctie](http://www.klimaatscenarios.nl/correctie)

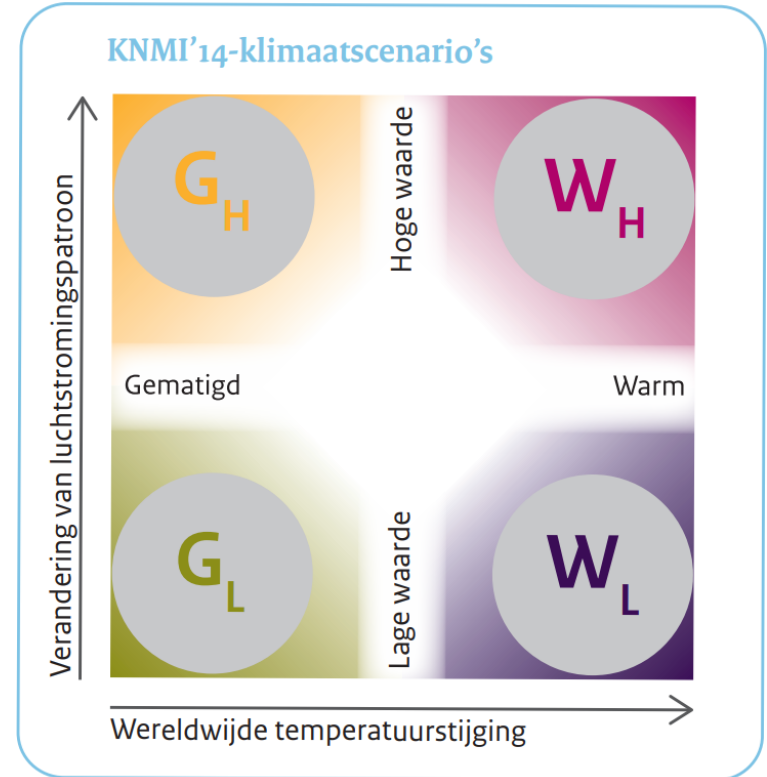
# KNMI '14: NL in de toekomst

Twee onzekerheden:

- Wordt de temperatuur van NL “gematigd” of “warm”
  - Gematigd: **+1°C** in 2050, **+1,5°C** in 2085
  - Warm: **+2°C** in 2050, **+3,5°C** in 2085
- Is de verandering van de luchtcirculatie “laag” of “hoog”
  - Laag: Koude, droge winters, gematigde zomers
  - Hoog: Zachte, natte winters, warme droge zomers

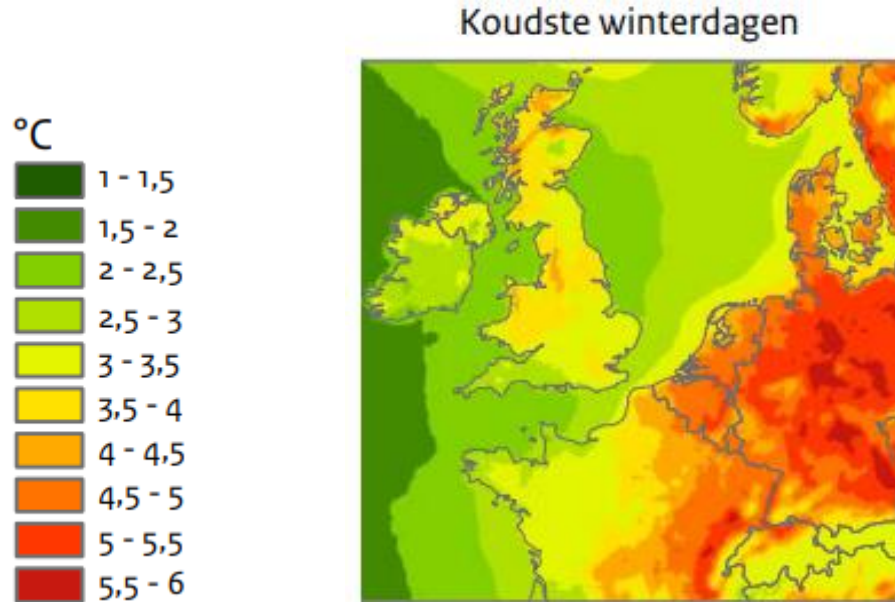
# KNMI '14: NL in de toekomst

- Resultaat: vier scenario's
- Voorbeeldberekening:  
Koudste winterdag  $W_H$  scenario:



# KNMI '14: NL in de toekomst

Warming in 2050 relative to 1981-2010 average

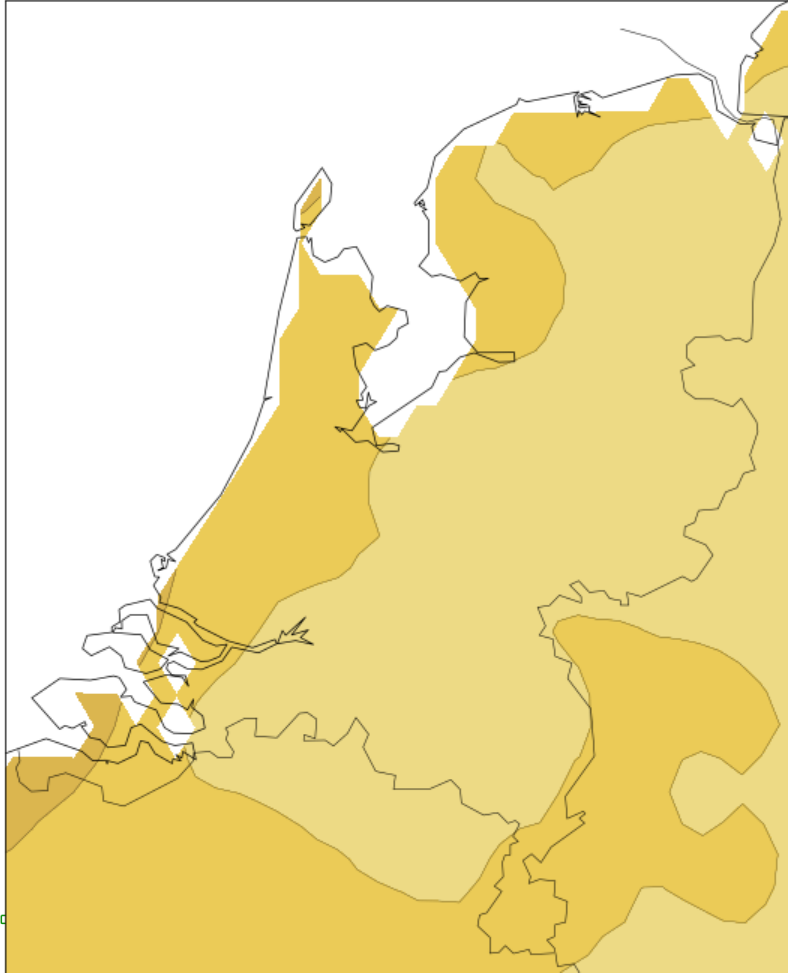


# Voorspellende winterhardheidszonekaarten

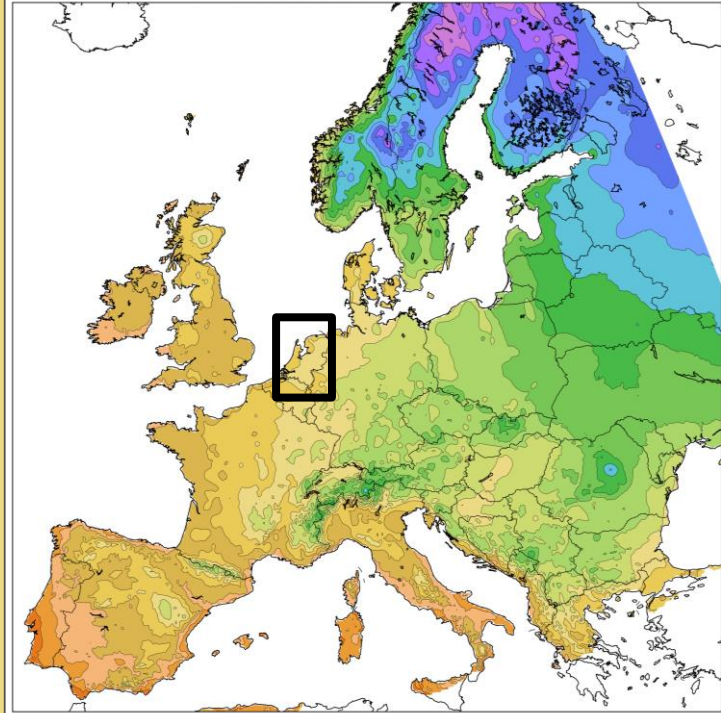
- 1991-2020 gemiddelde (het heden)
- Verwachting voor 2030 (voor alle scenario's hetzelfde)
- Voor ieder scenario:
  - Verwachting voor 2030 (voor alle scenario's hetzelfde)
  - Verwachting voor 2050
  - Verwachting voor 2085

# Winterhardheidszones 1991-2020

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)

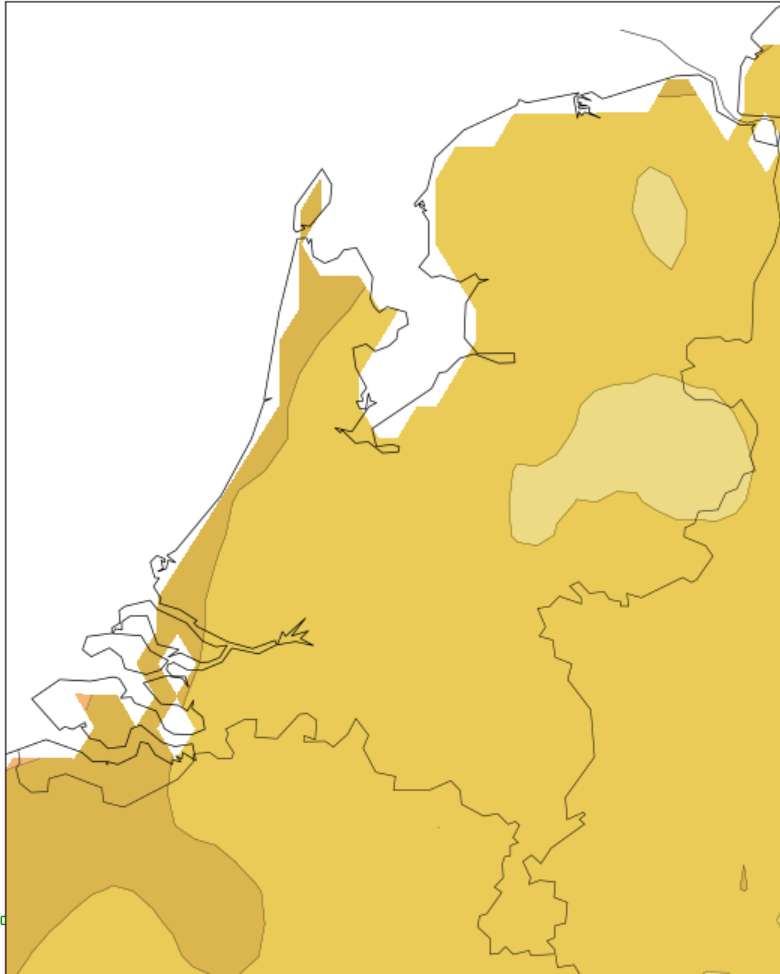


Winterhardheidszones 1991 - 2020

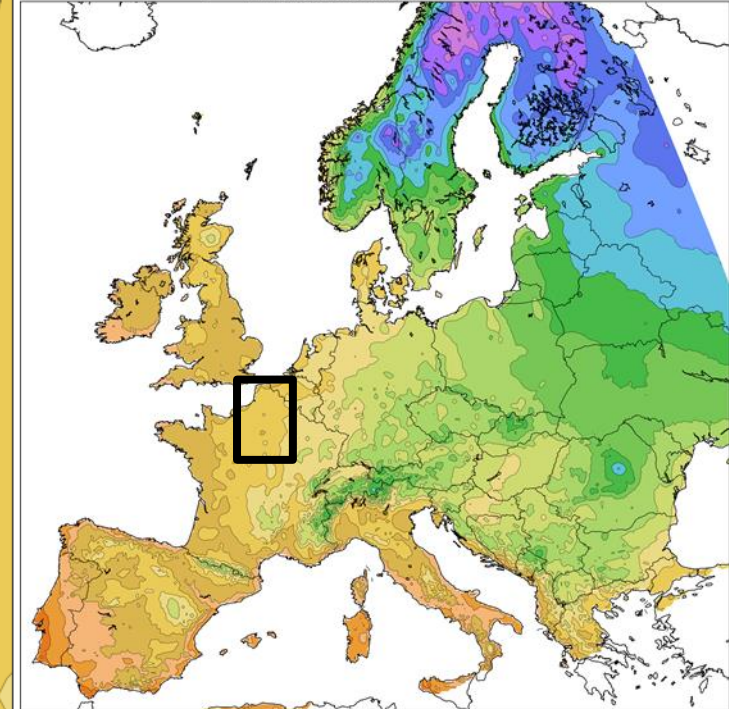


## Winterhardheidszones 2050, GL scenario

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)

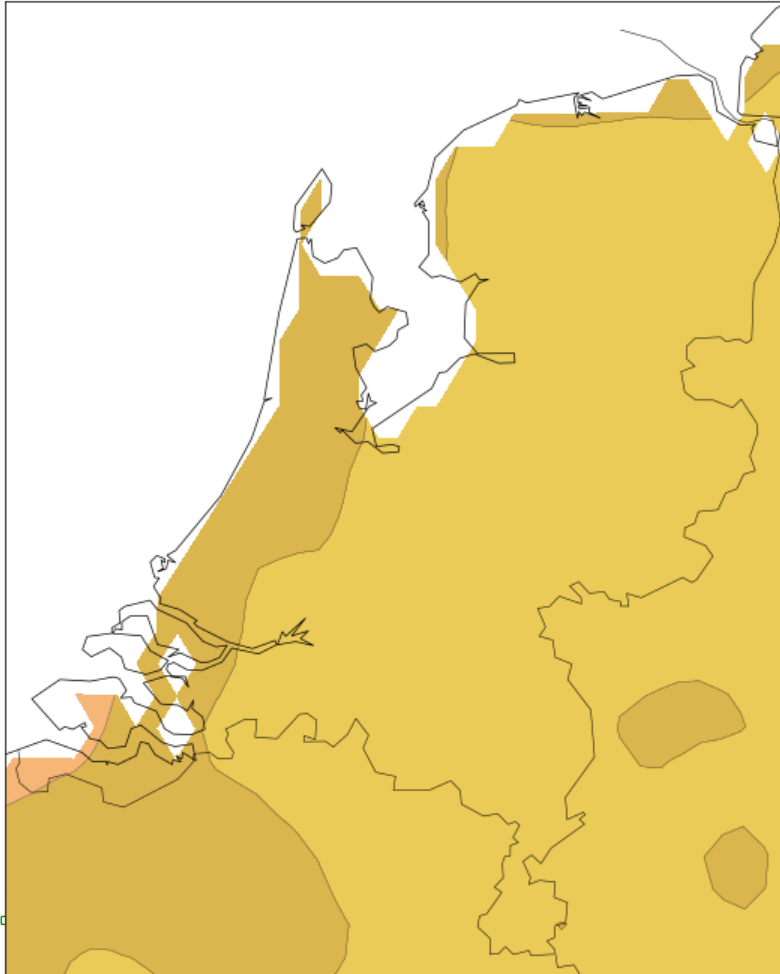


Winterhardheidszones 1991 - 2020

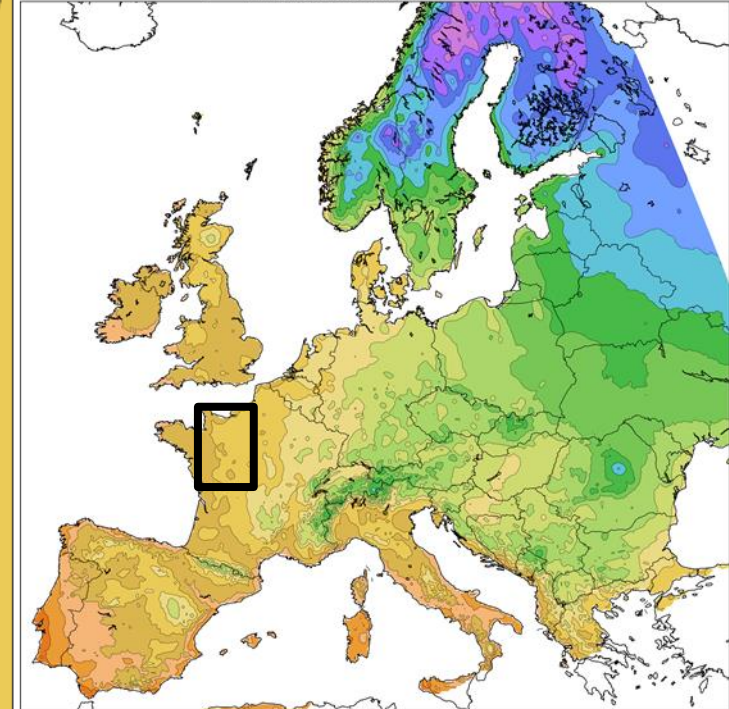


## Winterhardheidszones 2085, GL scenario

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)

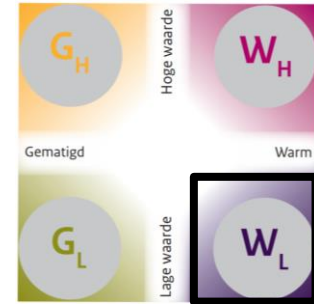
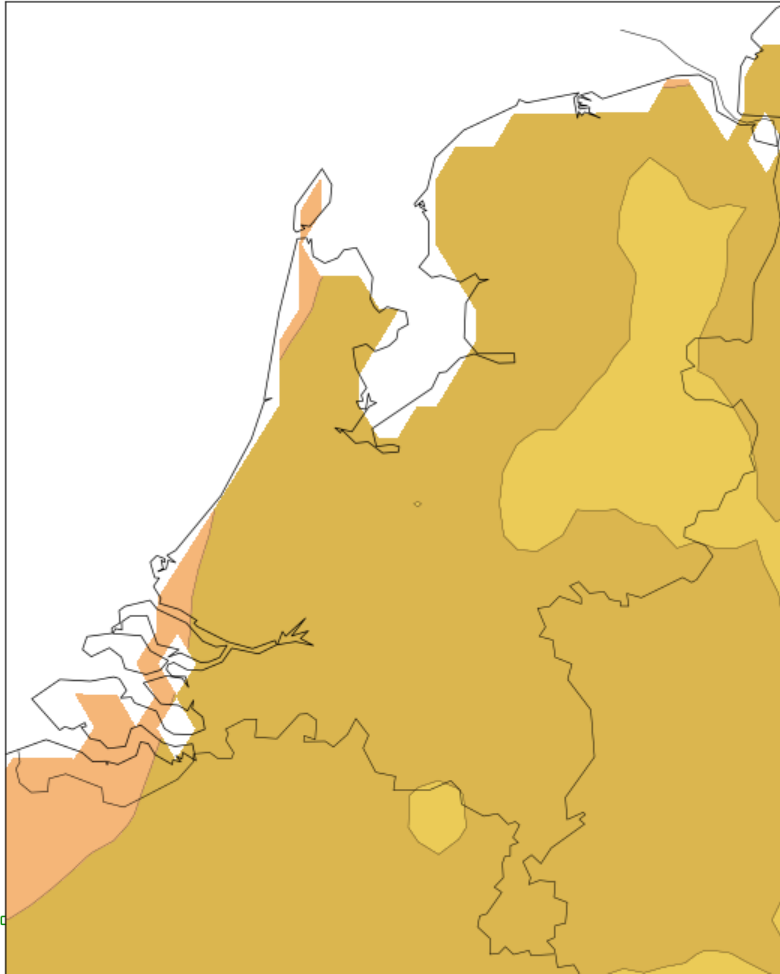


Winterhardheidszones 1991 - 2020

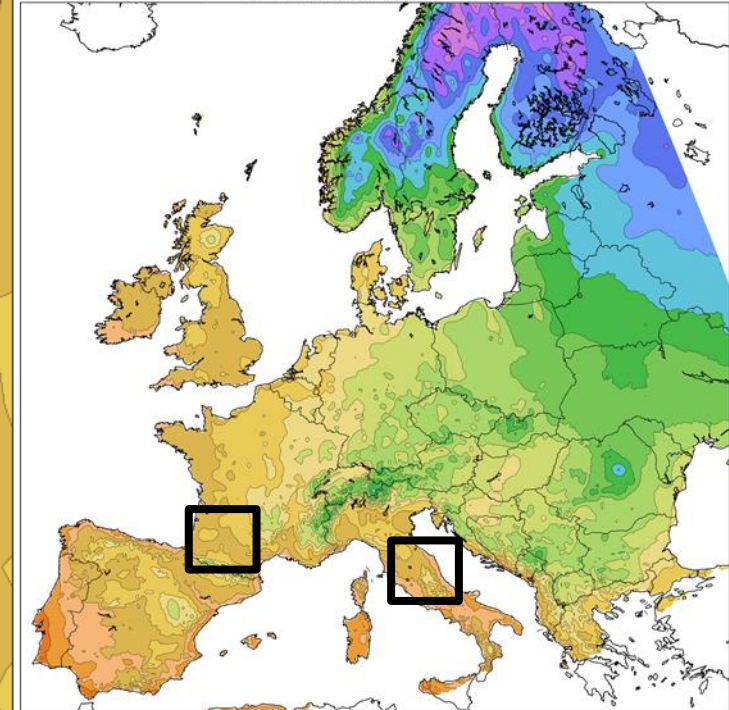


## Winterhardheidszones 2050, WL scenario

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)

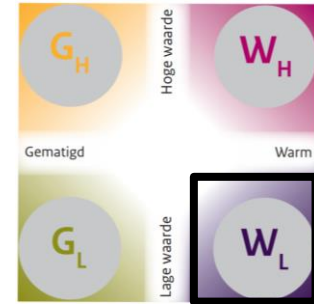
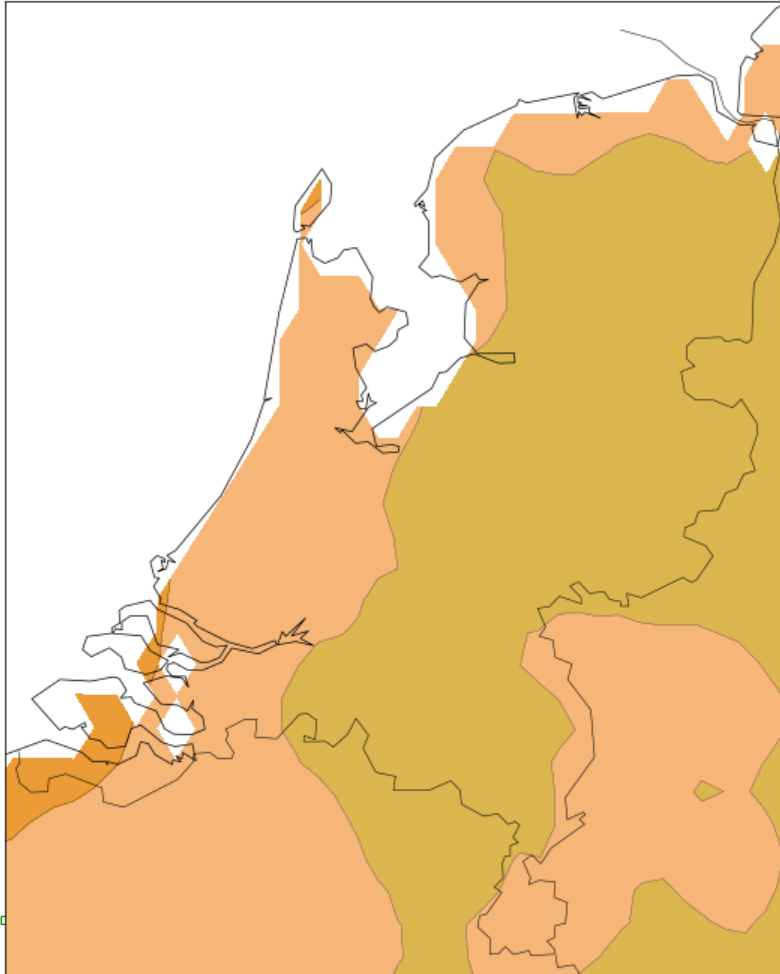


Winterhardheidszones 1991 - 2020

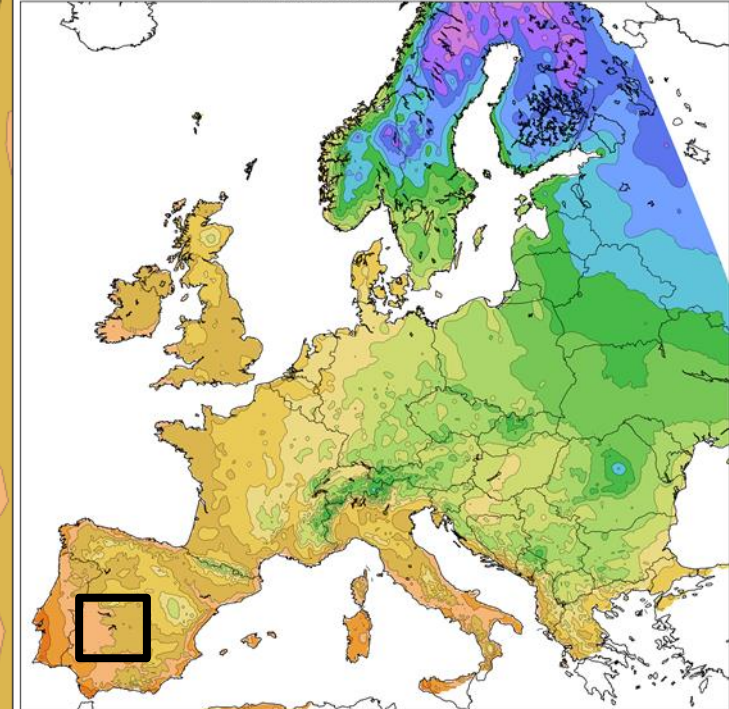


## Winterhardheidszones 2085, WL scenario

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)

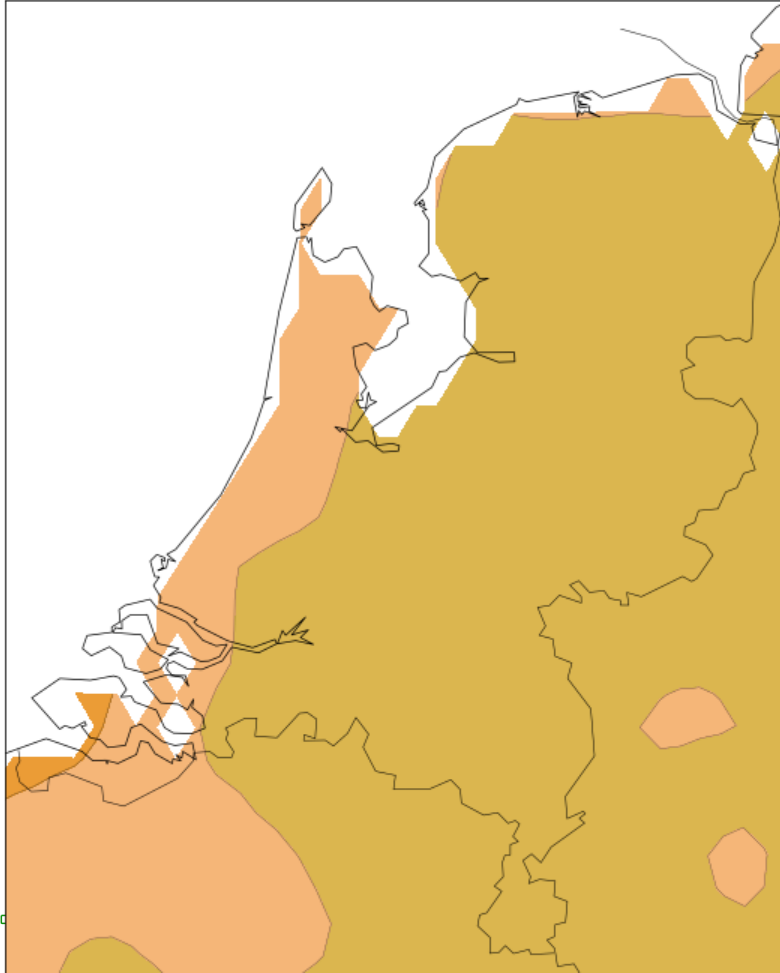


Winterhardheidszones 1991 - 2020

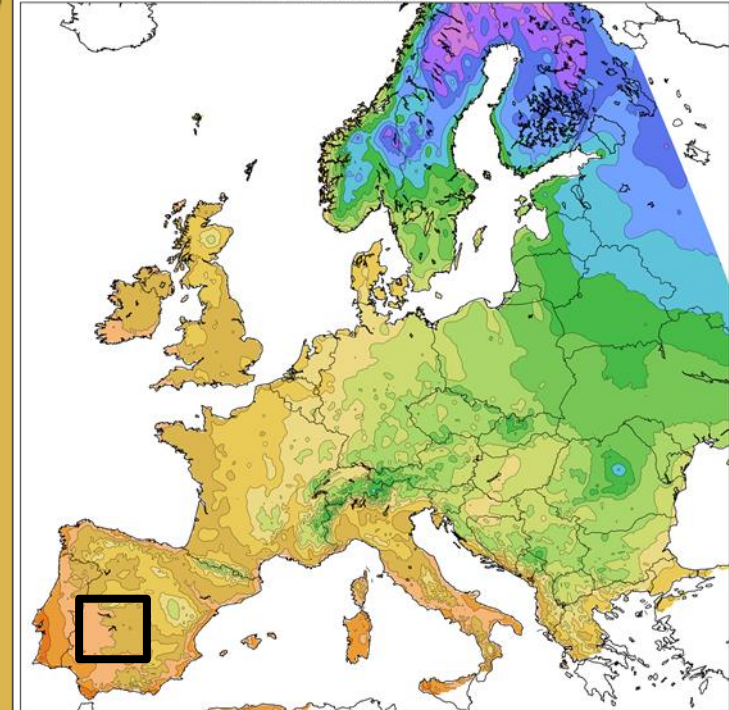


## Winterhardheidszones 2050, WH scenario

- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)

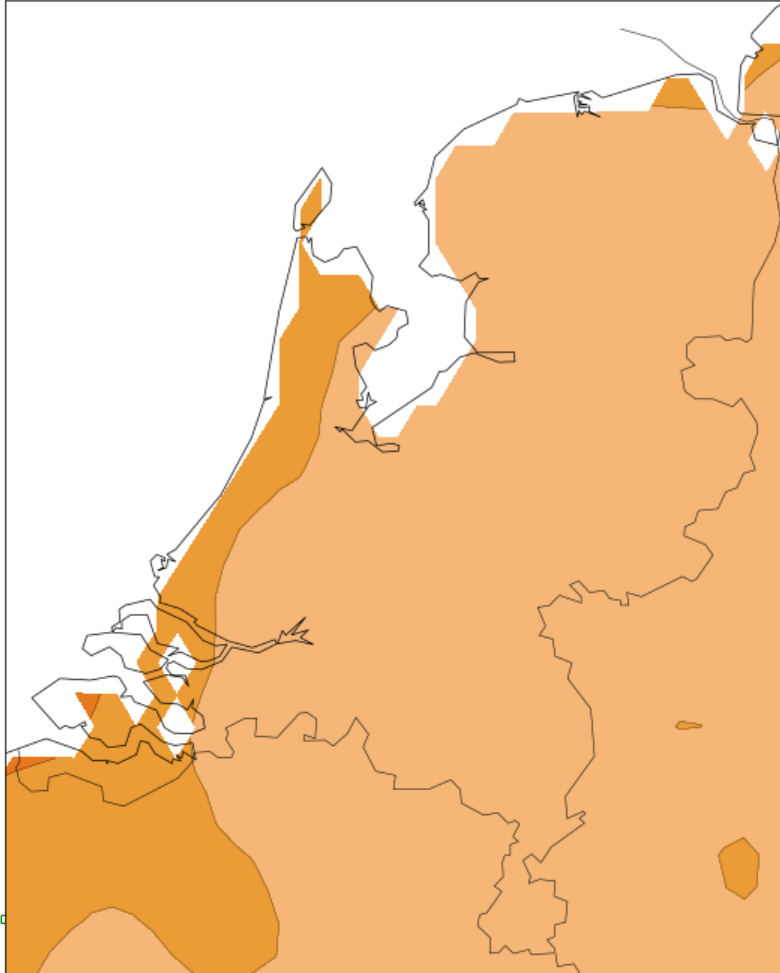


Winterhardheidszones 1991 - 2020

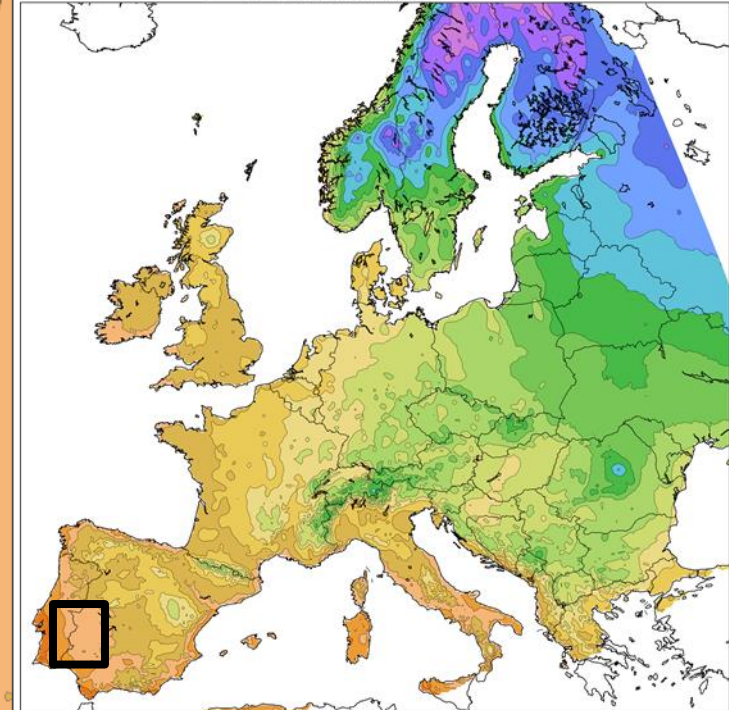


## Winterhardheidszones 2085, WH scenario

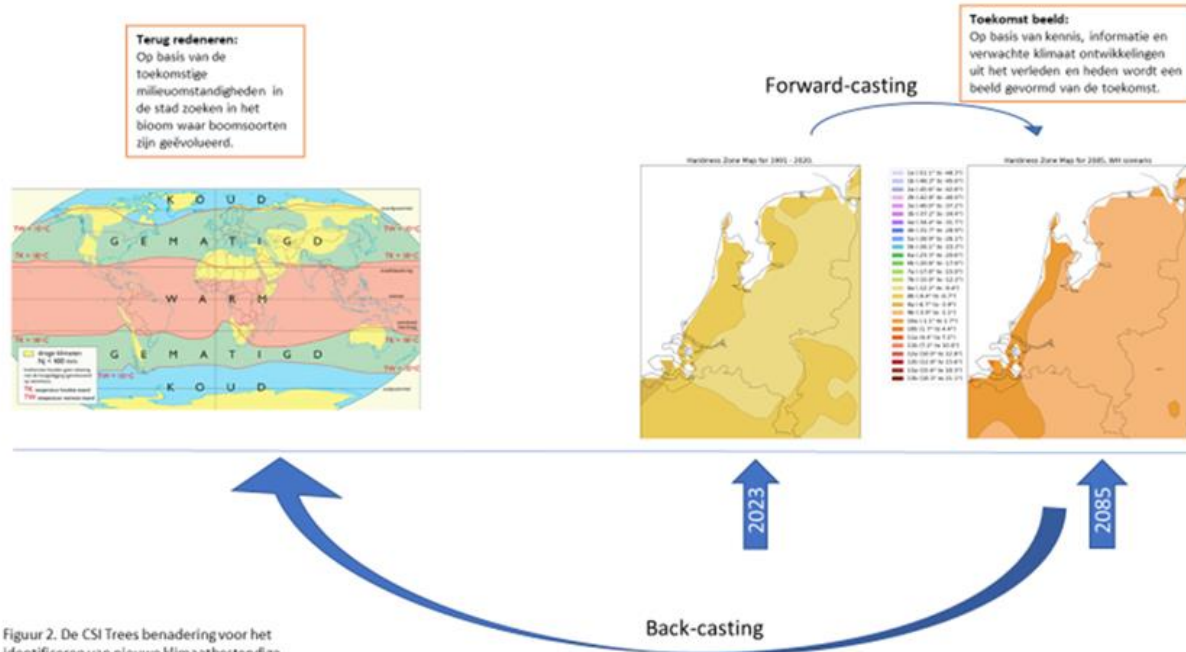
- 1a (-51.1° to -48.3°)
- 1b (-48.3° to -45.6°)
- 2a (-45.6° to -42.8°)
- 2b (-42.8° to -40.0°)
- 3a (-40.0° to -37.2°)
- 3b (-37.2° to -34.4°)
- 4a (-34.4° to -31.7°)
- 4b (-31.7° to -28.9°)
- 5a (-28.9° to -26.1°)
- 5b (-26.1° to -23.3°)
- 6a (-23.3° to -20.6°)
- 6b (-20.6° to -17.8°)
- 7a (-17.8° to -15.0°)
- 7b (-15.0° to -12.2°)
- 8a (-12.2° to -9.4°)
- 8b (-9.4° to -6.7°)
- 9a (-6.7° to -3.9°)
- 9b (-3.9° to -1.1°)
- 10a (-1.1° to 1.7°)
- 10b (1.7° to 4.4°)
- 11a (4.4° to 7.2°)
- 11b (7.2° to 10.0°)
- 12a (10.0° to 12.8°)
- 12b (12.8° to 15.6°)
- 13a (15.6° to 18.3°)
- 13b (18.3° to 21.1°)



Winterhardheidszones 1991 - 2020



# Wat is de CSI Trees benadering?



Figuur 2. De CSI Trees benadering voor het identificeren van nieuwe klimaatbestendige stadsbomen

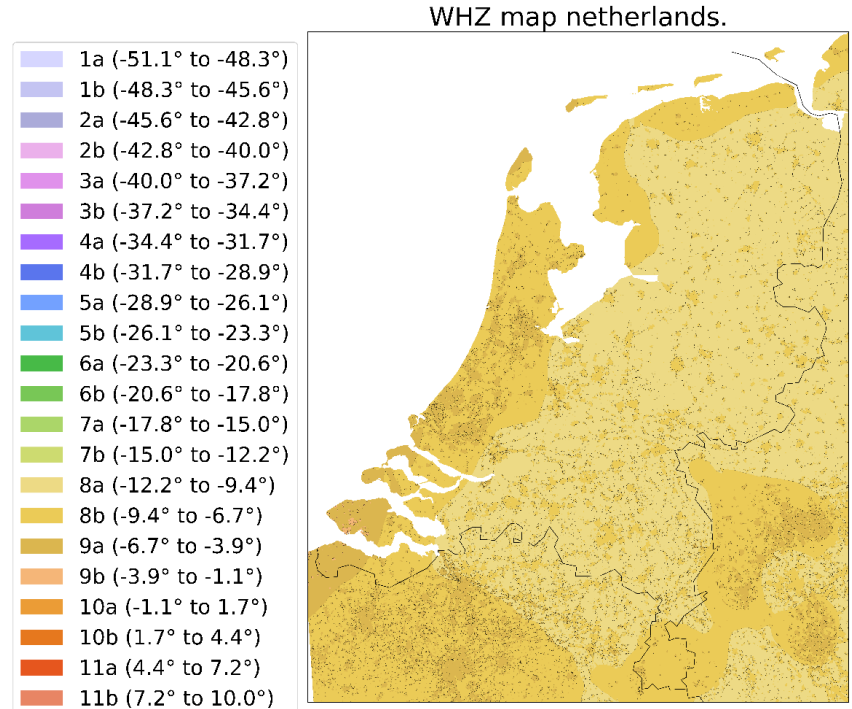
# Samenvatting voorspellende kaarten

Scenario	2050 verschuiving*	2050 vergelijkbaar met	2085 verschuiving	2085 vergelijkbaar met
G <sub>L</sub>	~1	Noord-FR	~1	West-FR
G <sub>H</sub>	~1	West-FR	~2	Zuid-FR, Noord-EN
W <sub>L</sub>	~2	Zuid-FR, Centraal-IT	~3	Centraal-SP
W <sub>H</sub>	~3	Centraal-SP	~4	Zuid-PT

\* Aantal winterhardheidszones opschuiving t.o.v. het 1991-2020 gemiddelde

# Winterhardheidszonekaart van Nederland

- 100x100m
- klimatologische periode 1991-2020
- verstedelings dataset naar Demuzere et al. 2019



# Wat kun je met de gemiddelde temperatuur

Over hele jaar gemeten gemiddelde

- (Annual Average Temperature -> AAT)

Kunnen ecologische studies bijdragen aan het in beeld brengen van klimaatadaptieve bomen?

Werk van Wiegier Wamelink is inspirerend en van belang als methodologie voor CSI Trees



## Voor 40 procent plantensoorten wordt Nederland te warm

*Wageningen Environmental Research*

9-AUG-2018 - Elke plantensoort heeft zijn eigen voorkeur voor de gemiddelde jaartemperatuur. Nu al is Nederland eigenlijk te warm voor zo'n 100 plantensoorten. Bij een verdere temperatuurstijging van drie graden zou Nederland voor bijna 500 plantensoorten te warm worden. Dit is 40 procent van alle soorten. Hieronder zijn 180 Rode Lijstsoorten. Nederland wordt echter ook geschikt voor 1000 zuidelijke soorten.

# Gevolgen gemiddelde temperatuurstijging op plantengroei

- Plantensoorten over de hele wereld moeten direct en indirect reageren op deze temperatuursverandering
  - door zich aan te passen
  - te migreren
  - of te verdwijnen

Article

## The Netherlands may lose up to 40% of its plant species due to climate change

G. W. Wieger Wamelink, Katrien Kurvers

This is a preprint; it has not been peer reviewed by a journal.

Annual Average Temperature (AAT) GEMMIDDELDE JAARTEMPERATUUR

Short	Latin	SpecNr	Count	BestDf	Cmean	Cmedian	percentielberekeningen AAT					range (950-050)	AAT landelijk gebied NL
							C_050	C_250	C_500	C_750	C_950		
Querpedu	Quercus pedunculiflora	22444	52	5	7.7	7.4	6.3	6.9	7.4	8.6	9.6	3.3	
Querpet1	Quercus petraea agg.	61369	2420	5	8.1	8.1	5.4	7.0	8.1	9.2	10.6	5.3	
Querxca	Quercus x calvoscens	64464	183	5	8.9	8.8	8.0	8.4	8.8	9.3	10.2	2.2	
Querpoly	Quercus polycarpa	22448	71	3	9.3	9.0	5.8	7.8	9.0	10.4	13.9	8.1	
Querrobu	Quercus robur	22457	32219	5	8.9	9.0	4.7	7.6	9.0	10.4	12.8	8.1	AAT al overschreden met 1.5C
Querxro	Quercus x rosacea	45834	231	5	9.5	9.9	6.9	8.2	9.9	10.7	11.4	4.5	
Querrubr	Quercus rubra	22466	2839	5	9.9	10.0	7.5	9.0	10.0	10.7	12.1	4.6	huidige AAT Nederland = 10.5C
Querpetr	Quercus petraea	22445	35832	5	10.4	10.9	4.1	8.5	10.9	12.6	15.1	11.0	
Querfagi	Quercus faginea	22507	83	5	11.7	11.8	10.7	11.5	11.8	12.0	12.4	1.6	smalle bandbreedte
Querrpr	Quercus robur subsp. robur	22459	177	5	12.1	12.5	10.3	11.9	12.5	13.2	14.4	4.1	
Querpyre	Quercus pyrenaica	22455	376	5	13.1	13.1	11.3	12.4	13.1	13.8	14.8	3.6	
Querpube	Quercus pubescens	22449	10782	5	13.2	14.7	-0.7	12.4	14.7	16.9	18.7	19.5	grote bandbreedte
Quercren	Quercus crenata	22503	27	3	14.9	14.8	12.6	13.8	14.8	15.9	17.9	5.3	
Quercurr	Quercus cerris	22497	3410	5	15.3	15.5	11.5	14.1	15.5	17.0	18.6	7.1	
Querppp	Quercus pubescens subsp. pubescens	22451	1565	5	15.5	16.1	11.6	14.4	16.1	17.6	18.9	7.3	
Quercong	Quercus congesta	22502	251	5	16.1	16.1	14.3	15.5	16.1	16.8	18.0	3.7	
Querilex	Quercus ilex	22435	4754	5	16.1	16.5	12.4	14.6	16.5	17.9	18.9	6.5	
Queripi	Quercus ilex subsp. ilex	44648	1205	5	16.4	16.6	13.6	15.3	16.6	17.7	18.8	5.2	
Quersube	Quercus suber	22470	705	4	16.8	16.9	14.2	15.6	16.9	18.1	19.0	4.8	
Querfrai	Quercus frainetto	22510	501	5	16.7	17.0	13.3	15.6	17.0	18.1	19.0	5.7	
Quertroj	Quercus trojana	22472	37	2	16.9	17.4	12.9	15.8	17.4	18.4	19.1	6.1	
Querdale	Quercus dalechampii	22505	977	5	17.4	17.8	14.7	16.7	17.8	18.6	19.1	4.3	
Quercocc	Quercus coccifera	22498	637	5	17.5	17.9	14.2	16.7	17.9	18.7	19.1	4.9	
Quermacr	Quercus macrolepis	22440	44	2	18.3	18.6	16.6	17.9	18.6	18.9	19.2	2.6	

AAT landelijk gebied NL

AAT al overschreden met 1.5C

huidige AAT Nederland = 10.5C

smalle bandbreedte

grote bandbreedte

AAT binnen stedelijk gebied NL

Zeer geschikt voor droog tot  
zeer droge standplaatsen

*Acer campestre* (Spaanse aak)

*Acer platanoides* (Noorse esdoorn)

*Betula pendula* (ruwe berk)

*Carpinus betulus* (haagbeuk)

*Populus tremula* (ratelpopulier)

*Prunus avium* (wilde kers)

*Robinia pseudoacacia* (gewone acacia)



## Fenotyperen van klimaatgerelateerde adaptieve kenmerken

- ✓ Verschillende boomsoorten of  
zaadherkomsten onder dezelfde  
omstandigheden gemeten
- ✓ Allemaal dezelfde stress gelijktijdig  
aangeboden
- ✓ Inzicht in eigenschappen en  
adaptatiemogelijkheden van een soort
- ✓ Opstellen van een empirisch opgesteld  
classificatiesysteem



Meten fysiologische en  
morfologische  
eigenschappen:

Fenotyperen (**snappen hoe  
de boomsoort werkt**)

Alle verschillende planten onder dezelfde  
omstandigheden

Allemaal dezelfde stress gelijktijdig  
aangeboden



# Meten

## Telemetrisch (camera's/sensoren)

- NIR/3D/warmtebeelden/RGB

## Gravimetrisch

(continue gewichtsmetingen van iedere afzonderlijke plant)

- Evaporatie
- Transpiratie

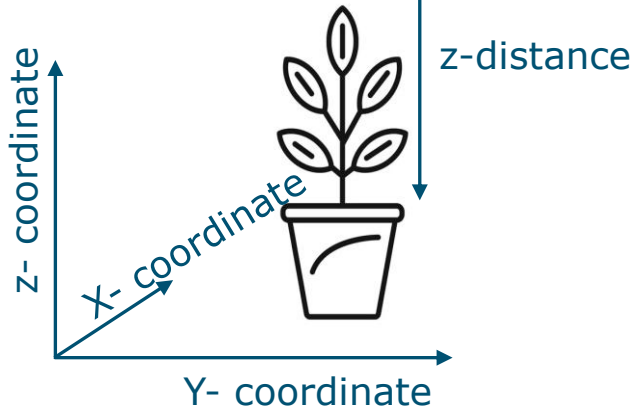


# Van TerraBytes chocola maken

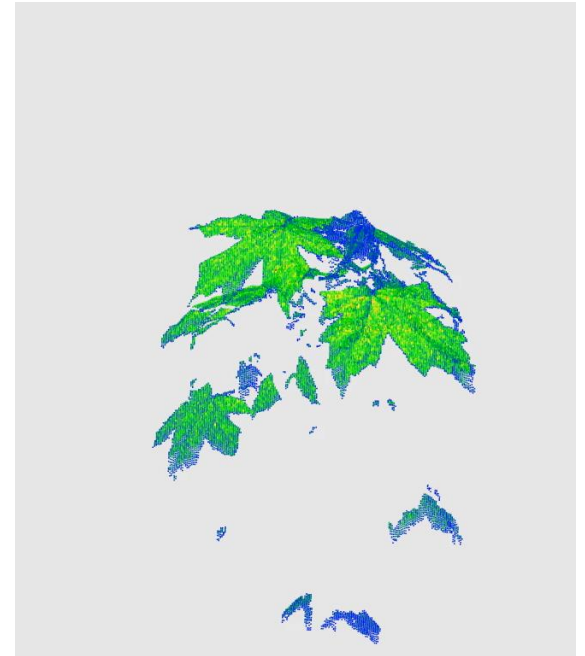
- Data->
- Dataopslag->
- Data-analyse met speciale software->
- Grafieken/tabellen/foto's: **inzicht in de planteigenschappen**
- Sorteren en in overzichts tabellen zetten
  - Resultaat: tabel droogtegevoeligheid en aanpassingsmogelijkheden van de betreffende boomsoort

# PlantEye - camera

PlantEye - f500



- 3D point-cloud
- RGB
- NIR



Parameters, zoals:

- Digitale biomassa
- 3D Blad oppervlak
- NDVI index (indicatie van fotosynthese)
- Bladtempertuur

# De proef online monitoren – SPAC analytics

**SPAC ANALYTICS**

Lydia Meesters

Home

Experiments

Analysis

- Graph viewer
- Histogram
- T test
- Anova
- Fitting

Knowledge center NEW

Support

Graph viewer


Filter

From 27/05/2023 To 07/06/2023

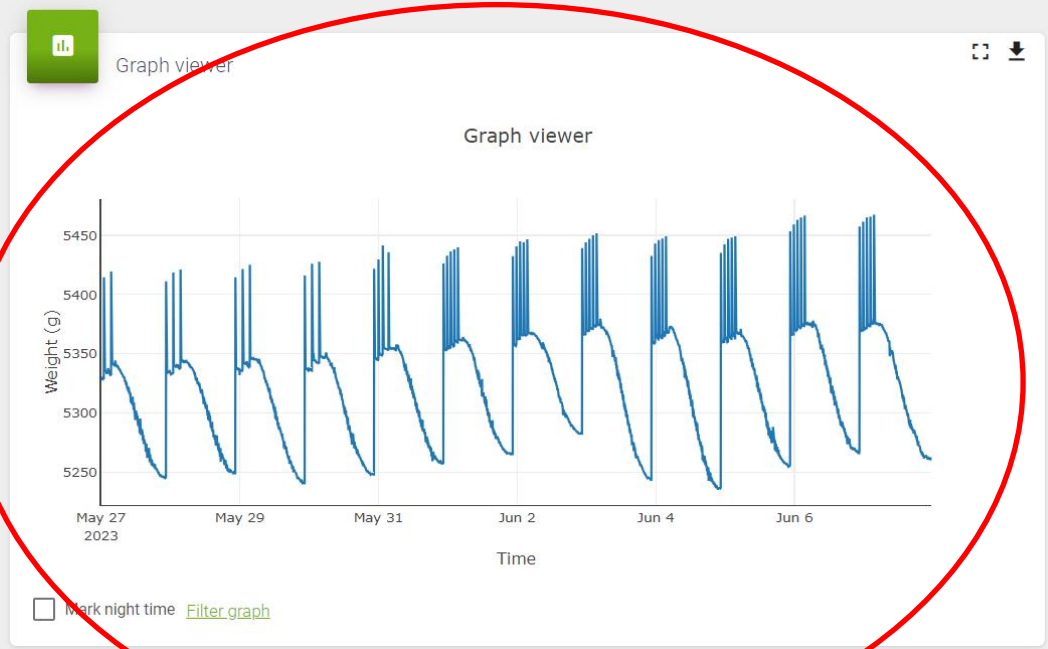
Labels

Plants (1)  
C\_DR\_A125 (2)

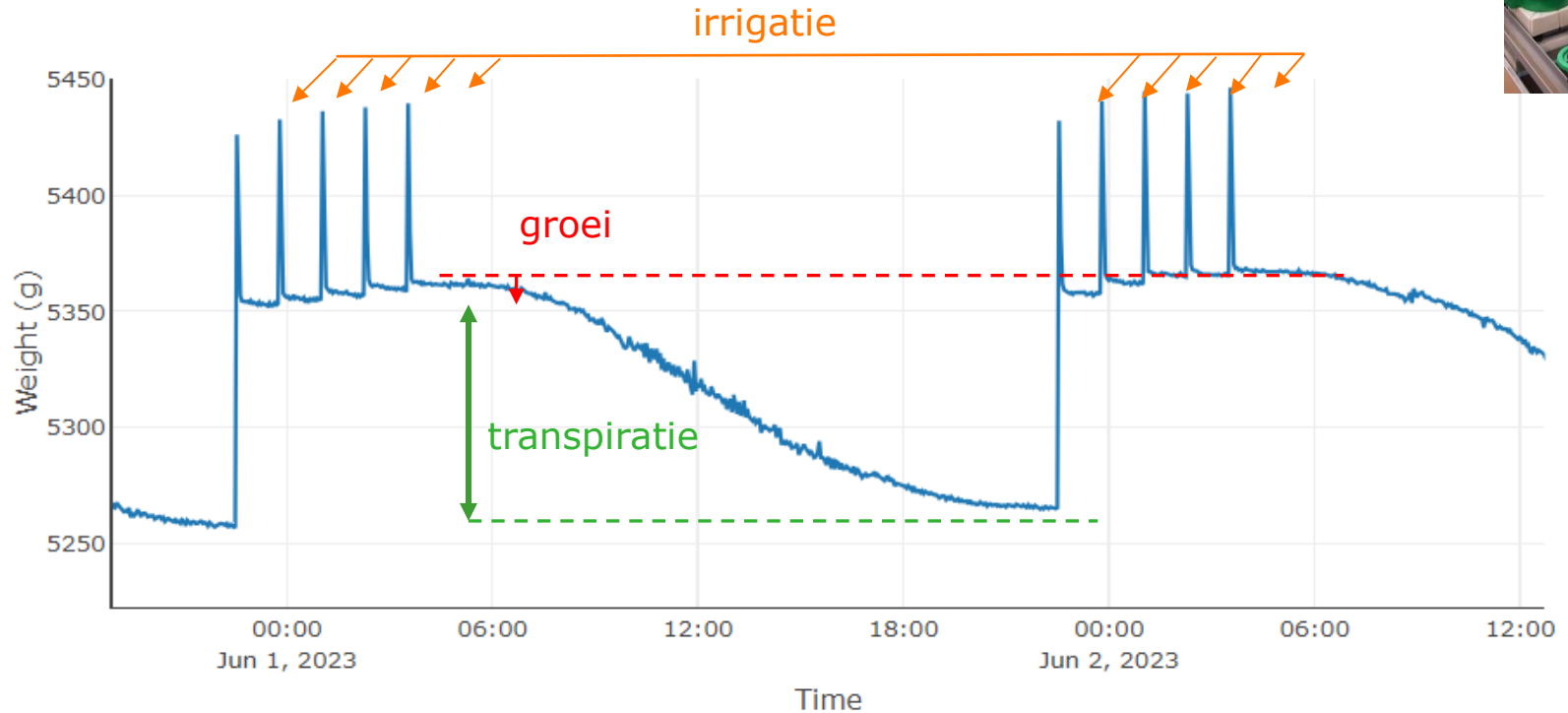
- Weight
- Weight Sm
- Weight No
- Transpirat
- E
- Gs canopy (Watchdog)



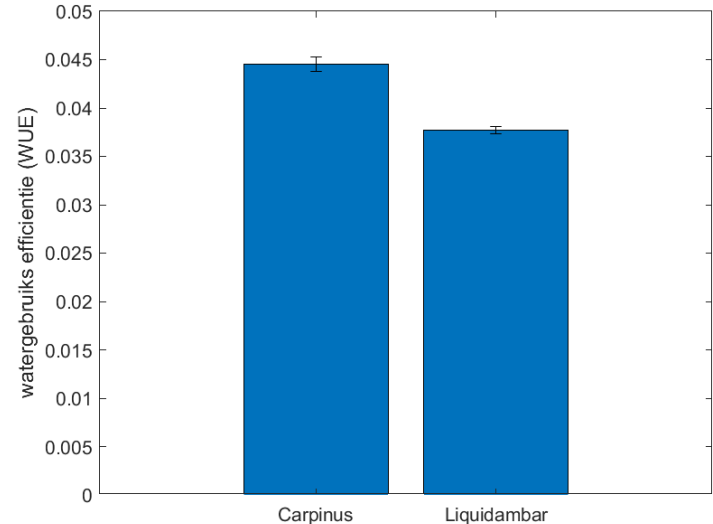
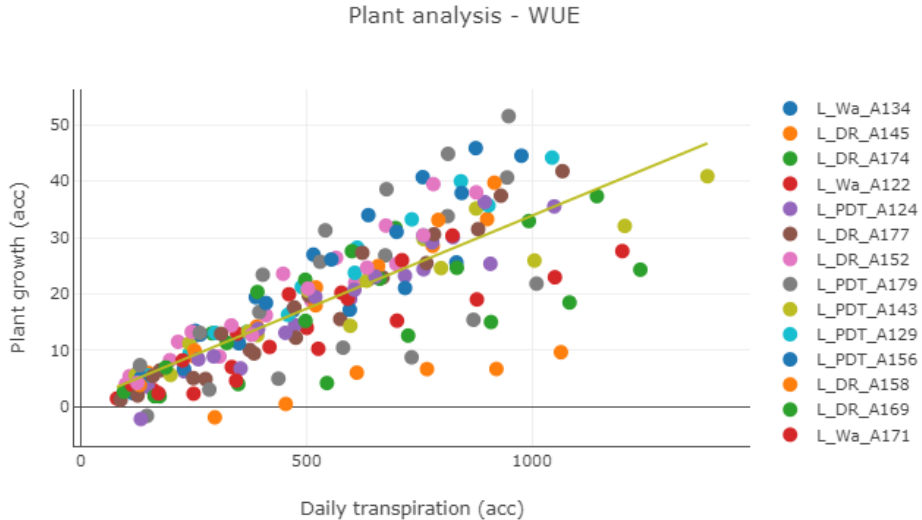
WUR-NPEC - Ravesloot stadsbomen May 2023



# Koolstofvastleging per boomsoort onder normale en stresscondities



# Watergebruik efficiëntie van boomsoorten



Liquidambar WUE = 0.037

Carpinus WUE = 0.044

# Stappen in stress proeven



1 acclimatiseren



2 stressperiode



3 opheffen stress

# Samenwerking CSI Trees <-> NPEC



# Welke classificatie levert meerwaarde in de groene keten?

## ■ Interspecifiek

- Boomsoorten onderling vergelijken en ranken
- Straatbomen, laanbomen
- Ideaaltypering voor verschillende standplaatsen

## ■ Intraspecifiek

- Fenotypen binnen een soort
- Vergelijken zaadherkomsten voor stad en bosbouwkundige toepassing
- Acer plat. cv's onderling vergelijken en ranken
- Verschil op eigen wortel of veredeld

# Gelijktijdig meten van heel veel soorten of zaadherkomsten

CSI Trees: climate adaptiver trees for the future

Authors: Ayodeji Deolu- Ajayi & Marc Ravesloot

Table 1: Overview of response of 45 common tree species found in the Netherlands to salinity based on literature review. Status of the tree species is represented as sensitive (S), slightly sensitive (sS) slightly resilient (sR) and resilient (R) to salinity based on a compilation of studies (Marosz and Nowak 2008; Dmuchowski et al. 2011, 2021, 2022; Bąbelewski et al. 2017; Šerá 2017; Patykowski et al. 2018; Zhou et al. 2018). To measure salt sensitivity or tolerance, trees where cultivated in controlled experiments with soil pots where specific concentrations of NaCl solution where added to induce salinity. The other option was uncontrolled experiments where measurements were taken on trees growing on roadsides in areas with short or long-term salt exposure .

Species	Tree response to salinity	Status	Additional information
Acer campestre	The species is relatively tolerant due to observed response under uncontrolled saline conditions.	sR	Drought resilient in controlled pot experiments (Kunz et al. 2016; Monteiro et al. 2017).
Acer negundo	Observed as a tolerant species due to no significant impact on tree length in soil pots containing high salinity levels.	R	Drought resilient species (Haase and Hellwig 2022).
Acer platanoides	Contradictory report on both sensitive and tolerant response in controlled soil pot experiments. The species was also sensitive in uncontrolled saline soil conditions.	S, sS,	Drought resilient in controlled pot experiments but has slower recovery after drought events (Kunz et al. 2016; Monteiro et al. 2017).
Acer pseudoplatanus	Tolerant response in experiments with saline soil pot experiments.	sS	Drought and heat sensitive (Haase and Hellwig 2022).
Acer saccharinum	Observed as a salt sensitive species in uncontrolled saline soil conditions.	S	

# Resultaat

- Indeling van boomsoorten en zaadherkomsten voor:
  - Stress-respons op aangeboden stress
  - Plasticiteit per boomsoort
  - Watergebruik efficiëntie (WUE)
  - Kritisch verwelkingspunt
  - Data voor modellering boomgroei (CO2 certificaten)
  - Empirische bepaalde classificatie boomsoorten voor specifieke standplaatsen
  - Bovenstaande voor bestaande boombestand en toekomstbomen

# Samenvattend

- Klimaatverandering is inmiddels een **autonoom proces** waarop we weinig of geen invloed hebben: meebewegen met klimaatverandering is enige optie
- De snelheid van klimaatverandering loopt **asynchroon ten opzichte aanpassingsnelheid van houtige gewassen**
- **Atmosferische droogte** is nieuwe vitaliteitsbepalende drukfactor voor Nederland
- Tijdig starten met het in beeld brengen van nieuwe boomsoorten **voorkomt onnodige en moeilijk te becijferen maatschappelijke schade en bring nieuwe verdienmodellen in beeld**
- De natuur heeft genetisch **veel meer te bieden** dan we momeneel gebruiken
- Stelling: inheems/uitheems discussie is **niet relevant** voor onze toekomstige groene stedelijke infrastructuur
- **Begeleide en weloverwogen introductie** van nieuwe boomsoorten is kansrijk

# Vooronderzoek CSI Trees: climate adapted trees with future

**CSI Hoofdonderzoek:** Marc Ravesloot, Lydia Meesters, Joukje Buiteveld, Bert Heusinkveld, Jelle Hiemstra, Gert Jan Steeneveld, Guido Bakema, Channon Dill, Wieger Wamelink, Paul Copini, Rick van der Zedde (NPEC), Marco Hoffman (NAKT), Charrel Buddendorf (Smartgreen-Research), Amanda Krijgsman, Jannick Versteegen (NPEC), David Brink (NPEC), Lucas Smitz (NPEC), Fedde IJsbrandij, Thomas Been, Niels Diktus (Tenax), Garnt Dijksterhuis, Martin Goossen, Menachem Mochelion (Universiteit van Jerusalem)

**Consortium partners:** Mark-Jan Terwindt, Ilse Roggeveel (Anthos), Jan de Vries, Jeroen van den Oever, Martin Houben, Toon Ebben, Pieter van den Berk, Erik Fidder, Jeroen van Gaalen, Peter Huis in 't Veld, Hans Kaljee, Nico Kelderhuis, Leendert Koudstaal, Tony Pipping, Rudy Scheper, Marcel Wenker, Jan Winter.

**WUR studenteninzet:** Jesse Brand, Katarina Wache, Lidia Thelen



# Hoofdonderzoek CSI Trees: climate adapted trees with future

**CSI Hoofdonderzoek:** Marc Ravesloot, **Marilena Willemsen**, Lydia Meesters, Joukje Buiteveld, Bert Heusinkveld, Jelle Hiemstra, Gert Jan Steeneveld, Guido Bakema, Channon Dill, Wieger Wamelink, Paul Copini, Rick van der Zedde (NPEC), Marco Hoffman (NAKT), Charrel Buddendorf (Smartgreen-Research), Amanda Krijgsman, Jannick Versteegen (NPEC), David Brink (NPEC), Lucas Smitz (NPEC), Fedde IJsbrandii, Thomas Been, Niels Diktus (Tenax), Garnt Dijksterhuis, Martin Goossen, Menachem Mochelion (Universiteit van Jerusalem)

**Consortium partners:** Mark-Jan Terwindt, Ilse Roggeveel (Anthos), Jan de Vries, Jeroen van den Oever, Martin Houben, Toon Ebben, Pieter van den Berk, Erik Fidler, Jeroen van Gaalen, Peter Huis in 't Veld, **Martien Mantje**, Hans Kaljee, Nico Kelderhuis, Leendert Koudstaal, Tony Pipping, Rudy Scheper, Marcel Wenker, Jan Winter. **NEPROM (KAN projectontwikkelaars)**, **Norminstituut Bomen**, **TCO?**

**WUR studenteninzet:** Jesse Brand, Katarina Wache, Lidia Thelen, **Roos Obbema**



Berikpakket	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Titel werkpakket</b>	Koppeling geactualiseerde winterhardheidszonekaarten aan de de winterhardheid van boomsoorten	Standplaatsfactoren van toekomstige stadsbodems	Hitte en VDP zonekaarten van Nederlandse steden	Tree Tracking Interface (TTI)	Nieuwe boomsoorten en zaadherkomsten in beeld en beschikbaar gesteld na import aan het boomkwekerij bedrijfsleven	Fenotyperen en classificeren op stressfactoren en herstel van boomsoorten en zaadherkomsten	Ex ante evaluatie verspreidingsgedrag van nieuwe in beeld gebrachte boomsoorten	Ex ante evaluatie op biodiversiteit en fytopathologie
<b>Betrokken onderzoekers</b>	Thomas Been Marilena Willemsen Marco Hoffman Marc Ravesloot	Gydo Bakema Amanda Matson Marc Ravesloot	Gert Jan Steeneveld Marilena Willemsen Lucas Hulsman Bert Heusinkveld Marc Ravesloot	Fedde Sybrandii Marc Ravesloot Marilena Willemsen	Marc Ravesloot Jelle Hiemstra Joukje Buiteveld Paul Copini Marilena Willemsen	Marc Ravesloot Lydia Meesters Charrel Buddendorf Joukje Buiteveld Paul Copini NPEC medewerkers	Radboud Universiteit (vacant) Wieger Wamelink Marc Ravesloot	Jelle Hiemstra Radboud Universiteit (vacant) Wieger Wamelink Marc Ravesloot
<b>Periode</b>	2025	2025-2026	2026 - 2027	2025- Q1 2026	2026	2025 -2028	2027 - 2028	2027 - 2028
<b>Type onderzoek</b>	Automatisering	Modeling & Mapping	Modeling & Mapping	Automatisering	Data-analyse	Laboratorium onderzoek	Literatuurstudie & Analyse	Literatuurstudie & Analyse
<b>WUR onderdelen</b>	Agrosysteemkunde	WENR, Agrosysteemkunde	Leerstoelgroep Meteorologie & luchtkwaliteit, Agrosysteemkunde	Agrosysteemkunde	Agrosysteemkunde, Open teelten, WENR	Agrosysteemkunde, NPEC, Food & Biobased Research (FBR), WENR	WENR, Agrosysteemkunde, Open Teelten	WENR, Agrosysteemkunde, Open Teelten
<b>Resultaat</b>	GUI (graphical user interface) om boomsoorten te selecteren die voldoende winterhard zijn voor de gekozen locatie	Systematiek ontwikkelen om te bepalen hoe bodemgerateerde factoren de komende decennia gaan veranderen. Het is voorzien deze inzichten toe te voegen aan de GUI die gemaakt is bij werkpakket A.	Systematiek ontwikkelen om te bepalen hoe atmosferische factoren de komende decennia gaan veranderen. Het is voorzien deze inzichten toe te voegen aan de GUI die gemaakt is bij werkpakket A.	Een geautomatiseerd zoekstelsel dat op basis van het zoekprofiel boomsoorten en zaadherkomsten in beeld brengt	Kandidaatlijst klimaat adaptieve boomsoorten voor de toekomstige Nederlandse en Europese steden	Classificatie van boomsoorten op basis van enkelvoudig of meervoudig aangeboden milieustress, data over watergruiksefficientie, kritisch verwelkingspunt en koolstofvastlegging	Inschatting van introductie risico's zoals invasiviteit (begeleide introductie)	Optimale inschatting van bijdrage aan biodiversiteit en risico's van fytopathologie
<b>Bereik/afbakening</b>	Nederland en Europa	Voor maximaal 2 steden die sterk te maken krijgen met bodemdaling worden pilotkaarten gemaakt	Europa	Het werk beperkt zich tot boomsoorten.	Beschreven boomsoorten uit gematigde streken van de Wereld	Boomsoorten (bestaande boombestand en potentieel nieuwe boomsoorten) en zaadherkomsten	Geen afbakening, alleen beschikbaarheid van data bepaalt de volledigheid van de analyse	Boomsoorten die niet inheems zijn in Europa voor ziekteverwekkers, biodiversiteit geen afbakening

# Belang voor TCO

- Bestaande boombestand doorgemeten en geclassificeerd
- Nieuw boombestand in beeld en geïntroduceerd
- Winterhardheidslijst gekoppeld aan winterhardheidszones
- Kaarten (100x100m) voor VDP, Hitte.....gekoppeld aan gebruikersinterface
- Evaluatie vooraf voor potentiële bijdrage stadsbiodiversiteit, risico op insleep pathogenen, risico op ongebreidelde verspreiding

# Vragen vanuit TCO (Goos)

- resultaten CSI 1: onderzoeksstructuur, team samenstellen, trainen team fenotyperen houtige gewassen, databestanden bij elkaar brengen, winterhardheidszonekaarten updaten, webinars, vakbladartikelen, lezingen
- waarom csi deel 2: CSI fase 1 gericht op hoe doe je dit onderzoek, welke onderzoekers heb ik nodig, trainen van onderzoekers, fase 2 de uitvoering
- waar focus je op in het onderzoek: bomen stedelijk gebied
- wat vraag je precies: 25% private cofinancieringsopgave (21.300/jaar)
- wat krijgen de hiervoor terug. (zit er ook onderzoeksgeld voor kwekers issues bij bv?):
- Classificatie met doorgemeten data v/h bestaand boombestand (irrigatiebehoefte/toleranties (zouttolerantie/droogtetolerantie, tijdelijke wateroverlast)

# Status en commitment

- Voorstel is gehonoreerd door topsector
- Eind maart dienen CA's te zijn getekend



Format versie maart 2024

---

## **Titel PPS-voorstel:**

**Hoofdonderzoek CSI-Trees: klimaat adaptieve bomen voor de toekomst**

---

## **Algemene informatie**

### **Contactgegevens indiener/penvoerder (niet de onderzoeksinstituting)**

Naam: Mark-Jan Terwindt  
Organisatie: Stichting De Groene Stad  
e-mailadres: terwindt@anthos.org

### **Contactgegevens onderzoeksinstituting**

Naam: Drs. M(arc). B.M. Ravesloot  
Organisatie: Wageningen Plant Research, BU Agrosysteemkunde  
e-mailadres: marc.ravesloot@wur.nl

### **Het PPS-voorstel draagt bij (Let op: slechts 1 vakje aankruisen):**

#### **aan missie:**

- 1. Veerkrachtige natuur
- 2. Duurzame land- en tuinbouw
- 3. Vitaal landelijk gebied in een klimaatbestendig Nederland
- 4. Duurzaam en gewaardeerd voedsel, dat gezond, toegankelijk en veilig is

## Gehonoreerde topsector begroting

Kosten	2025	2026	2027	2028	2029	totaal
	in €					
kosten onderzoeksorganisaties	427,399	401,344	370,713	369,984	0	1,569,440
kosten overige partners	46,440	46,440	46,440	46,440	0	185,760
<b>Totaal kosten</b>	<b>473,839</b>	<b>447,784</b>	<b>417,153</b>	<b>416,424</b>	<b>0</b>	<b>1,755,200</b>
<b>Financiering</b>						
Cofinanciering	2025	2026	2027	2028	2029	totaal
In kind bijdrage private partners	46,440	46,440	46,440	46,440	0	185,760
In kind bijdrage publieke partners	0	0	0	0	0	0
Cash bijdrage private partners (tabel cash)	85200	85200	85200	85200	0	340800
Cash bijdrage publieke partners (tabel Cash)	87760	87760	87760	87760	0	351040
<b>Totaal cofinanciering</b>	<b>219,400</b>	<b>219,400</b>	<b>219,400</b>	<b>219,400</b>	<b>0</b>	<b>877,600</b>
Gevraagde publieke bijdrage	2025	2026	2027	2028	2029	totaal
gevraagde WR capaciteit/TO2 bijdrage	234,439	208,384	177,753	177,024	0	797,600
gevraagde PPS toeslag	20,000	20,000	20,000	20,000	0	80,000
<b>Totaal gevraagde publieke bijdrage</b>	<b>254,439</b>	<b>228384</b>	<b>197753</b>	<b>197024</b>	<b>0</b>	<b>877,600</b>
Totale cash in het project						1569440
<b>Totaal financiering</b>	<b>473,839</b>	<b>447,784</b>	<b>417,153</b>	<b>416,424</b>	<b>0</b>	<b>1,755,200</b>

Bedankt voor uw aandacht



32

