

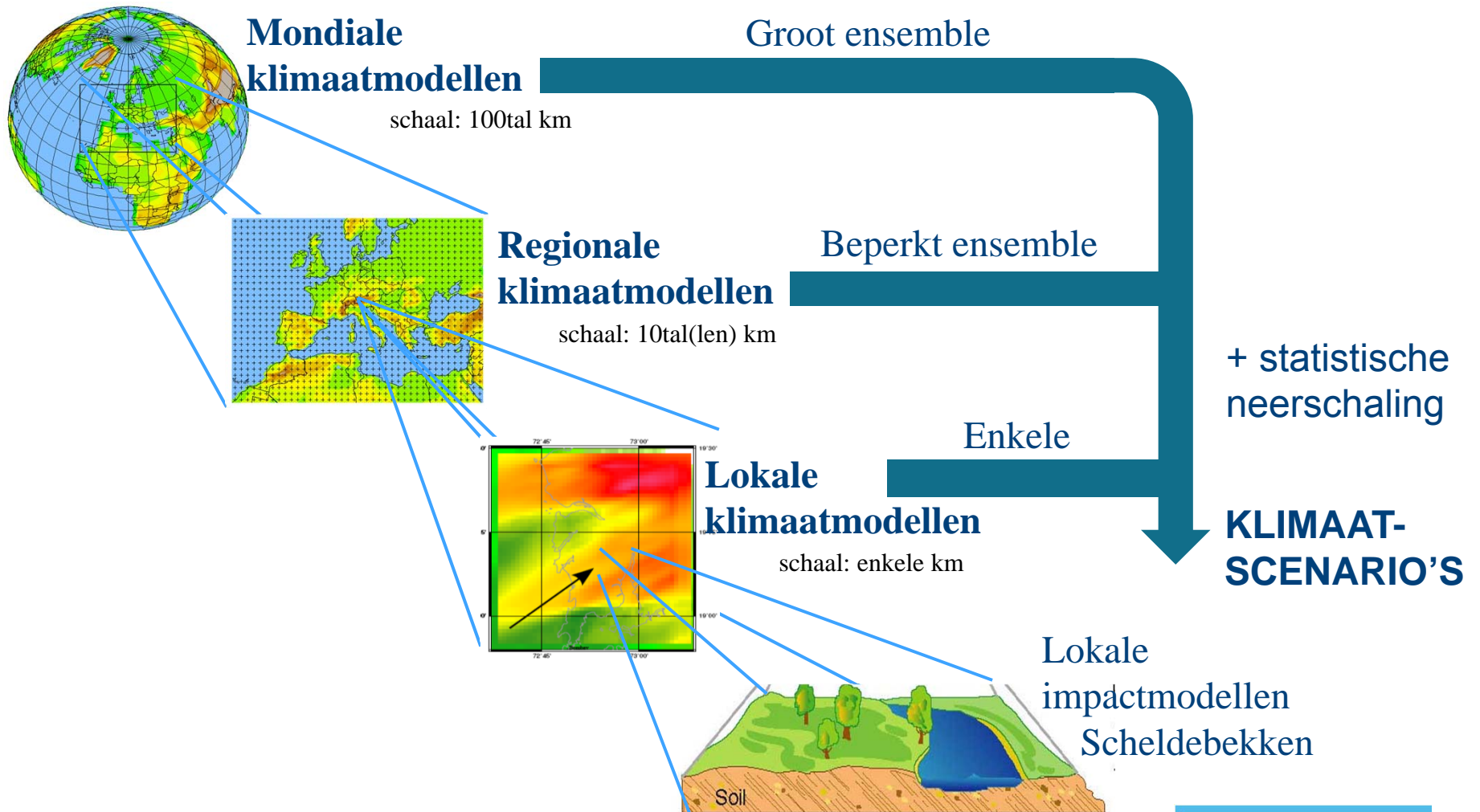


# De impact van de klimaatwijziging op de waterhuishouding in het Scheldebekken: Wat staat ons te wachten?

Prof. dr. ir. Patrick Willems  
KU Leuven  
Dept. Burgerlijke Bouwkunde  
Afdeling Hydraulica



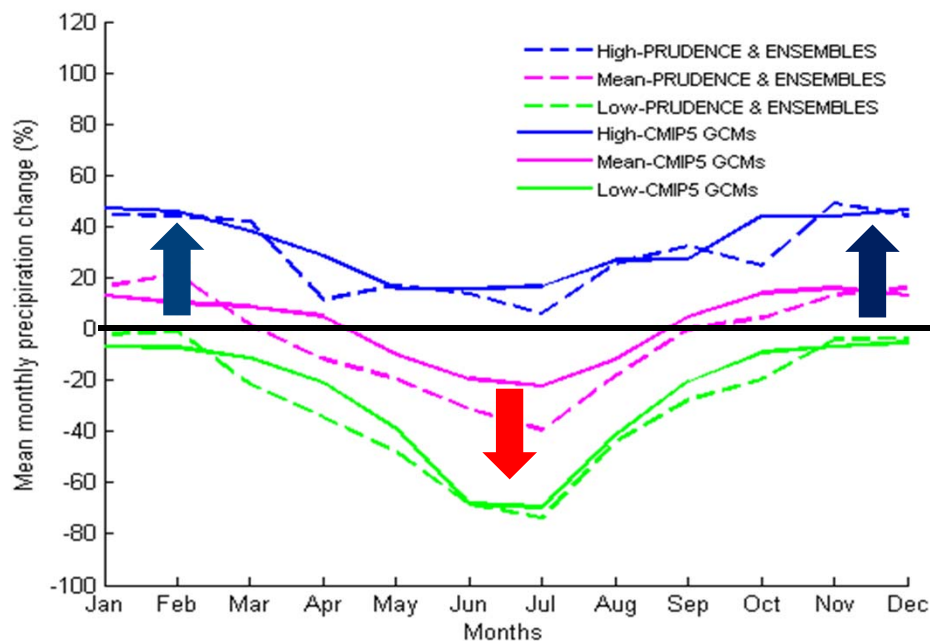
# Klimaatscenario's



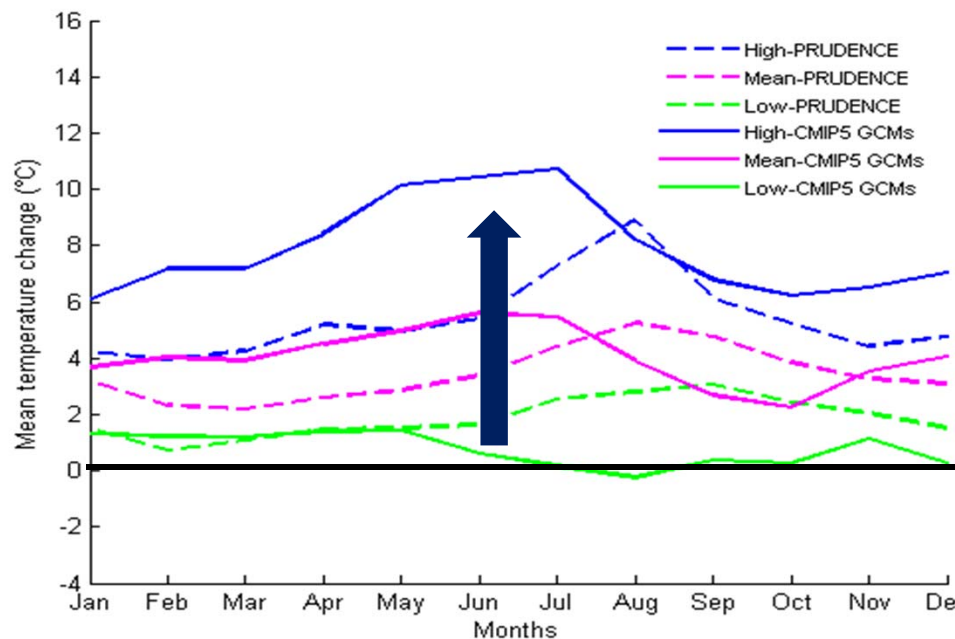
# Vergelijking “oude” met nieuwe klimaatmodelruns

lopend voor VMM (AOW + MIRA)

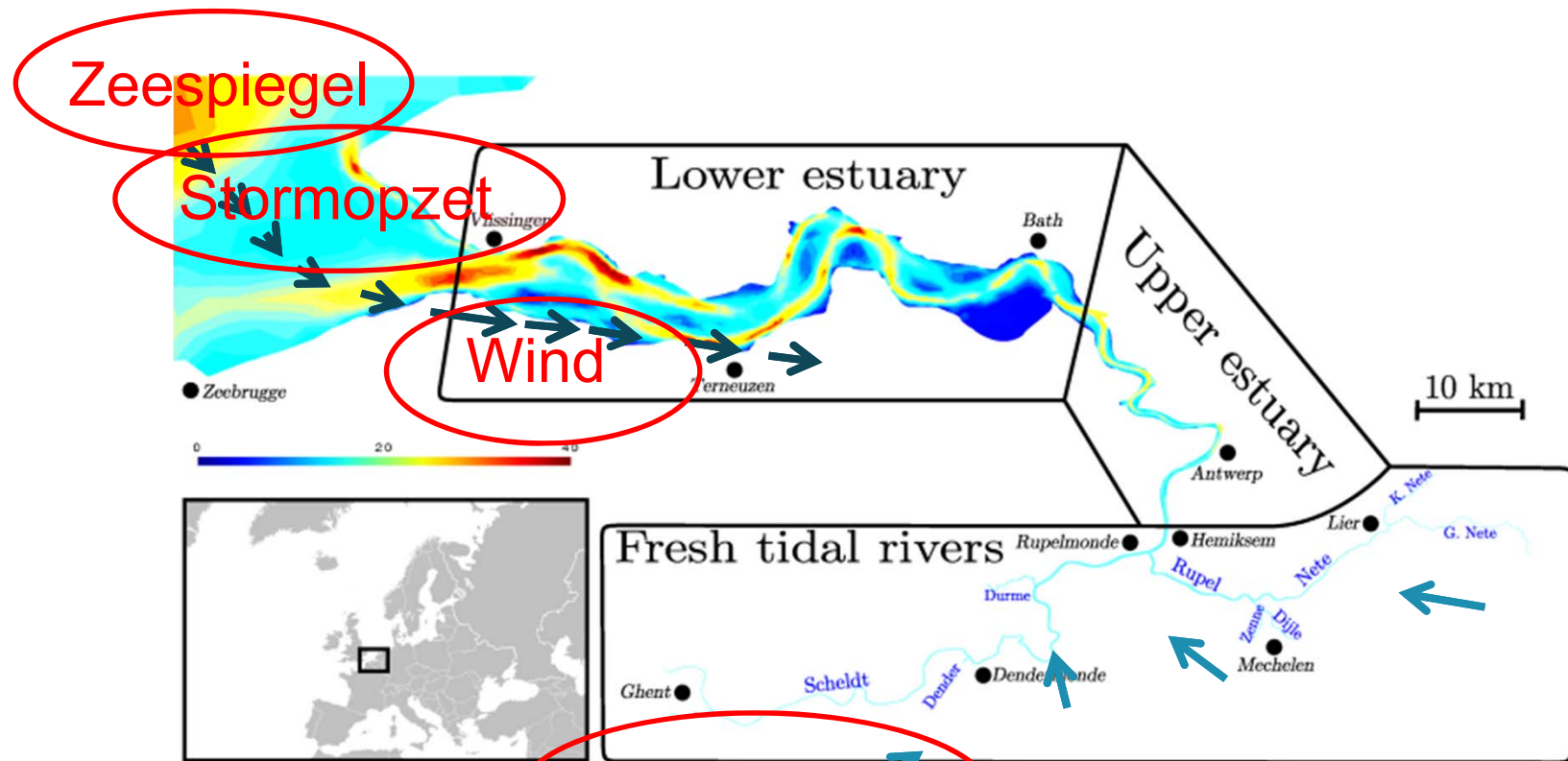
% verandering maandneerslag:



% verandering maandtemperatuur:



# Randvoorwaarden Schelde-estuarium



Bovendebieten

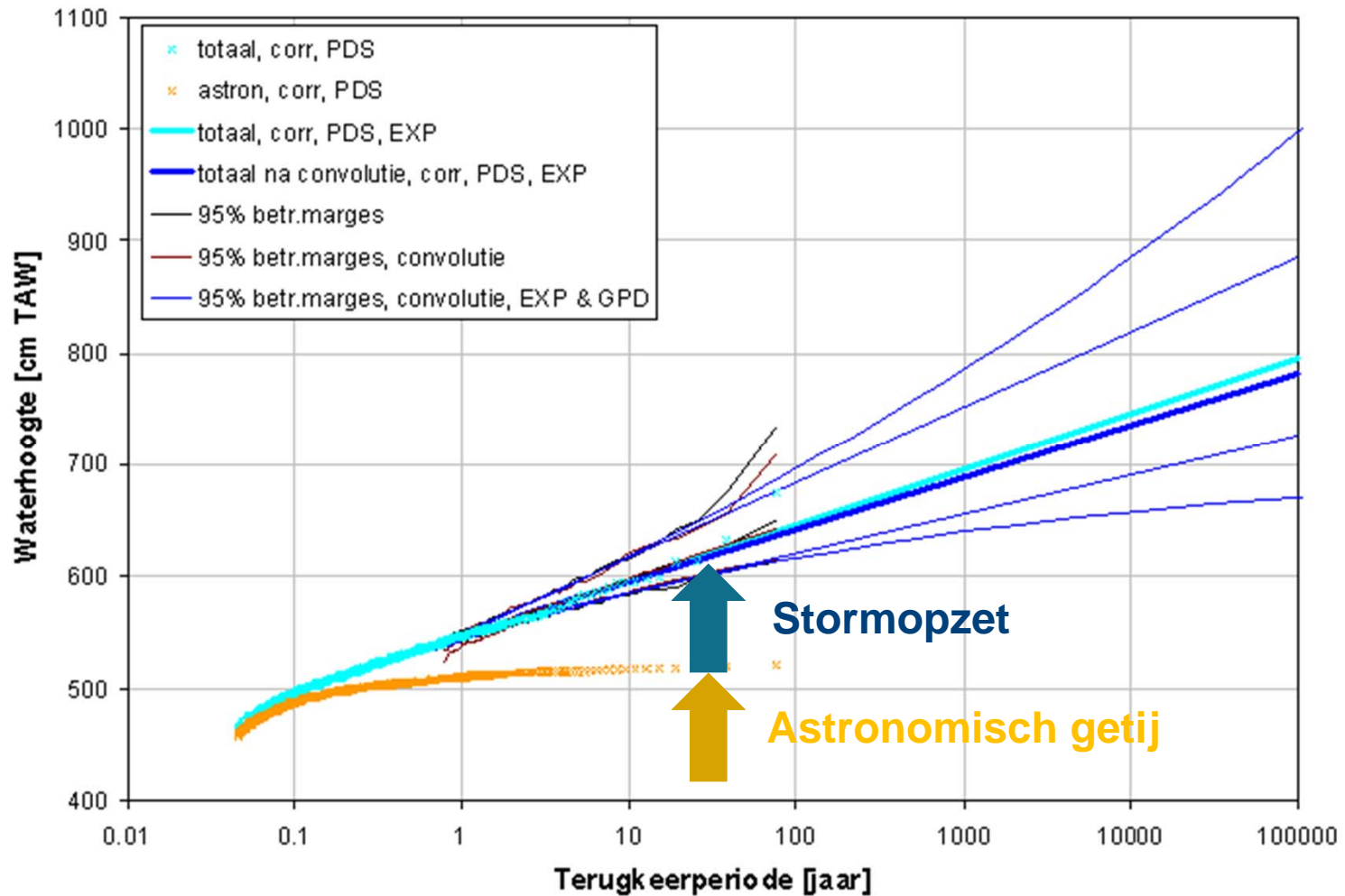
Neerslag

Temperatuur, verdamping

Bron achtergrondfiguur: de Brye et al., 2010

# Kustrandvoorwaarde

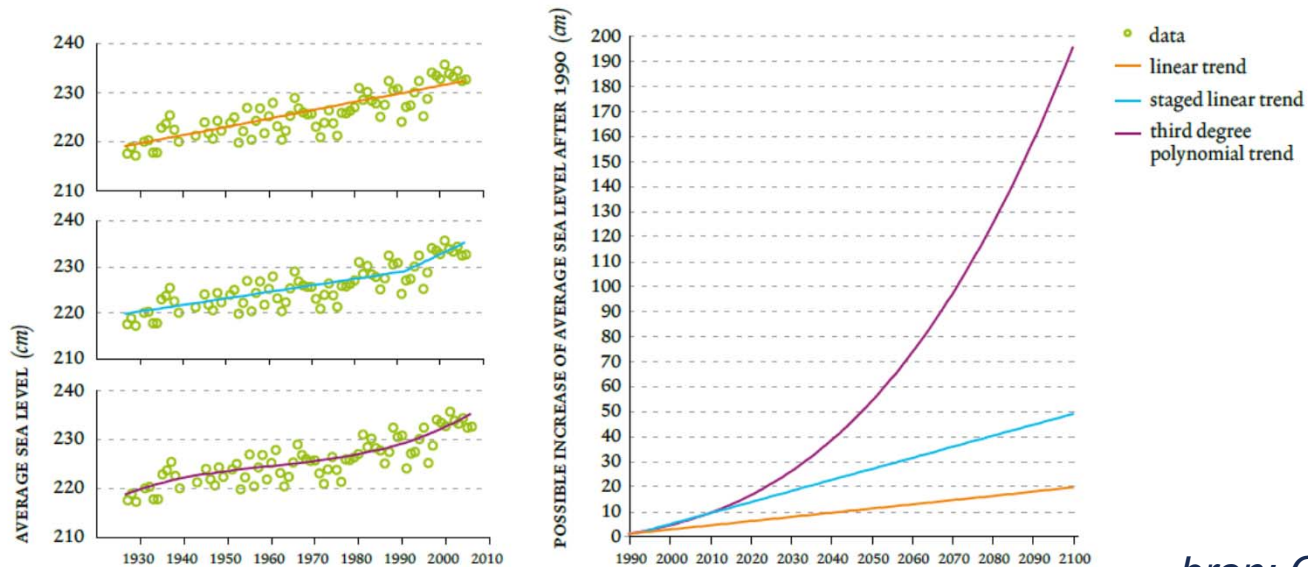
*Extreme-waarden-analyse na convolutie astronomisch getij en stormopzet:*



# Verwachte invloed klimaatverandering

## Zeespiegelstijging

1.7 tot 4 mm/jaar sinds 1927  
± 20cm in 100 jaar  
extrapolatie tot 2100: +20 tot 200cm



Source: Ozer *et al.* (2008), Van den Eynde *et al.* (2008)

bron: CLIMAR

ook: wijziging windklimaat: hoger stormopzet  
toename tij-amplitude en tij-slag  
uitwateringsmoeilijkheden IJzer – Nieuwpoort & polders

# Verwachte invloed klimaatverandering

## Zeespiegelstijging

Herziening Sigmoplan (2000-2003): +60 cm

Terugkeerperiode eerste overstroming Schelde tussen Gent en Vlissingen:

- Huidig klimaat: 70 jaar
- Na realisatie gecontroleerd overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde (13de gecontr. overstromingsgebied eerste Sigmoplan; 600 ha): 350 jaar
- Na 60cm zeespiegelstijging en geen verdere maatregelen: 25 jaar
- ±4000 ha extra overstromingsgebied nodig: ±4000 jaar

↔ Optimaal herzien Sigmoplan (na KBA: 1325 ha, 656 ha tegen 2050 + 23.9 km dijkverhogingen + muur Antwerpen)

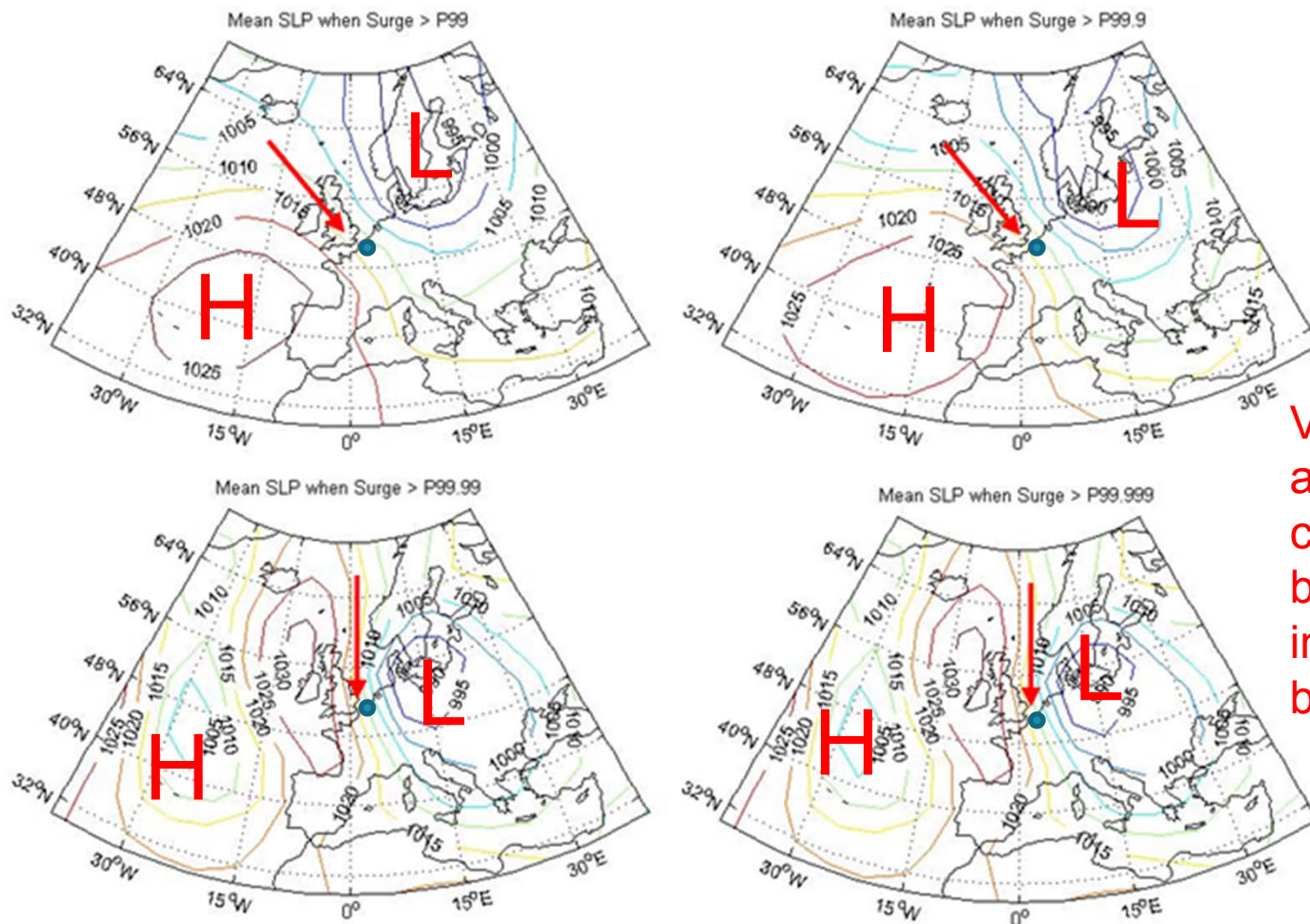




# Verwachte invloed klimaatverandering

## Luchtdruk en atmosferische circulatie

Correlatie circulatiepatronen en extreem stormopzet (Oostende):

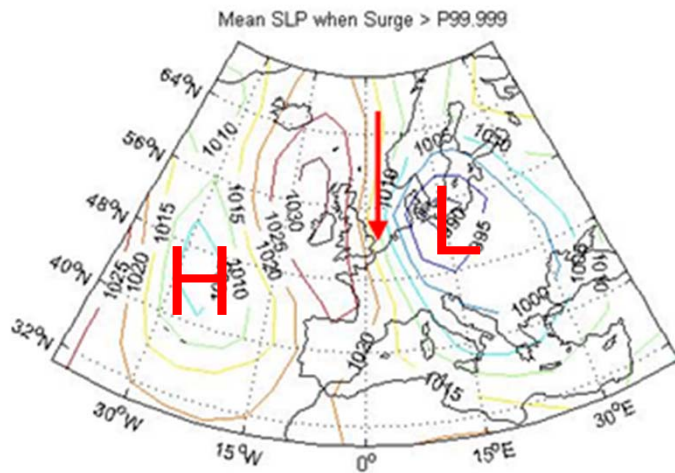


Verandering in atmosferische circulatie is belangrijker dan invloed invers barometrisch effect

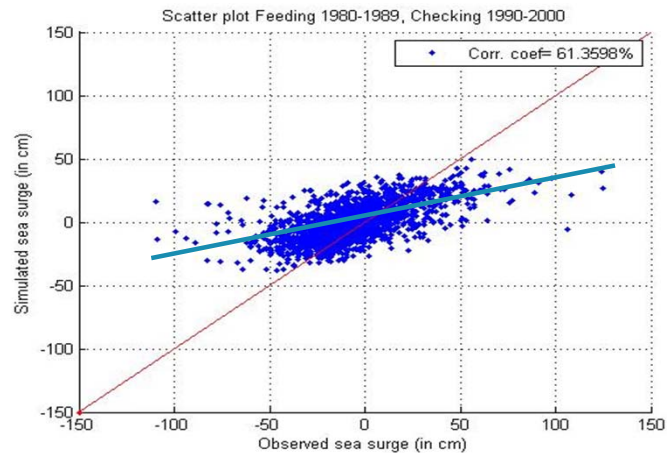
# Verwachte invloed klimaatverandering

## Atmosferische circulatie en stormopzet

*Correlatie circulatiepatronen en extreem stormopzet (Oostende):*



Regressie-analyse stormopzet  
Oostende versus lage luchtdruk  
Baltische Zee:



Verandering stormopzethoogte:  
Midden scenario: +6%  
Hoog scenario: +21%



**KU LEUVEN**

# Verwachte invloed klimaatverandering

Coïncidentie extreem stormopzet en extreme neerslag binnenland

*Gelijkaardige circulatiepatronen zorgen voor extreme bovendebiten en extreem stormopzet:*



**Luchtdruk en extreem stormopzet Belgische kust**

**: extreem lage druk boven Baltische Zee**



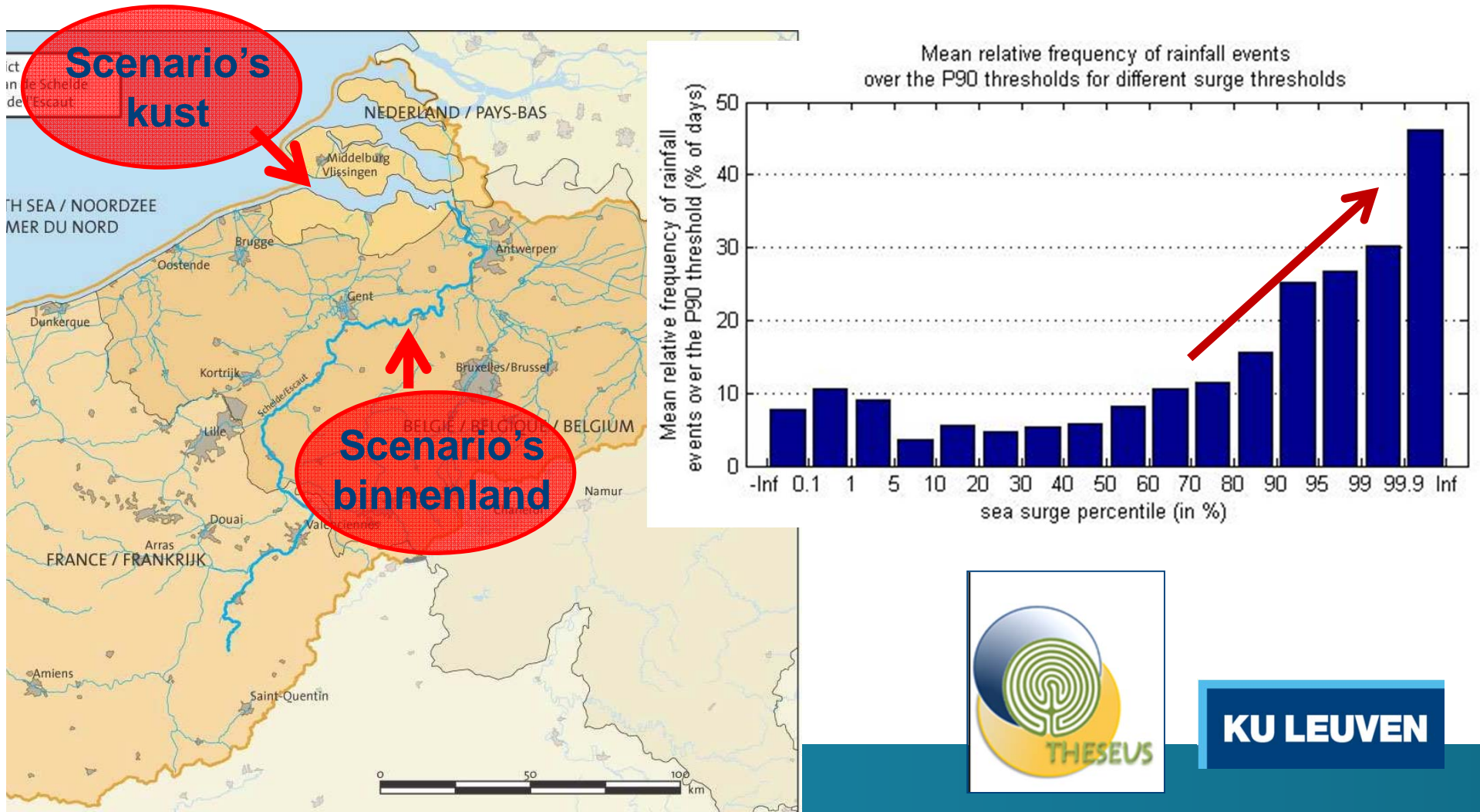
**Luchtdruk en extreme neerslag Schelde-stroomgebied**

**: extreem lage druk boven Denemarken**

# Verwachte invloed klimaatverandering

## Coïncidentie extreem stormopzet en extreme neerslag binnenland

*Toenemende kans op extreme neerslag bij toenemend stormopzet:*

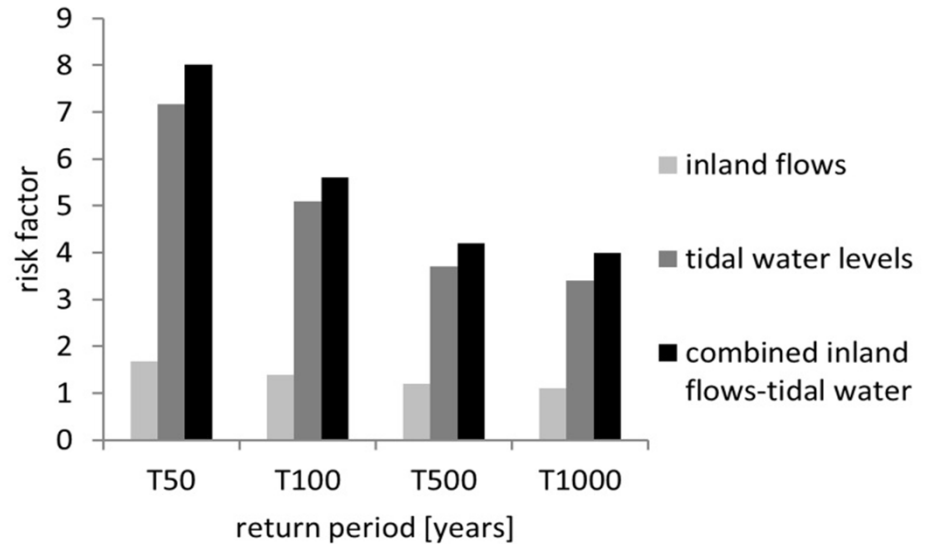
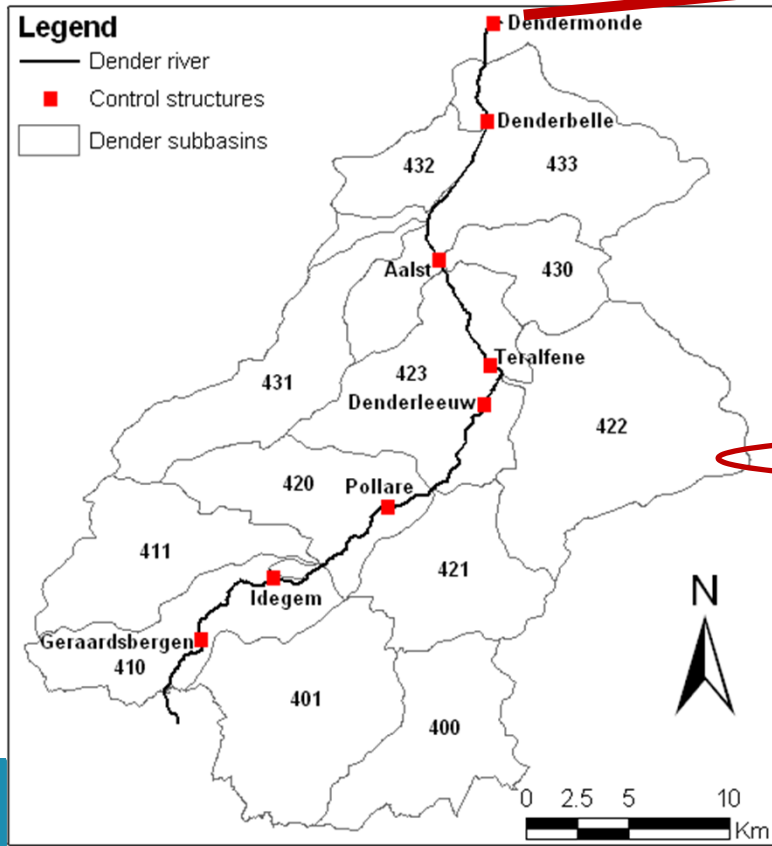


# Verwachte invloed klimaatverandering

Coïncidentie extreem stormopzet en extreme neerslag binnenland

Verhogingsfactor risico

Schelde-Dender Dendermonde:



	Sea level rise	Surge	Upstream flow
S1:Extreme	+++ (2m ↑)	+++ (21% ↑)	+++ (30% ↑)
S2:High	++ (0.6m ↑)	+++ (21% ↑)	+++ (30% ↑)
S3:Mean	++ (0.6m ↑)	++ (6% ↑)	++ (16% ↑)



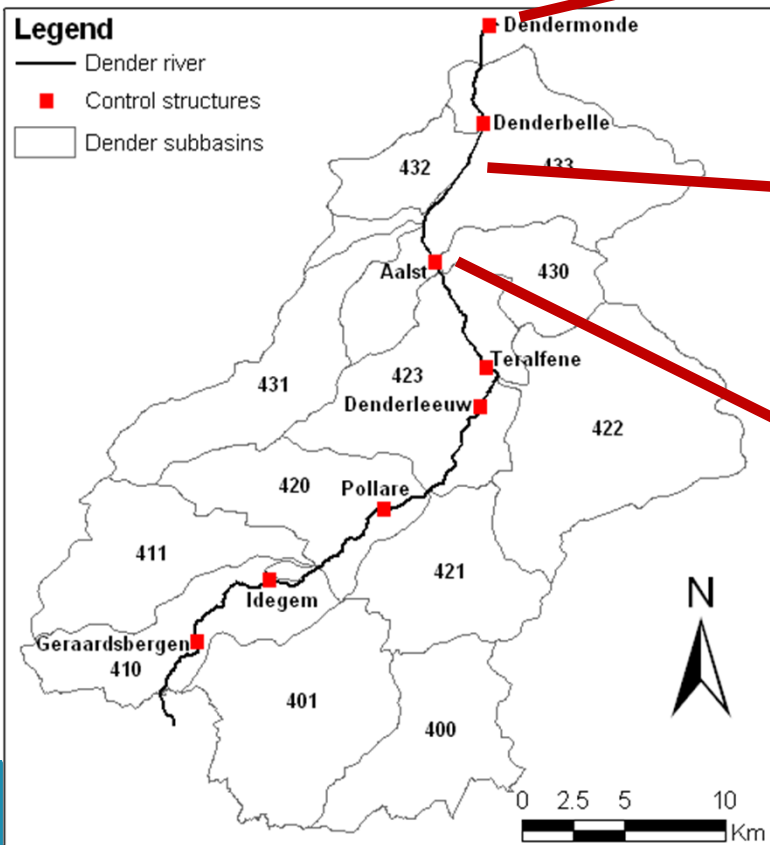
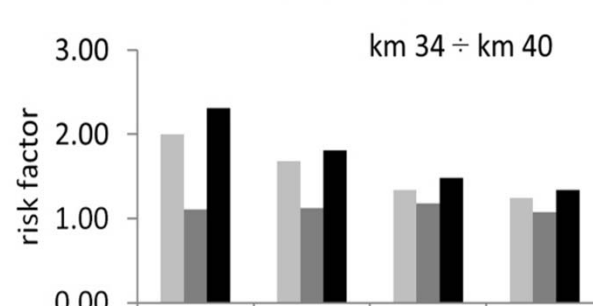
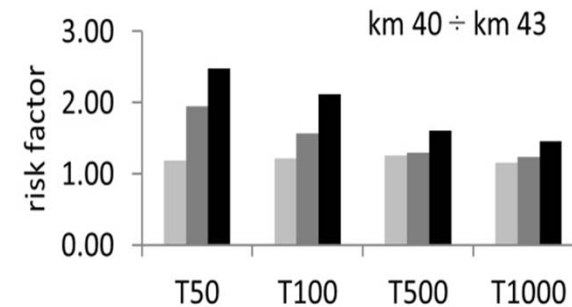
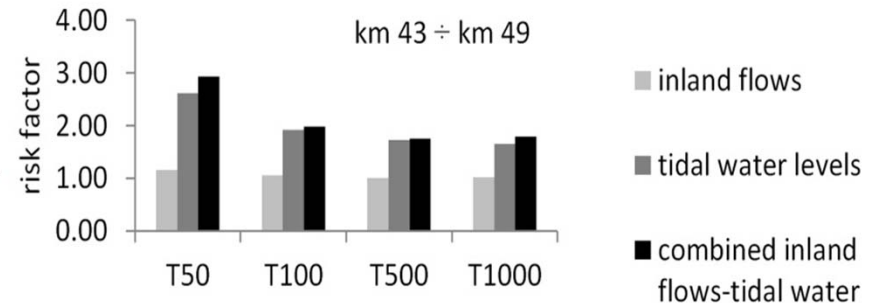
# Verwachte invloed klimaatverandering

Coïncidentie extreem stormopzet en extreme neerslag binnenland

*Verhogingsfactor risico*

*Schelde-Dender Dendermonde:*

Midden klimaatscenario:



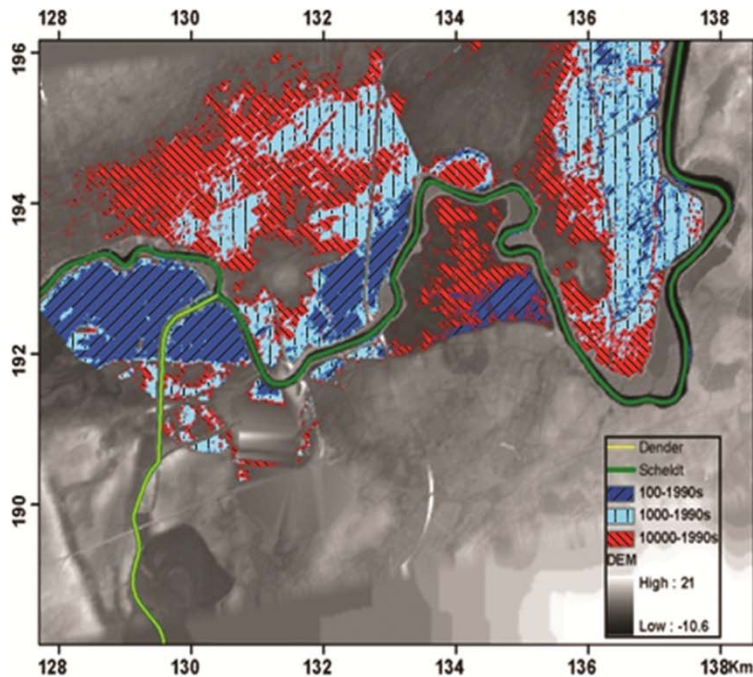
# Verwachte invloed klimaatverandering

Coïncidentie extreem stormopzet en extreme neerslag binnenland

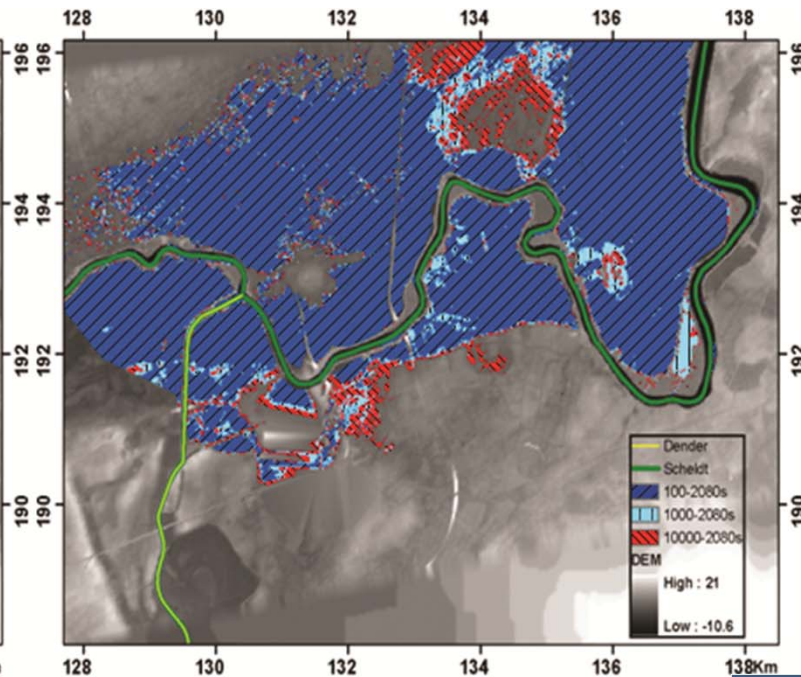
*Impact op Schelde-Dender Dendermonde:*



Huidig klimaat:



Hoog klimaatscenario:



: + 1.8 m boven historisch peil



	Sea level rise	Surge	Upstream flow	Wind speed
S1:Extreme	+++ (2m ↑)	+++ (21% ↑)	+++ (30% ↑)	0%
S2:High	++ (0.6m ↑)	+++ (21% ↑)	+++ (30% ↑)	0%
S3:Mean	++ (0.6m ↑)	++ (6% ↑)	++ (16% ↑)	0%

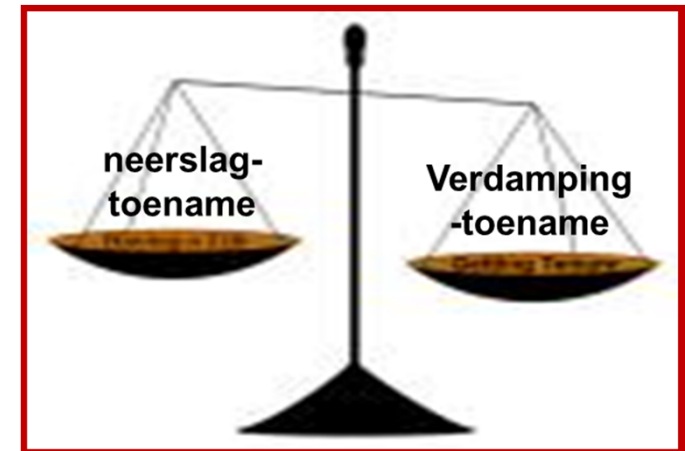


# Verwachte invloed klimaatverandering

## Bovendebieten winter

Huidig klimaat (1961-1990) tot 2071-2100:

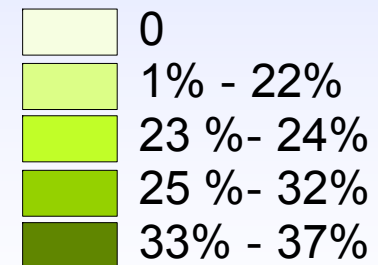
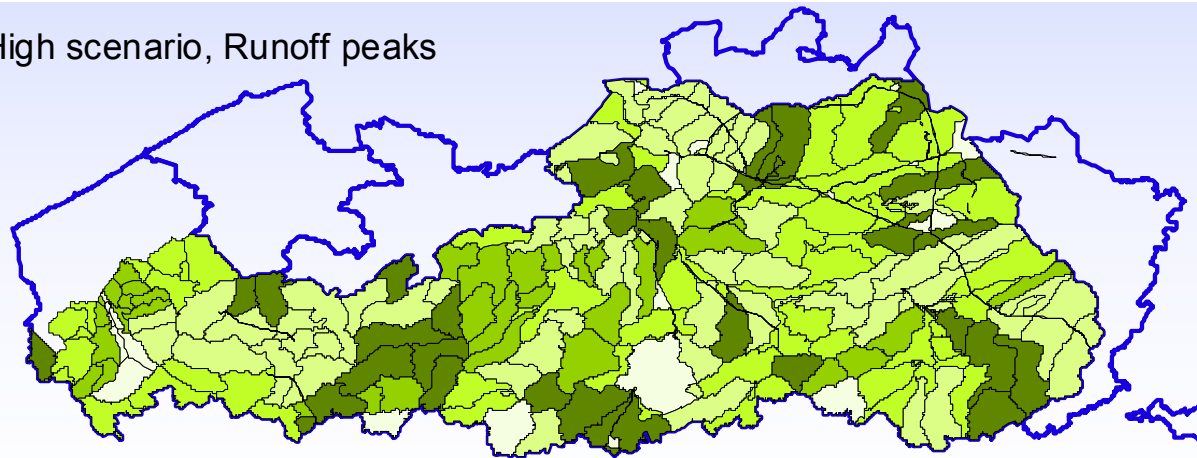
- ✓ toename neerslag: 0 tot +60%
- ✓ toename temperatuur en verdamping: +1.5 tot 4°C



Toename piekafvoeren tot +35% afwaarts  
tot > +100% opwaarts

Invloed op rivier-overstromingen  
in het binnenland onduidelijk !?

High scenario, Runoff peaks





# Verwachte invloed klimaatverandering

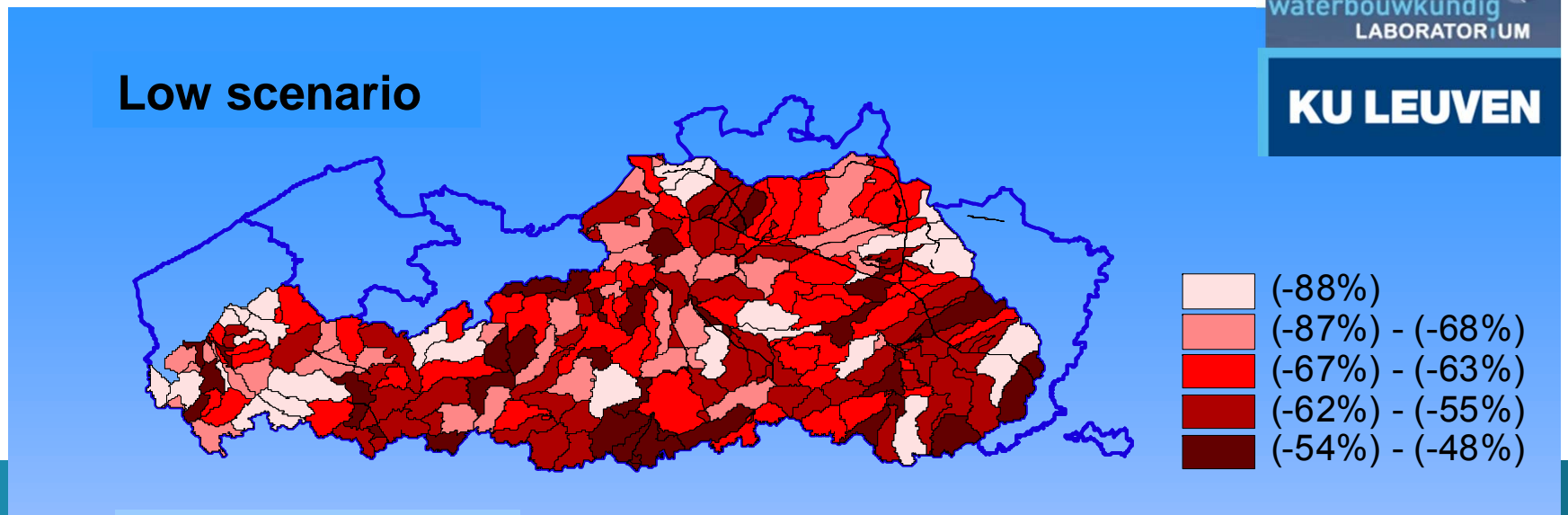
## Bovendebieten zomer

Huidig klimaat (1961-1990) tot 2071-2100:

- ✓ afname neerslagvolumes: 0 tot -70%
- ✓ aantal natte zomerdagen: 0 tot -50%
- ✓ toename temperatuur en verdamping: +2 tot 7°C

Afname laagwaterafvoeren: tussen -30% en -70%

Gevolgen voor waterbeschikbaarheid (drinkwater, industrieel water, landbouw, scheepvaart), waterkwaliteit, ecologie



# Verwachte invloed klimaatverandering

## Bovendebieten zomer

Drogere zomers kunnen een grote impact hebben!

Gemiddelde waterbeschikbaarheid is zeer beperkt in Vlaanderen en Brussel: 1480 m<sup>3</sup>/(persoon.jaar)

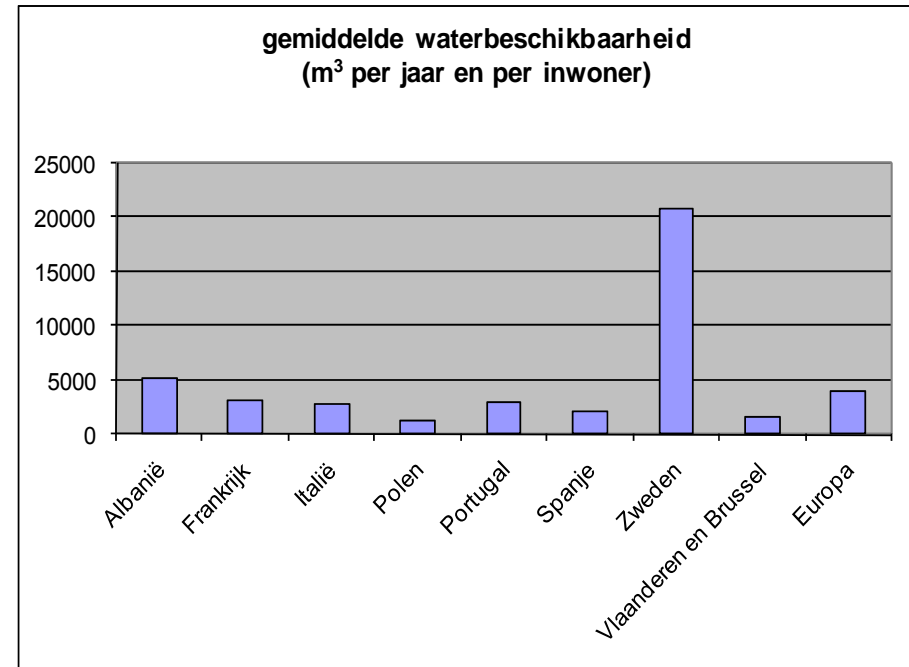
Internationale normen: <2000 “zeer weinig”, <1000 “ernstig watertekort”

Door:

- Hoge bevolkingsdichtheid
- Slechts beperkt gedeelte van beschikbaar oppervlaktewater afkomstig van lokale neerslag; Sterk afhankelijk van de buurregio's

Ook:

- Sterke verstedelijking, veel verharding: verhoogde en versnelde oppervlakteafstroming, verminderde infiltratie
- Sterke drainage door landbouw
- Grote grondwateronttrekkingen



# Verwachte invloed klimaatverandering

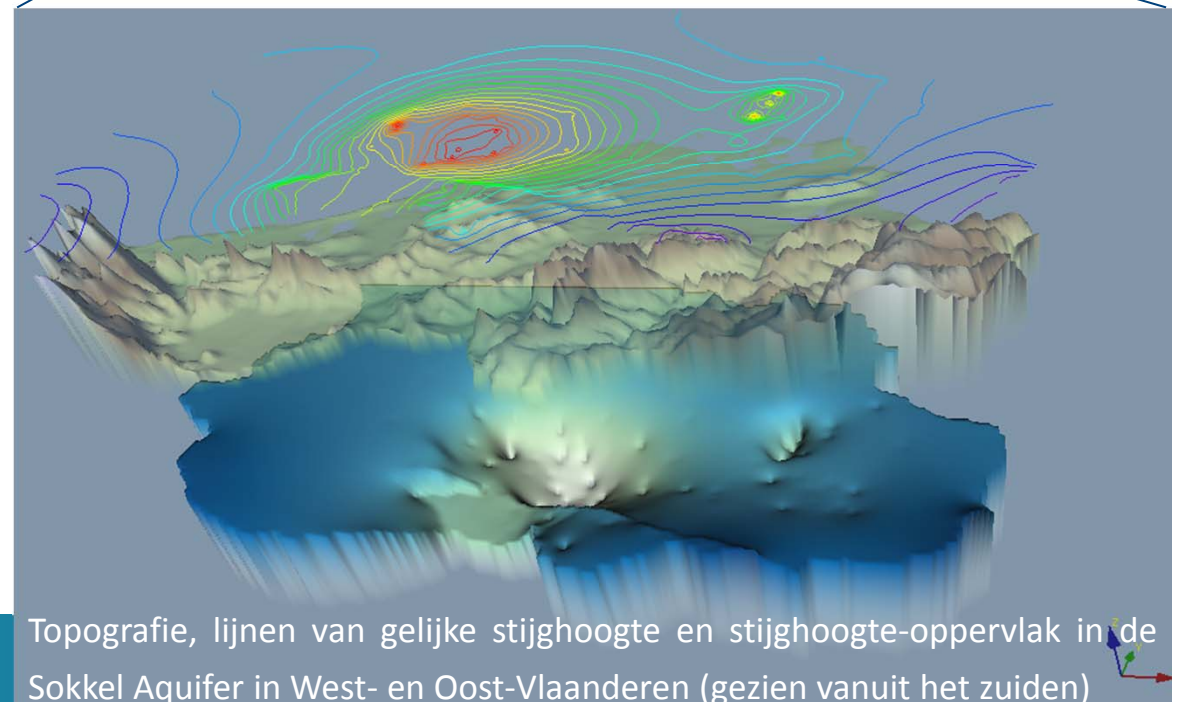
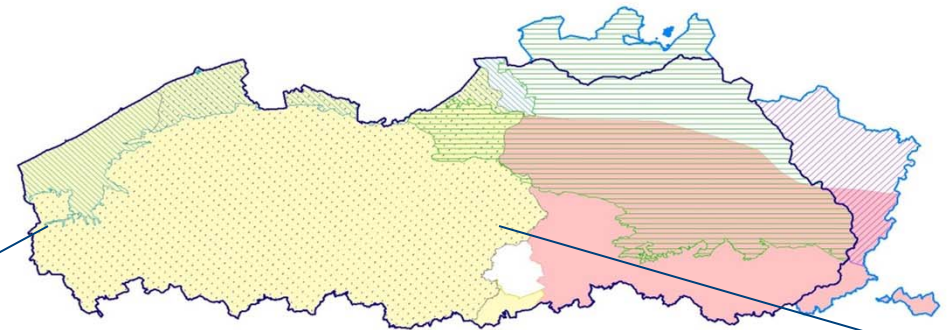
## Waterbeschikbaarheid in grondwater

*Studie prof. K. Walravens U.Gent.*

Op sommige plaatsen is het diepe grondwater met meer dan 140 m gedaald t.o.v. natuurlijke situatie

### **Sokkelsysteem**

In de zone van de depressie-trechter moeten de gewonnen debieten teruggebracht worden tot 25 % van de vergunde debieten anno 2000, om een zeker peilherstel te realiseren en, ook op langere termijn (50 jaar), althans in het centrum van de depressie-trechter, geen verdere daling van de peilen te laten optreden.



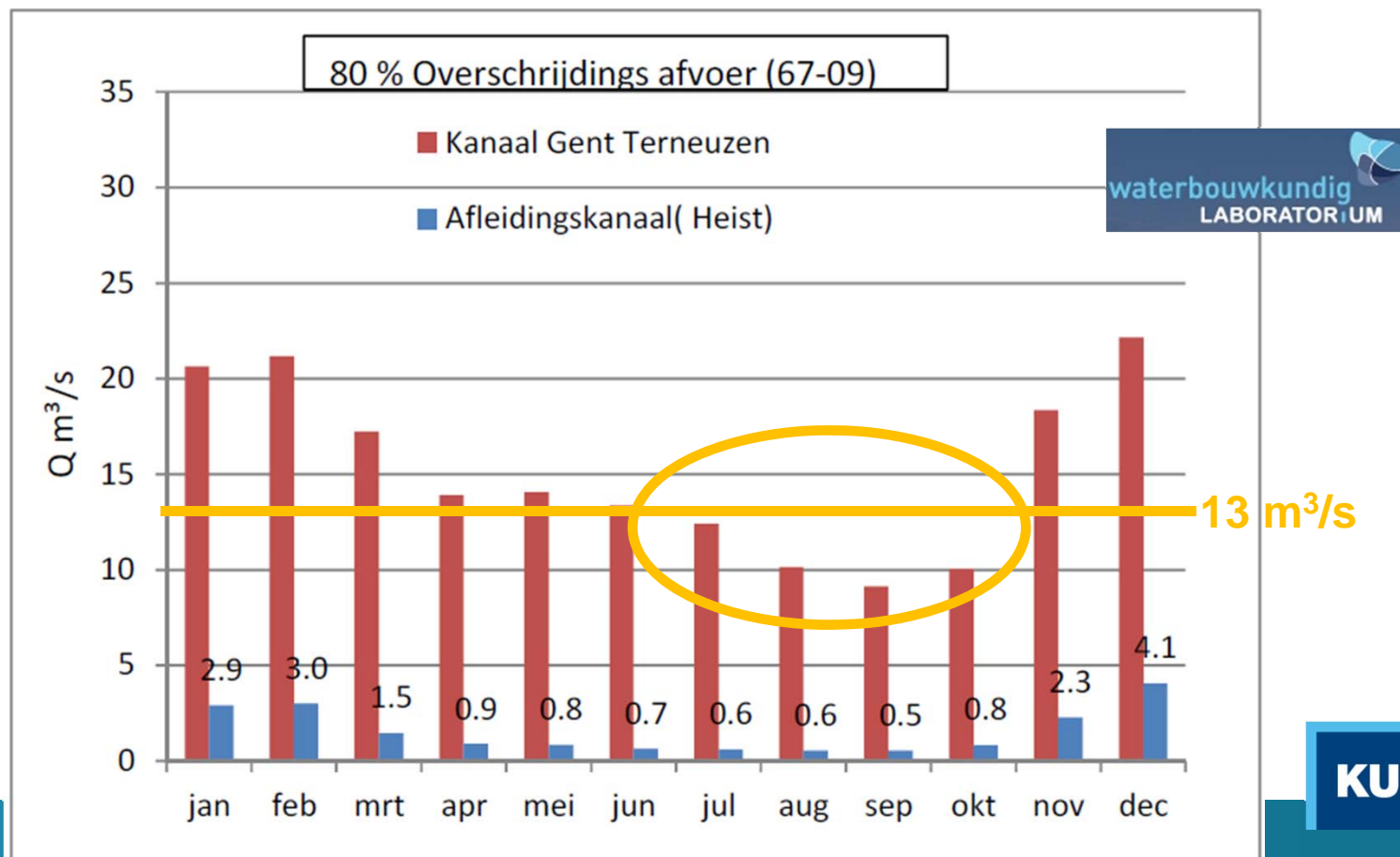
Topografie, lijnen van gelijke stijghoogte en stijghoogte-oppervlak in de Sokkel Aquifer in West- en Oost-Vlaanderen (gezien vanuit het zuiden)

# Verwachte invloed klimaatverandering

## Kanaal Gent-Terneuzen

Verdrag met Nederland: min. 13 m<sup>3</sup>/s gemiddeld over 2 maanden

Studie WL: 1967-2009: 37 van de 40 jaar niet gehaald (gem. 1.5 m<sup>3</sup>/s lager, max. 6.5 m<sup>3</sup>/s lager)



# Verwachte invloed klimaatverandering

## Kanaal Gent-Terneuzen

Verdrag met Nederland: “zoutbezwaar” beperken

Studie WL: 50% reductie in bovendebiten: gem. zoutconcentratie van 2.42 g/l naar 3.72 g/l chloride; maar geen geleidelijke verzilting?



Spoeldebieten in winter nodig: hoeveel? met welke frequentie?

Effecten klimaatverandering?

# Verwachte invloed klimaatverandering

## Zomeronweders

Huidig klimaat (1961-1990) tot 2071-2100:

- ✓ extreme zomerbuien meer intens:
  - 2-jarige bui: 0 tot +30%
  - 10-jarige bui: 0 tot +50%



*Tot ongeveer  
verdubbeling  
frequentie  
rioleringsoverloop*

## Onze riolen slikken het niet langer

Oplossing: sportparken als bassin

ARTIKEL | 13 JULI, 2012 - 9:00 | DOOR TOM NUYTEMANS

eos  
WETENSCHAP



Na elke stevige regenbui zie je steevast dezelfde beelden in het nieuws.

Vmm  
VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ

KU LEUVEN

# Verwachte invloed klimaatverandering

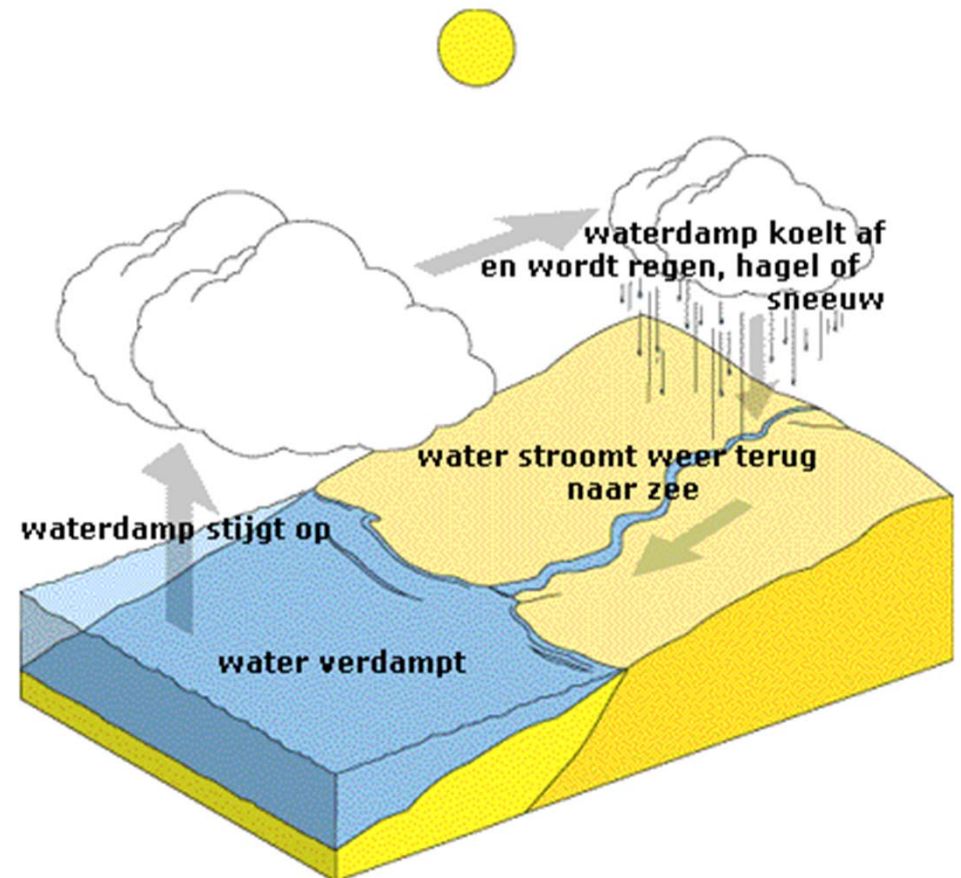
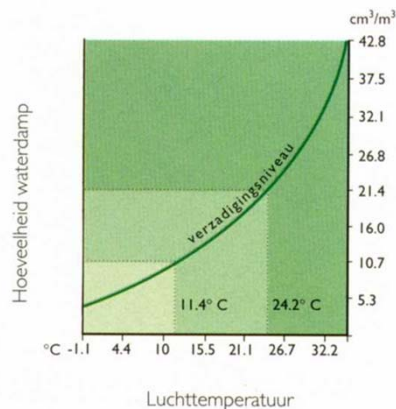
Toename in broeikasgassen in atmosfeer



Temperatuurstijging



Lucht kan meer waterdamp bevatten vooraleer verzadigingspunt wordt bereikt

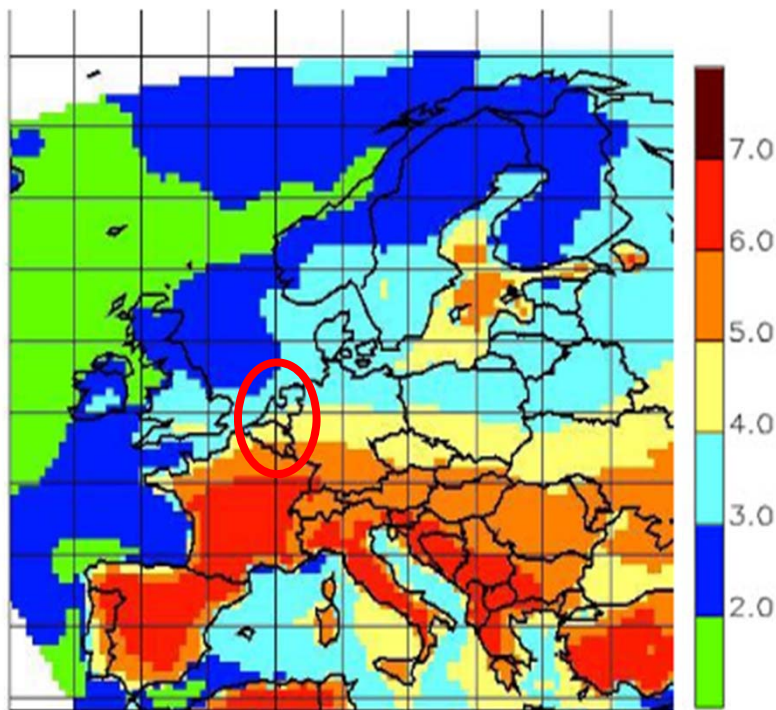


# Verwachte invloed klimaatverandering

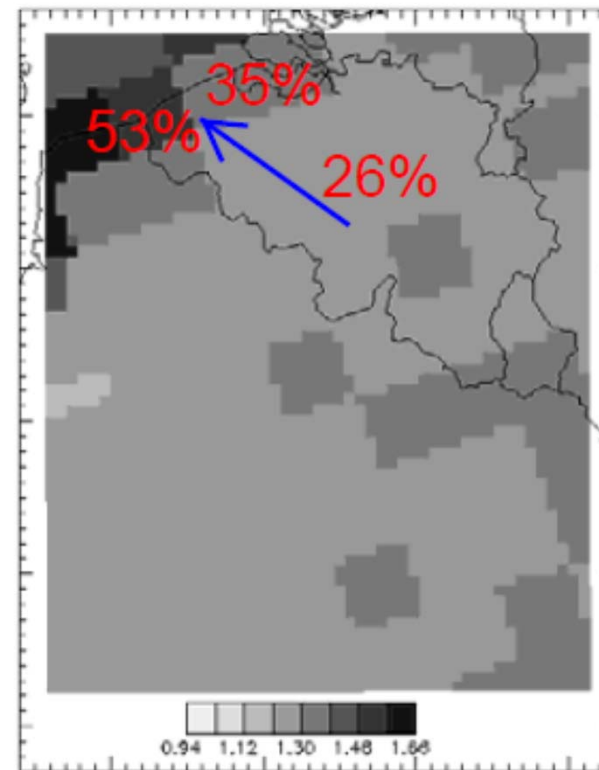
## Regionale verschillen

Noord-zuid variaties:

RCAO/HadAM3H 2071-2100



Kust - binnenland:

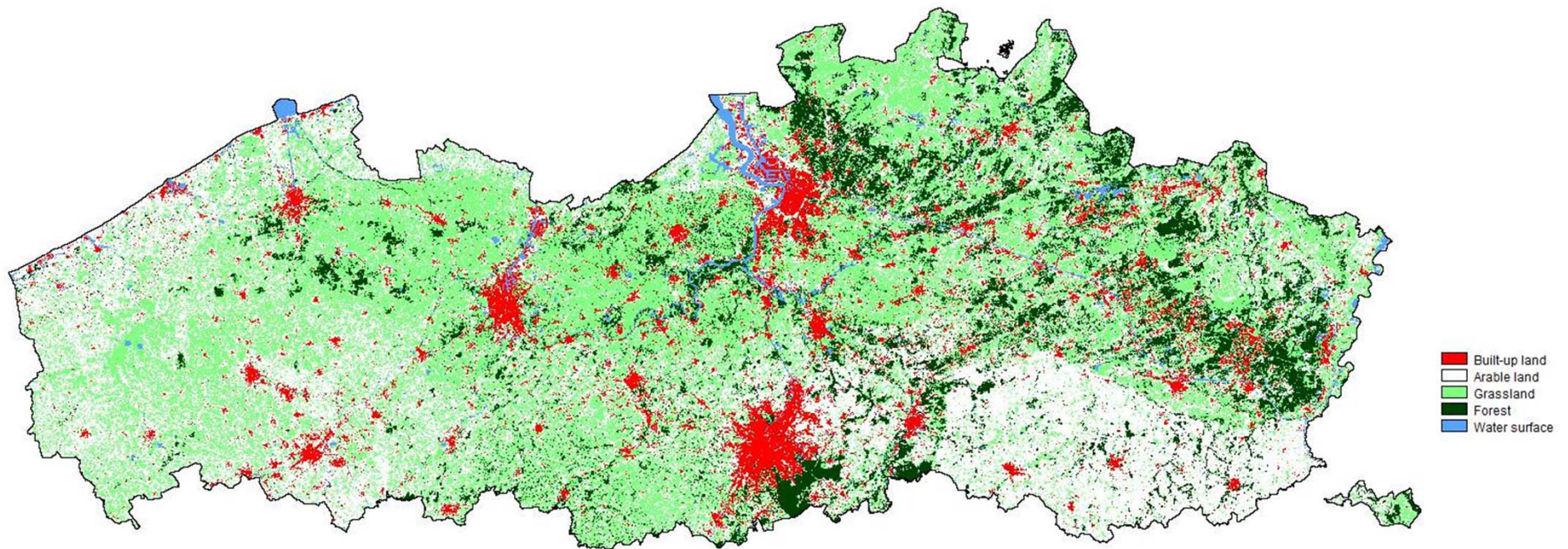




# Verstening van Vlaanderen

*Landgebruik Vlaanderen 1976:*

1976



*PhD Lien Poelmans  
2010*

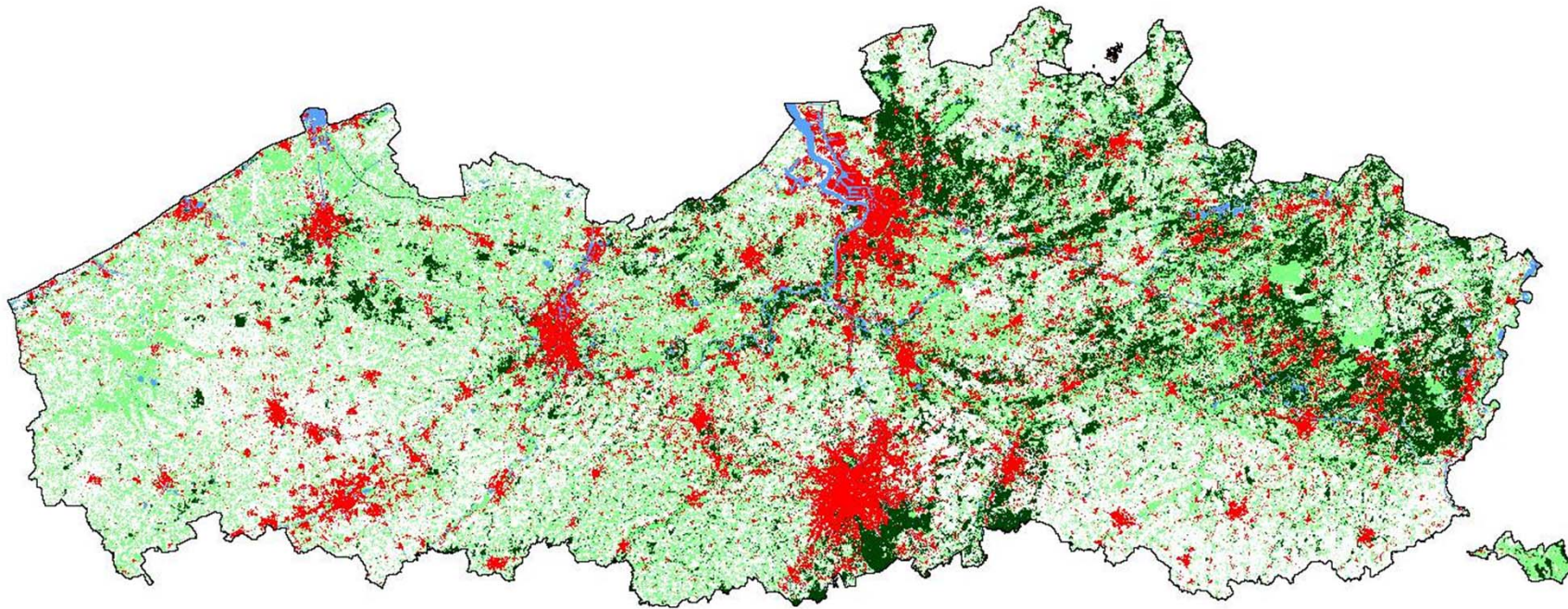
3 à 4% verhard

**KU LEUVEN**

# Verstening van Vlaanderen

*Landgebruik Vlaanderen 1988:*

1988



5 à 6% verhard

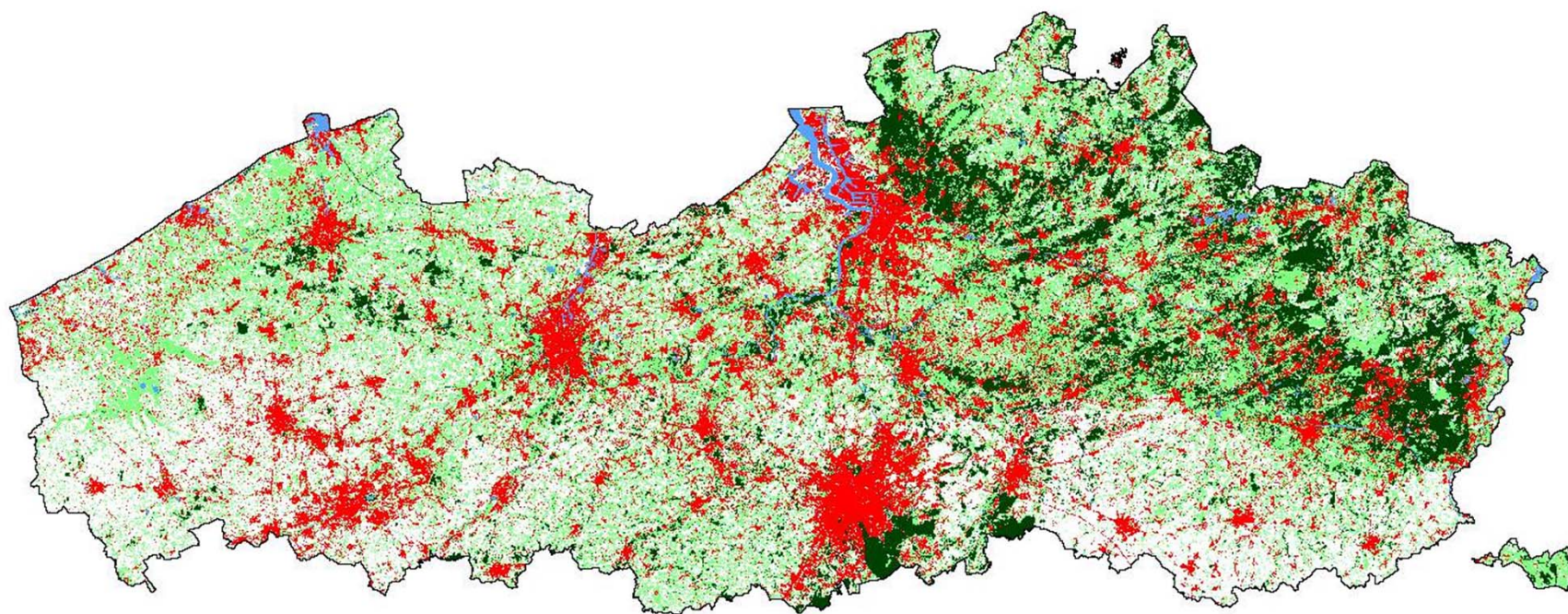
PhD Lien Poelmans  
2010

**KU LEUVEN**

# Verstening van Vlaanderen

*Landgebruik Vlaanderen 2000:*

2000



9 à 10% verhard

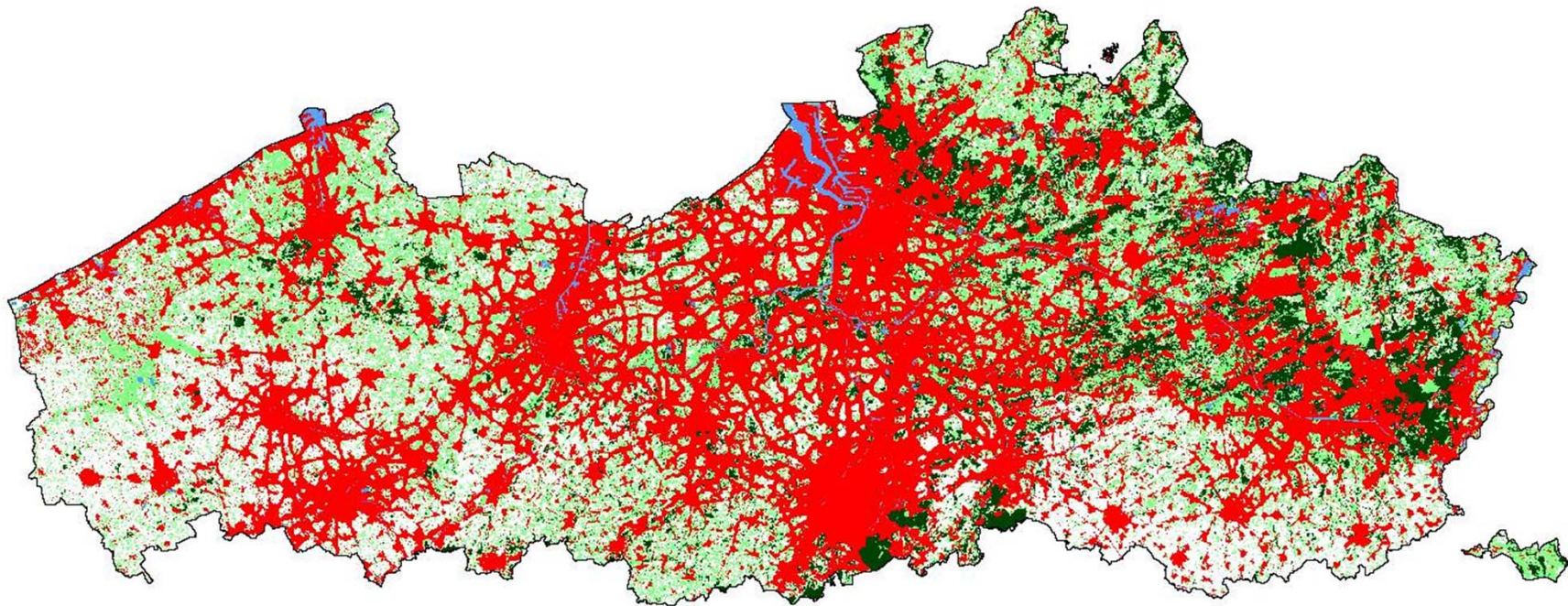
PhD Lien Poelmans  
2010

**KU LEUVEN**

# Verstening van Vlaanderen

*Landgebruik Vlaanderen 2050:*

2050



“business-as-usual” scenario:  $\pm 20\%$  verhard  
(zelfde tempo van toename in bebouwing)

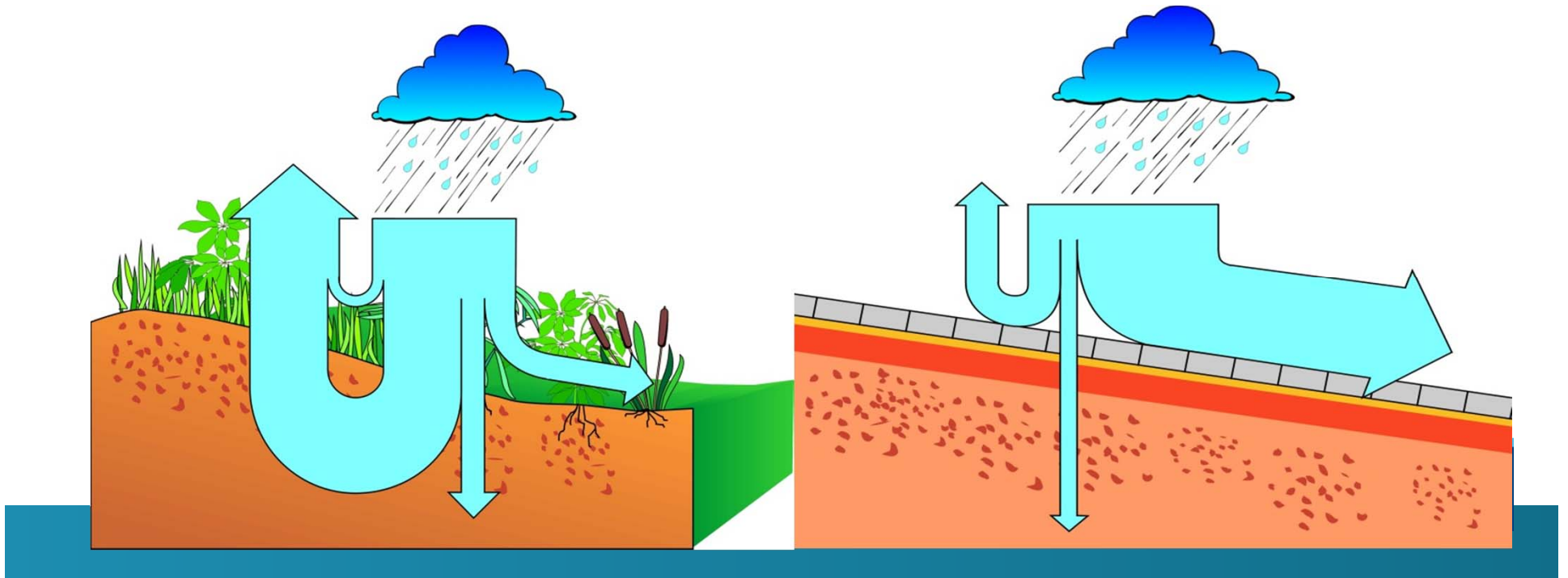
*PhD Lien Poelmans  
2010*

**KU LEUVEN**

# Verstening van Vlaanderen

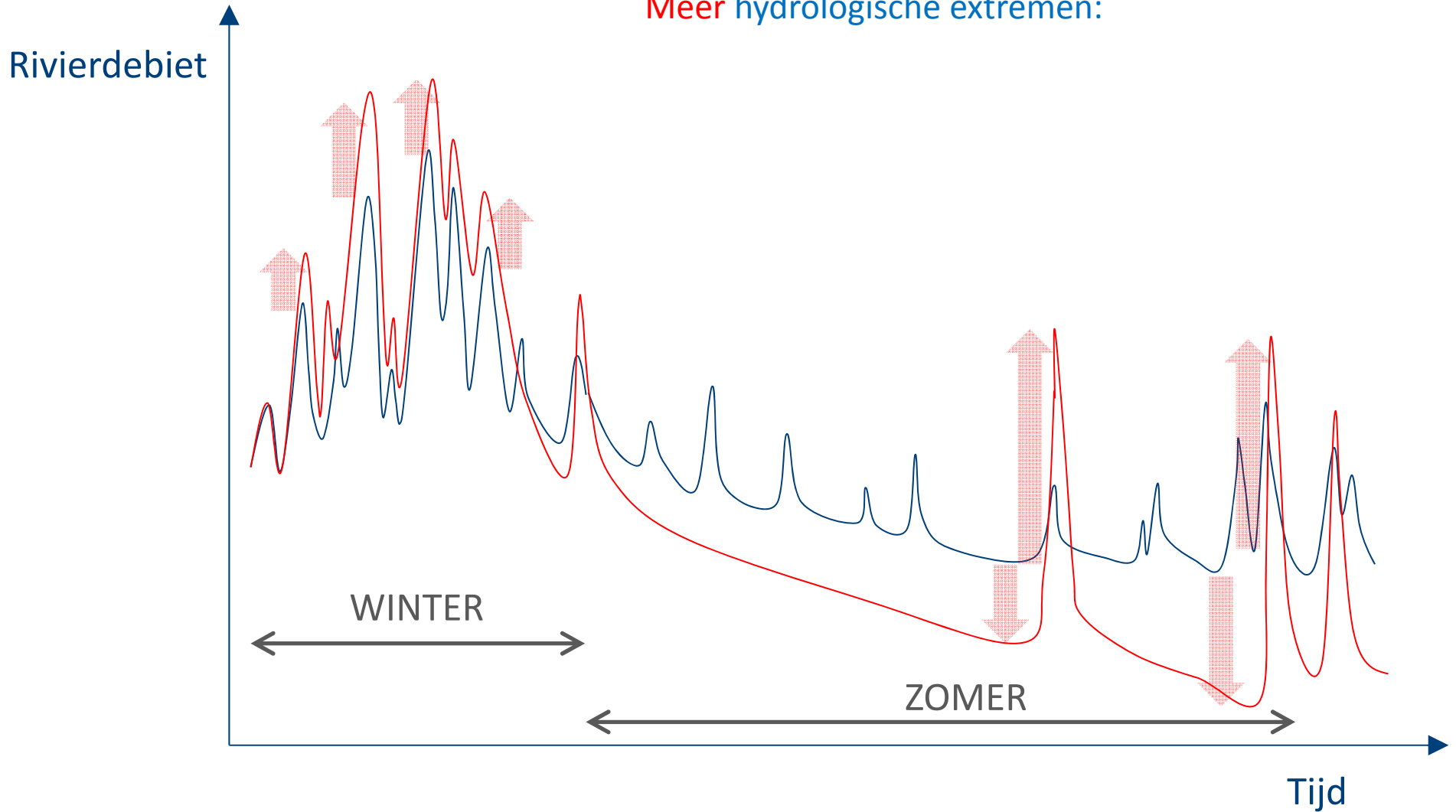
Dichte bebouwing / ruimtelijke ordening:

- verhoogde en versnelde oppervlakteafstroming: vaker wateroverlast
- weinig infiltratie: verdroging
- overstroming leidt vlugger tot schade



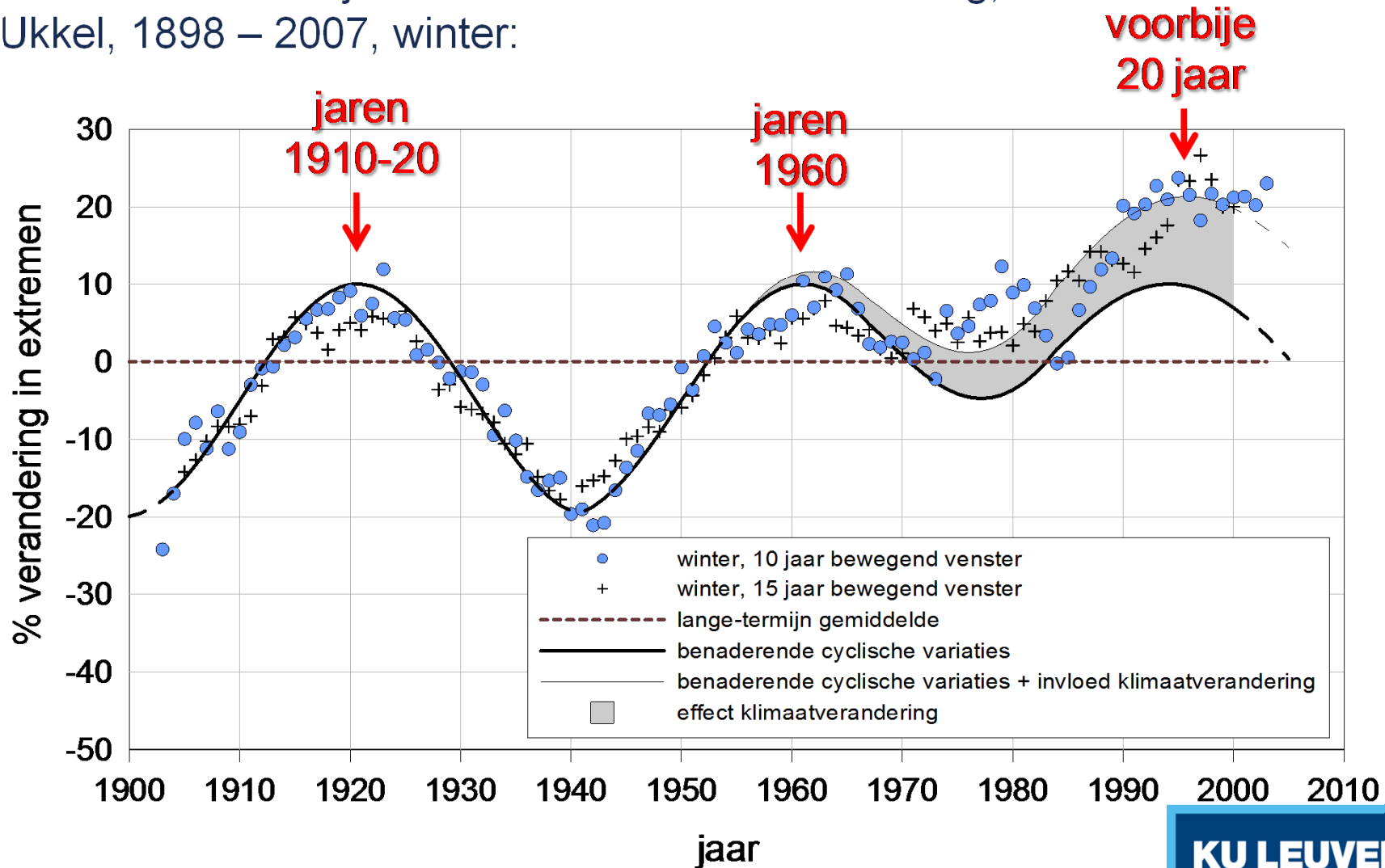
# Urbanisatie, klimaatverandering, ...

Meer tijdsvariatie /  
Meer hydrologische extremen:

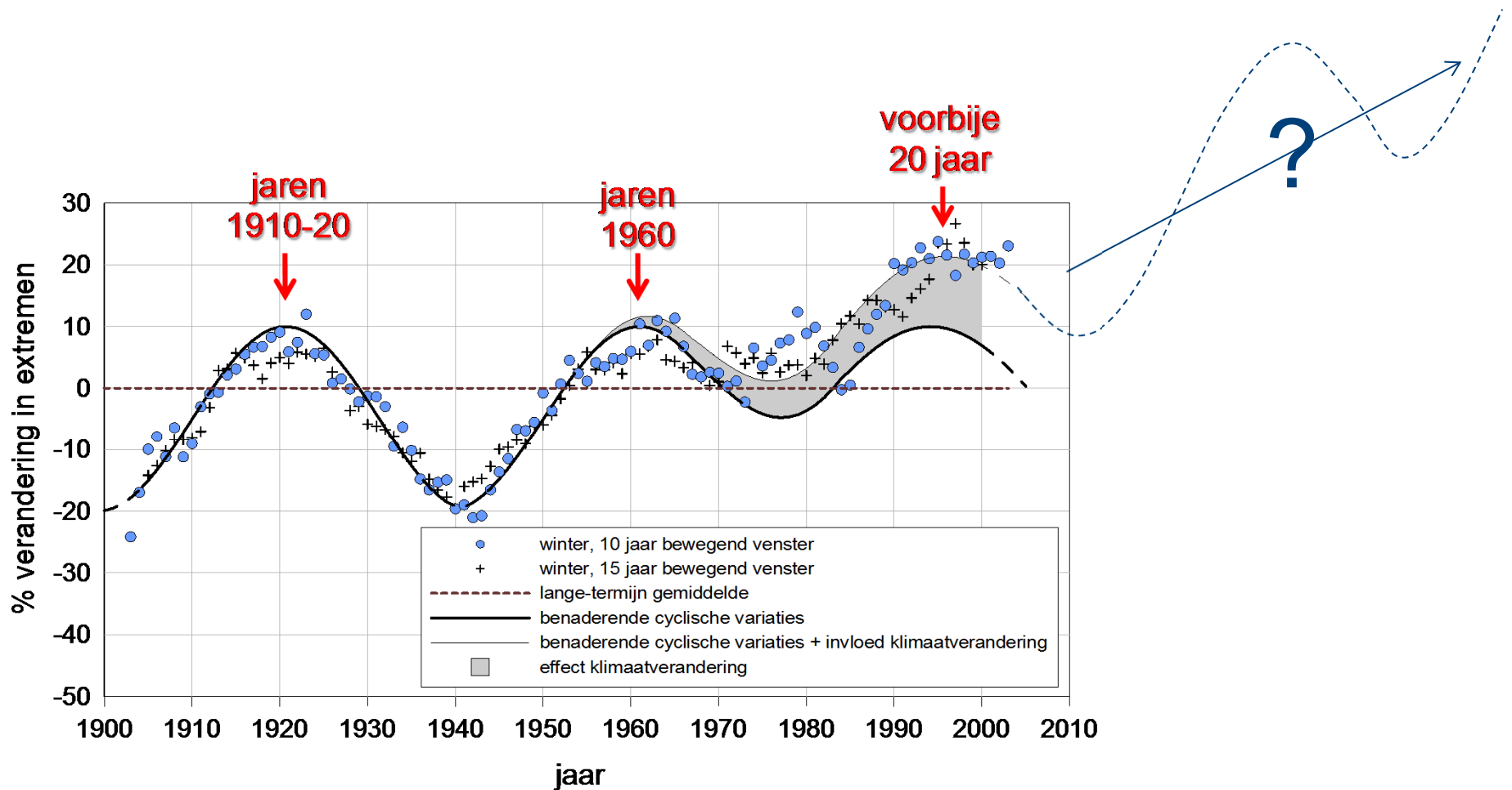


# Klimaat: Laatste 100 jaar

Trends en natuurlijke oscillaties in extreme neerslag, Ukkel, 1898 – 2007, winter:



# Klimaat: volgende decennia?





# Aanbevelingen...

- ✓ Kwantificeren gevolgen klimaat- en urbanisatietrends
- ✓ Risico-concept: Kans \* Gevolgen -> voorzichtigheidsprincipe
- ✓ Duurzame adaptatie aan meer hydrologische extremen:
  - Zeespiegelstijging + stormopzet + coïncidentie met hoge bovendebieten
  - Droogte, effecten op waterkwaliteit, ecologie
  - Meer stedelijke wateroverlast (rioleringen)
- **Betere afstemming waterbeheer (stedelijk - ruraal, opwaarts - afwaarts), ruimtelijke planning, stedelijk ontwerp, landbouw en landbeheer, ecologisch beheer, groenbeheer in de stad, ...**
- **Sigma-plan; Meer ruimte voor water**
- **Regenwater opwaarts maximaal bergen en infiltreren**
- **Beschikbare berging meer optimaal benutten: Intelligente sturing**
- **Voorspellen, waarschuwen**
- **Bewustwording bevolking, zelfredzaamheid, weerbaar worden, zelf initiatief nemen, individuele verantwoordelijkheid**
- **Rampenbestrijding en noodhulp**
- ...



Onderzoek naar klimaatverandering & water  
in België:

<http://www.kuleuven.be/hydr/CCI-HYDR>

[Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be](mailto:Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be)