

An aerial photograph of a city, likely Delft, showing a mix of modern and older buildings, green spaces, and a central canal. The image is overlaid with a semi-transparent dark grey rectangle containing white text.

Energiesysteem van de toekomst

Gebruikersplatform Bodemenergie – Firma van Buiten, Delft, 3 november 2022

Prof.dr.ir. **Andy van den Dobbelsteen**

hoogleraar Climate Design & Sustainability + coördinator duurzaamheid @ TU Delft

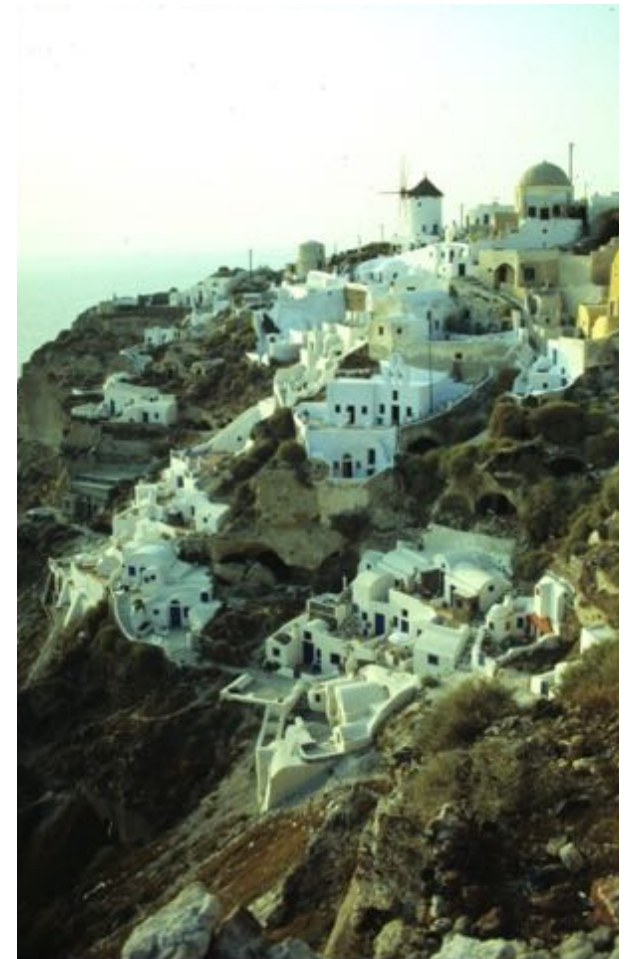


TU Delft campus: practise what we teach & preach

- **CO₂-neutraal, in 2030**
voor alle activiteiten op en vanaf de campus
- **Circulair, in 2030**
betrekking hebbend op alle grondstoffen- en afvalstromen op de campus
- **Klimaatadaptief, in 2030**
omgaan met hitte, droogte, regen, overstromingen, extreem weer
- **Bijdragen aan leefkwaliteit**
gericht op biodiversiteit, veiligheid, gezondheid, inclusiviteit, geluk
- **Onderzoek en duurzaamheid zichtbaar maken**
living labs en innovatie een plek geven en demonstreren

In 2030 voorbereid zijn op het klimaat van 2050

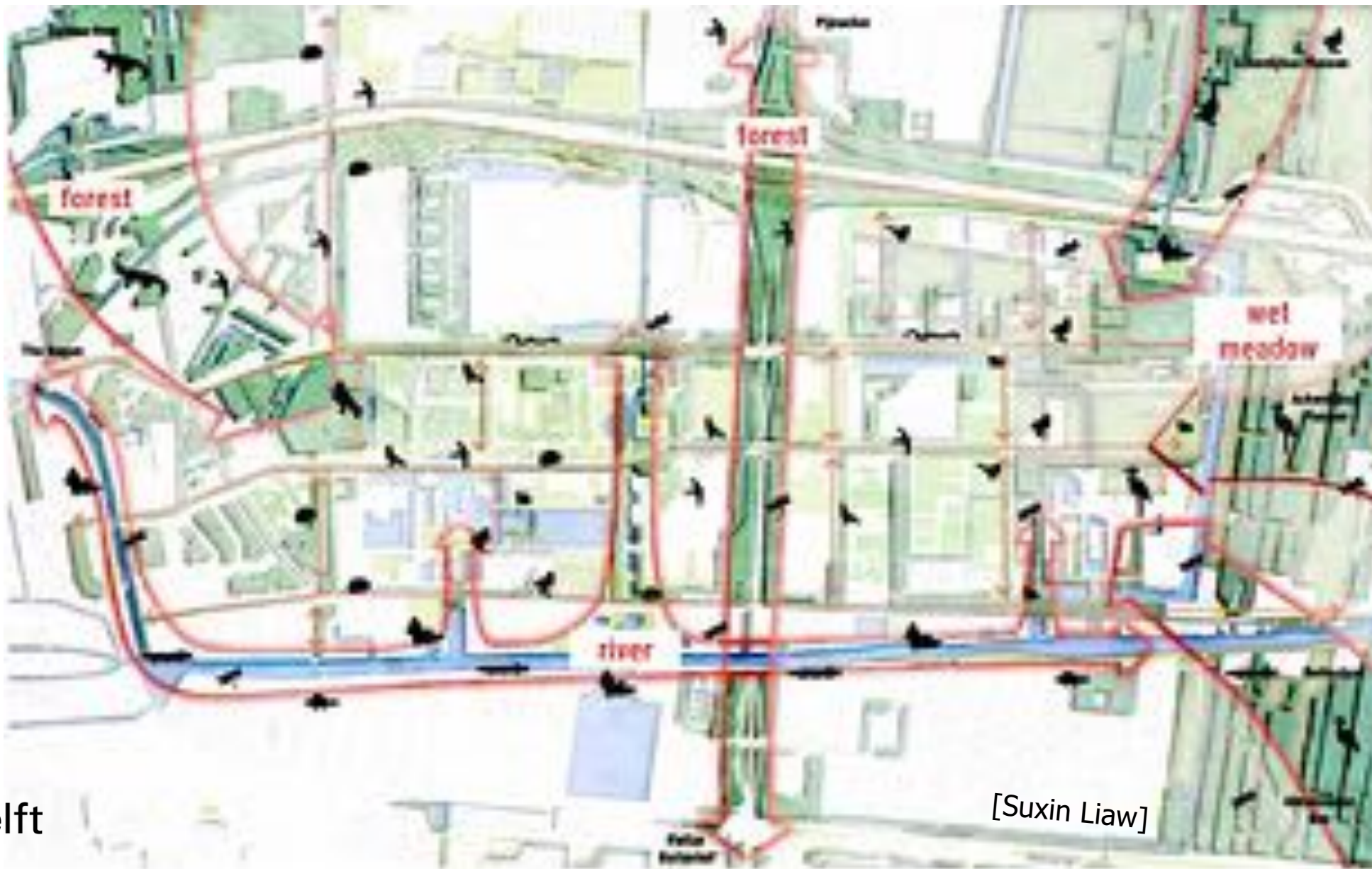
- Vang **hemelwater** op en gebruik het
- Ontwerp veilig voor **overstromingen**
- Bouw **degelijker**, of maak **reparaties** eenvoudig
- Voorkom koeling door **bioklimatisch ontwerp**
- Leer **vernaculaire voorbeelden** uit warme landen →
- Benut **zonne-energie**; dat betekent ook koelen
- Gebruik **warmtepompsystemen**
- Verstoor het **stedelijk klimaat** niet
- Pas veelvuldig **groen** toe



Het belang van meer groen

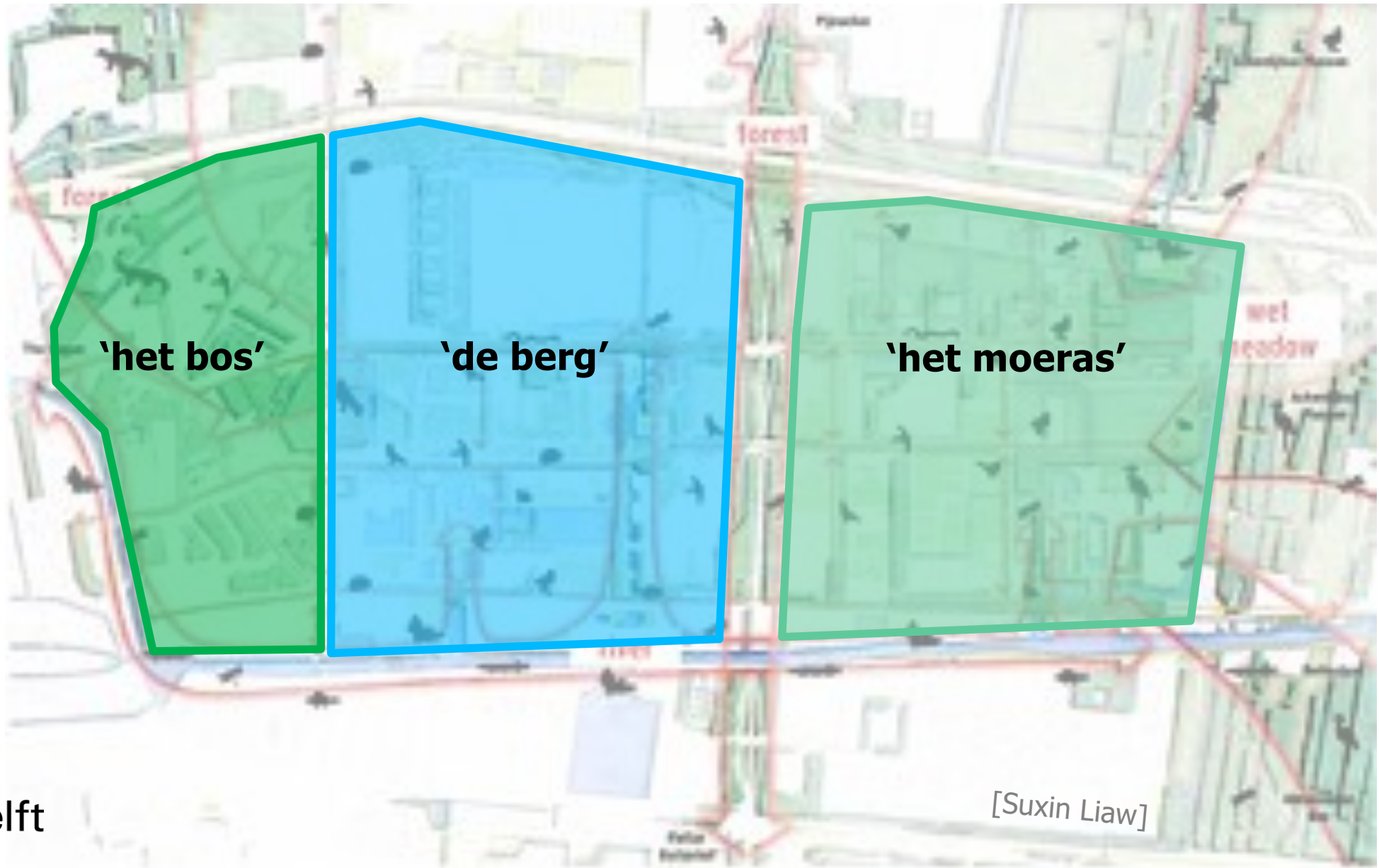
- Absorptie van **CO₂**
- Filtering van **fijnstof** en andere verontreinigingen
- Vasthouden (in de substraatlaag) van **hemelwater**
- **Luchtbevochtiging**
- **Verkoeling**, door schaduw en evapo-transpiratie (in de stad)
- Stabilisering van de **temperatuur** in gebouwen (bij groene daken)
- Verhoging van **biodiversiteit**
- Psychologische **basisbehoefte** van de mens [Vroon 1990]

Groene, blauwe campus

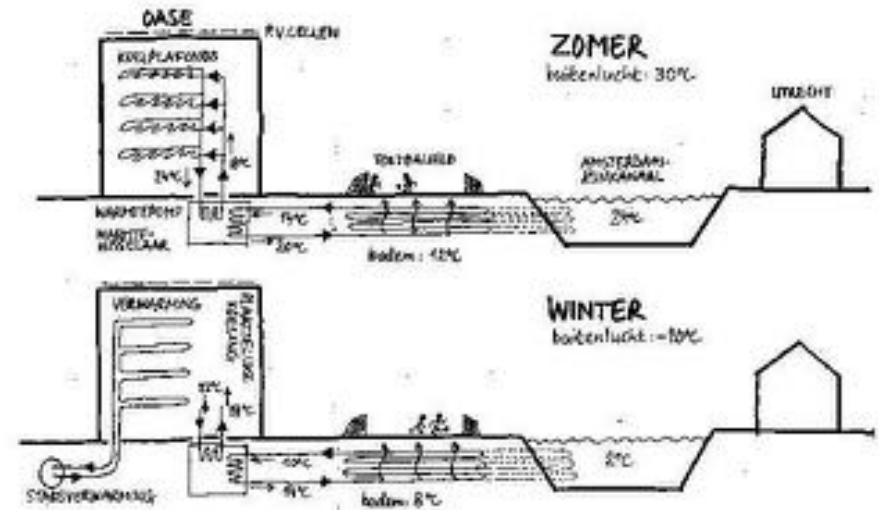
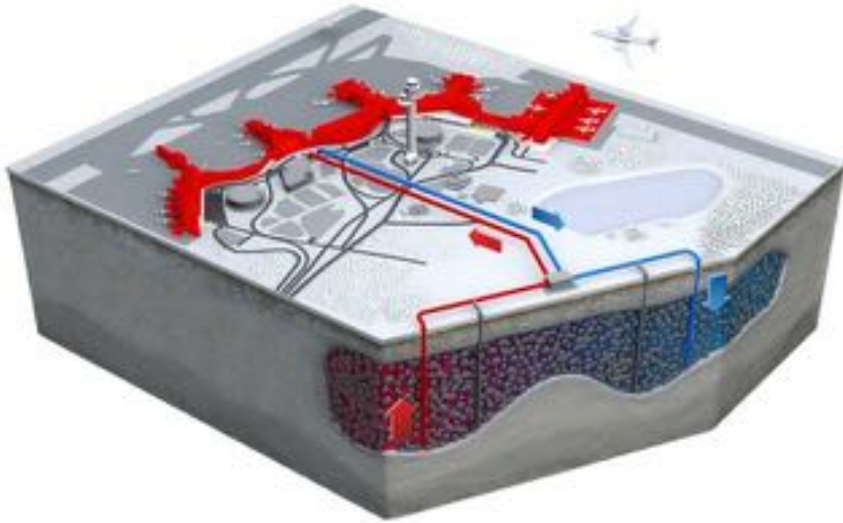


[Suxin Liaw]

Groene, blauwe campus



Actieve koeling en verwarming van oppervlakken

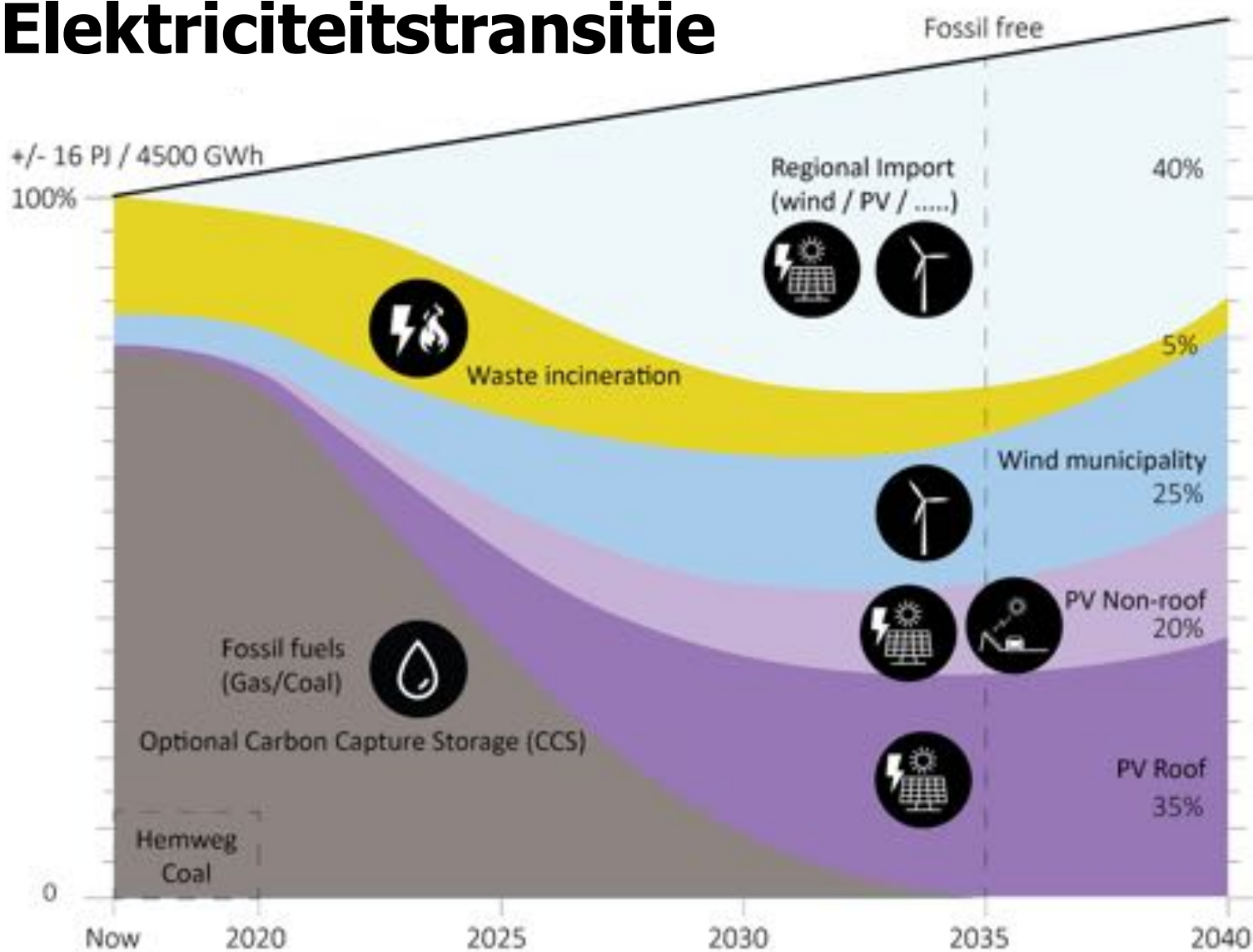


Dit is waar **klimaatadaptatie** goed samengaat met **klimaatmitigatie**

Elektriciteitstransitie



Elektriciteitstransitie



Import duurzame stroom uit de regio

Afvalverbranding

Wind

PV

Warmtetransitie

+/- 25 PJ /

100%

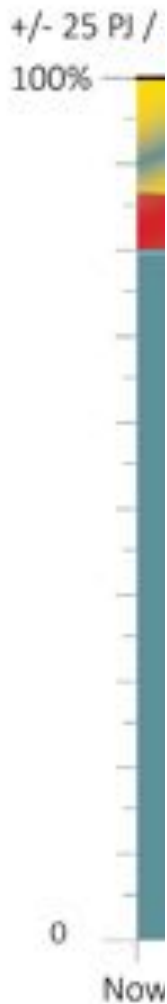
Lagetemperatuurwarmte (meestal uit de bodem)

Hogetemperatuurwarmte (van stadsverwarming)

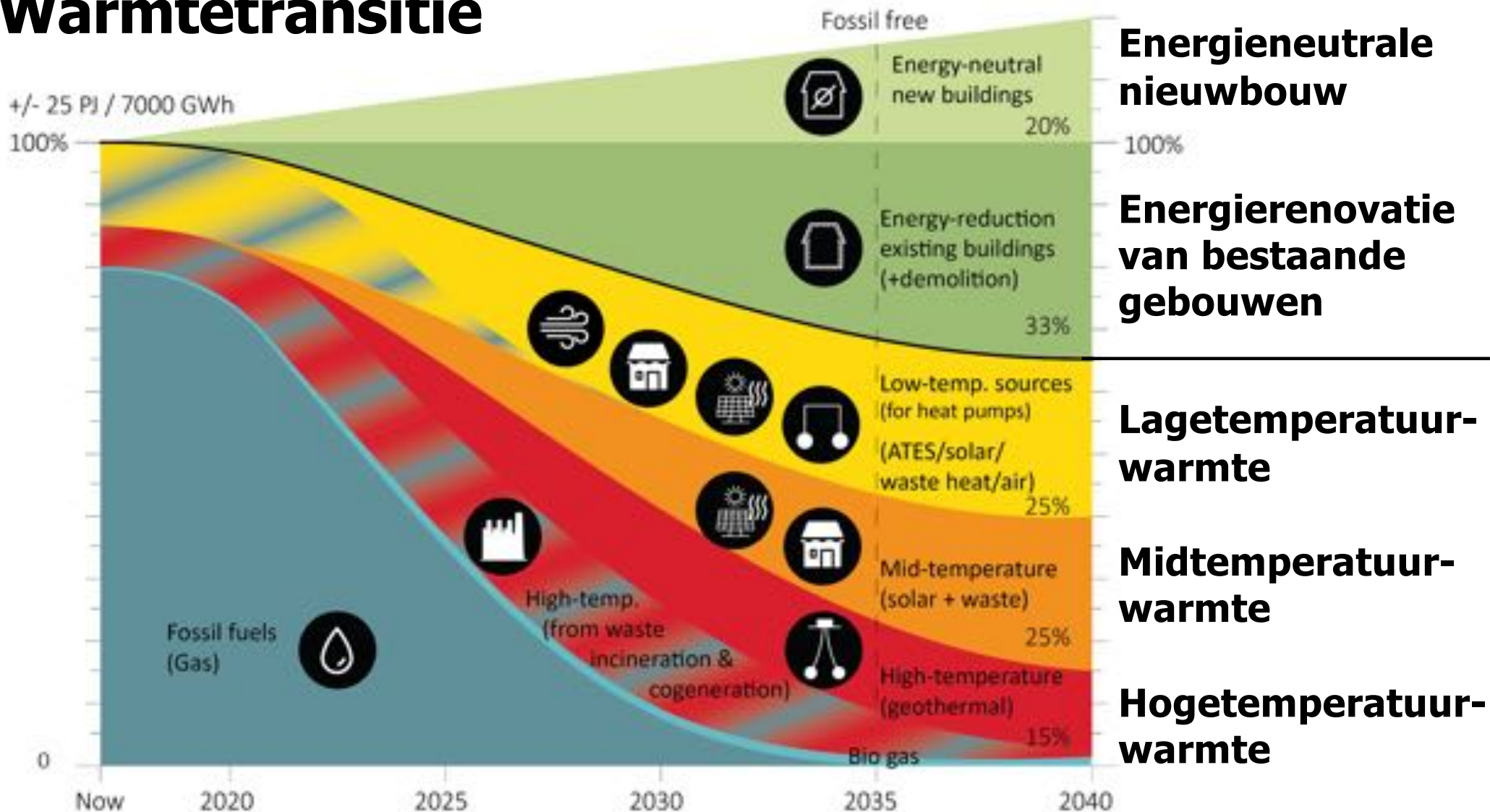
Gasketels en -boilers (vooral met radiatoren)

0

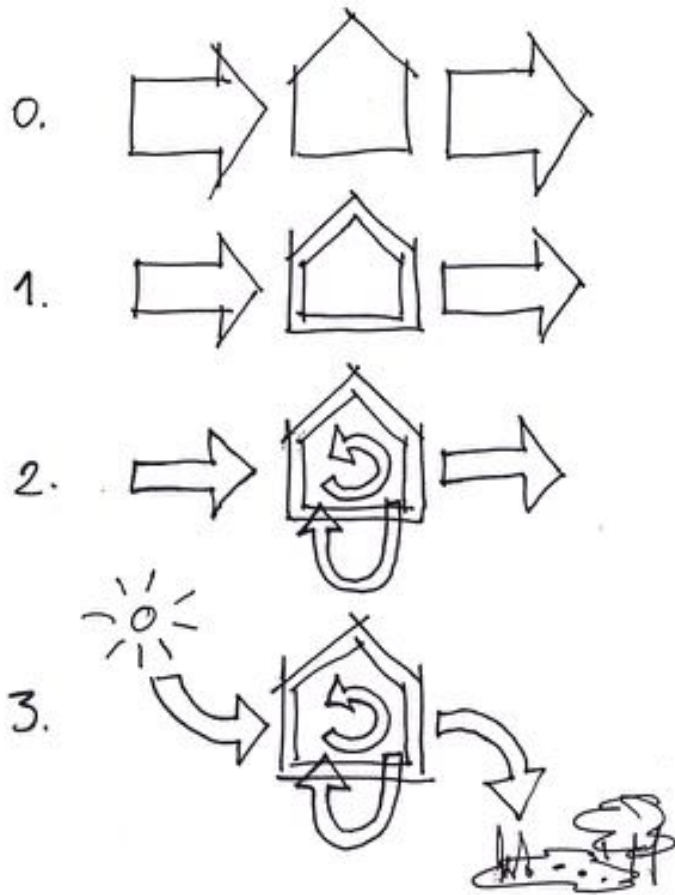
Now



Warmtetransitie



De Nieuwe Stappenstrategie naar energieneutraal



0 **research**: bestudeer de lokale karakteristieken

1 **reduce**: reduceer de vraag

- passief, slim bioklimatisch ontwerpen

2 **reuse**: herbruik (rest)stromen

- afvalwater, afvalmateriaal, afvalwarmte
- in gesloten of verbonden kringlopen

3 **produce**: los de resterende vraag duurzaam op

Verskillende energiepatronen → Slim uitwisselen

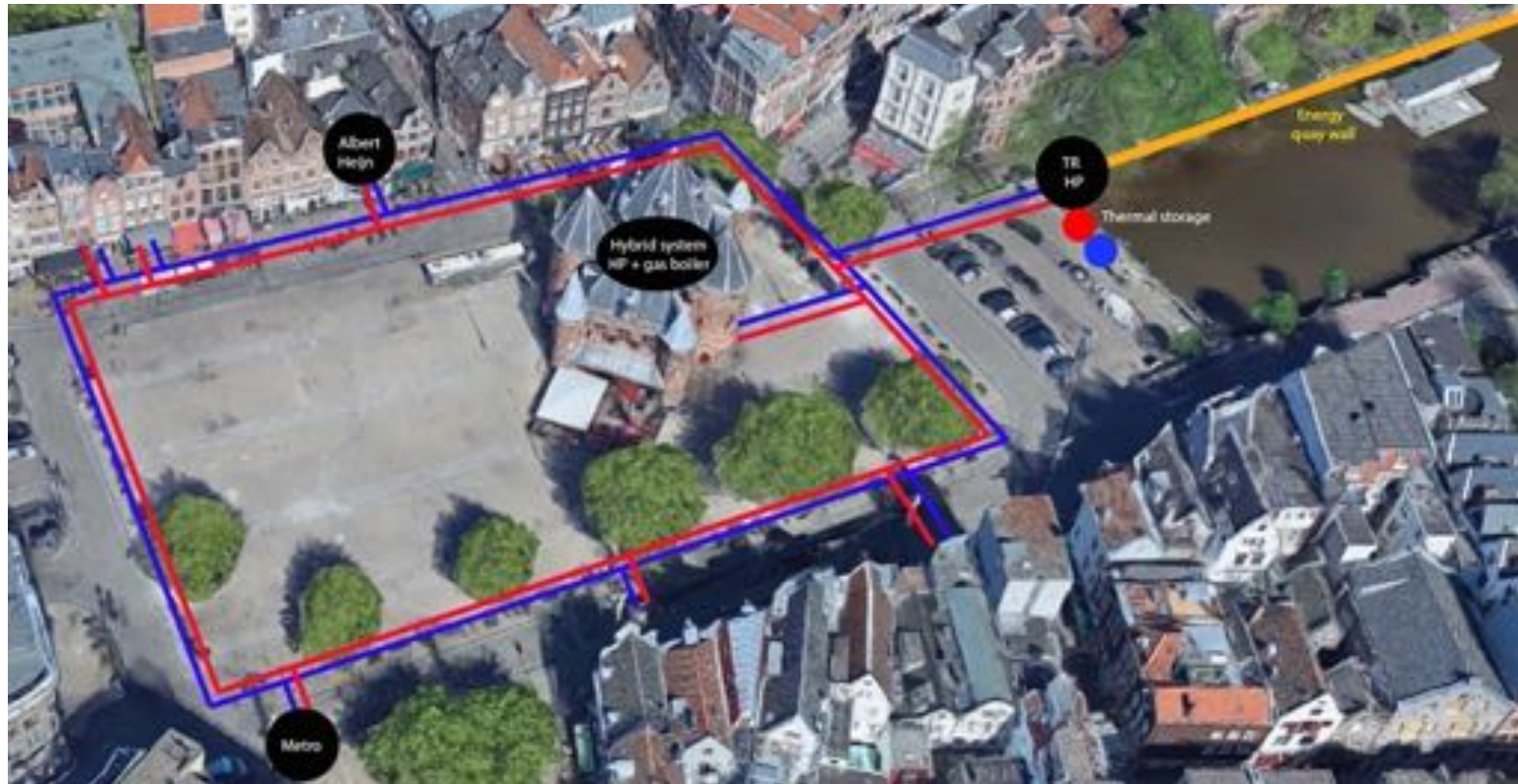


Gemeenschappelijke energiesystemen



Duurzame Lidl supermarkt [Nick ten Caat, 2018]

LT-warmtenet gevoed door meerdere bronnen



Eigen energie opwekken

Lidl ZERO, Woerden



Probleem: opslag van overtollige elektriciteit

- **Batterijen en accu's**
 - Kortetermijnopslag, hoog rendement
 - Vraagt om veel materiaal
- **Waterstof**
 - Seizoensopslag, <50% rendement van stroom → gas → stroom
 - Speciale leidingen en tanks
- **E-fuels**
 - Seizoensopslag, rendement nog laag
 - CO₂ met stroom omgezet in koolwaterstoffen (benzine, diesel, kerosine)
- **Of anders ontwerpen**

Of anders ontwerpen





SUM @ Solar Decathlon Europe 2022





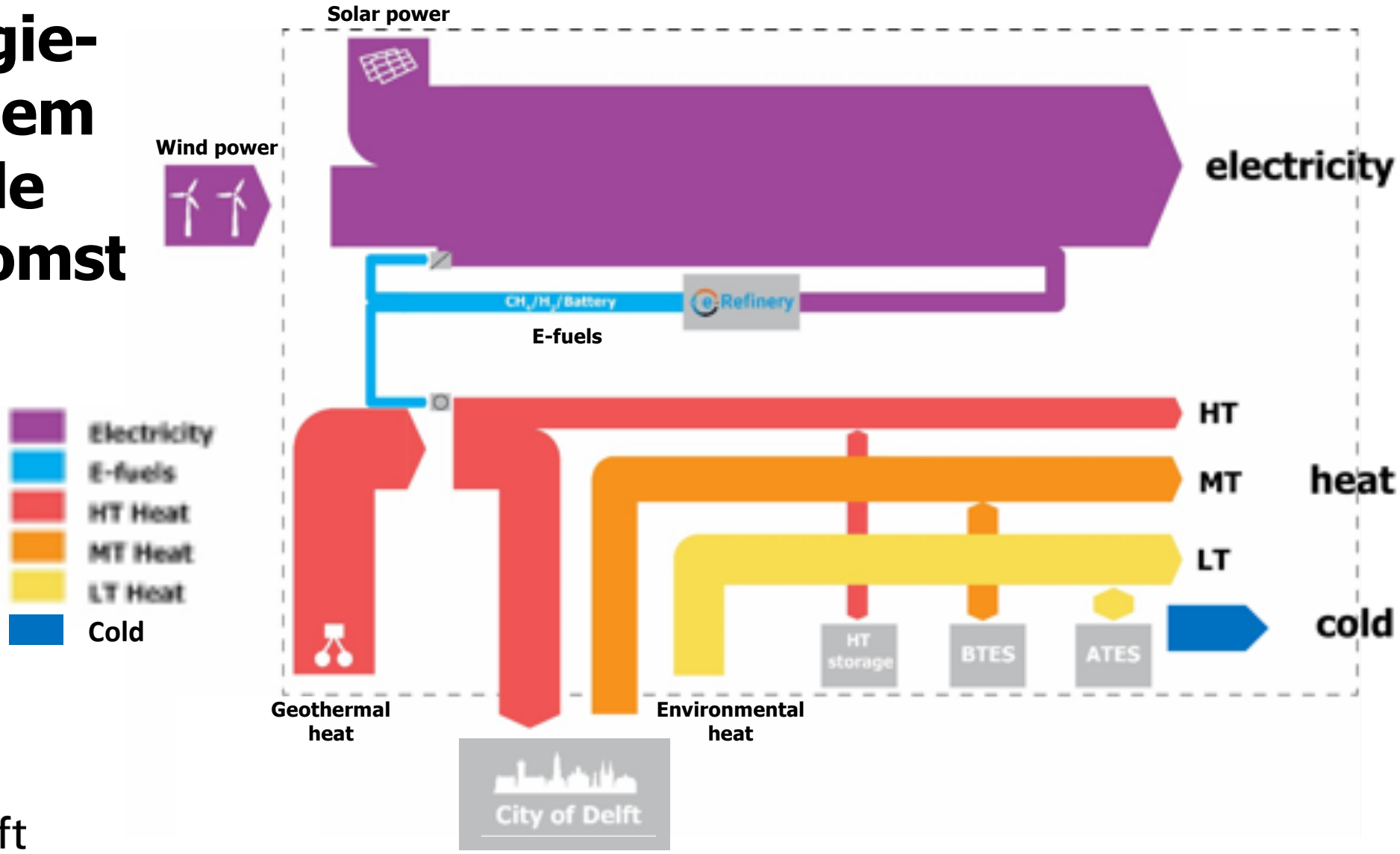

TU Delft
Duurzaam

Scenario's

Scenario	Energie (efficiency & opwekking)	Circulair	Klimaatadaptiviteit & leefbaarheid	Totaal
 0. Een campus die voldoet aan minimale wet en -regelgeving	40 2030 - 49% reductie op CO2 uitstoot	0 geen circulaire scope in Kluysvergebied	Aanpassingen binnen huidige CS	±40
 1. Meest duurzame campus ter wereld	80	53	>2 (scope eco campus)	>135
 2. Meeste duurzame nieuwbouw & renovatie	60	25	10	95
 3. Meest impactvolle verduurzaming van een campus ter wereld	50	20	5	95
	20 - Financiële ruimte voor (cofunding) innovatieprojecten			

Campus board meeting d.d. 13 april '22 omarmd scenario 3 als voorkeursscenario

Energie-systeem van de toekomst



Energiegebruik van campusgebouwen (kWh/m²)



Nieuwbouw: van energieneutraal naar -productief

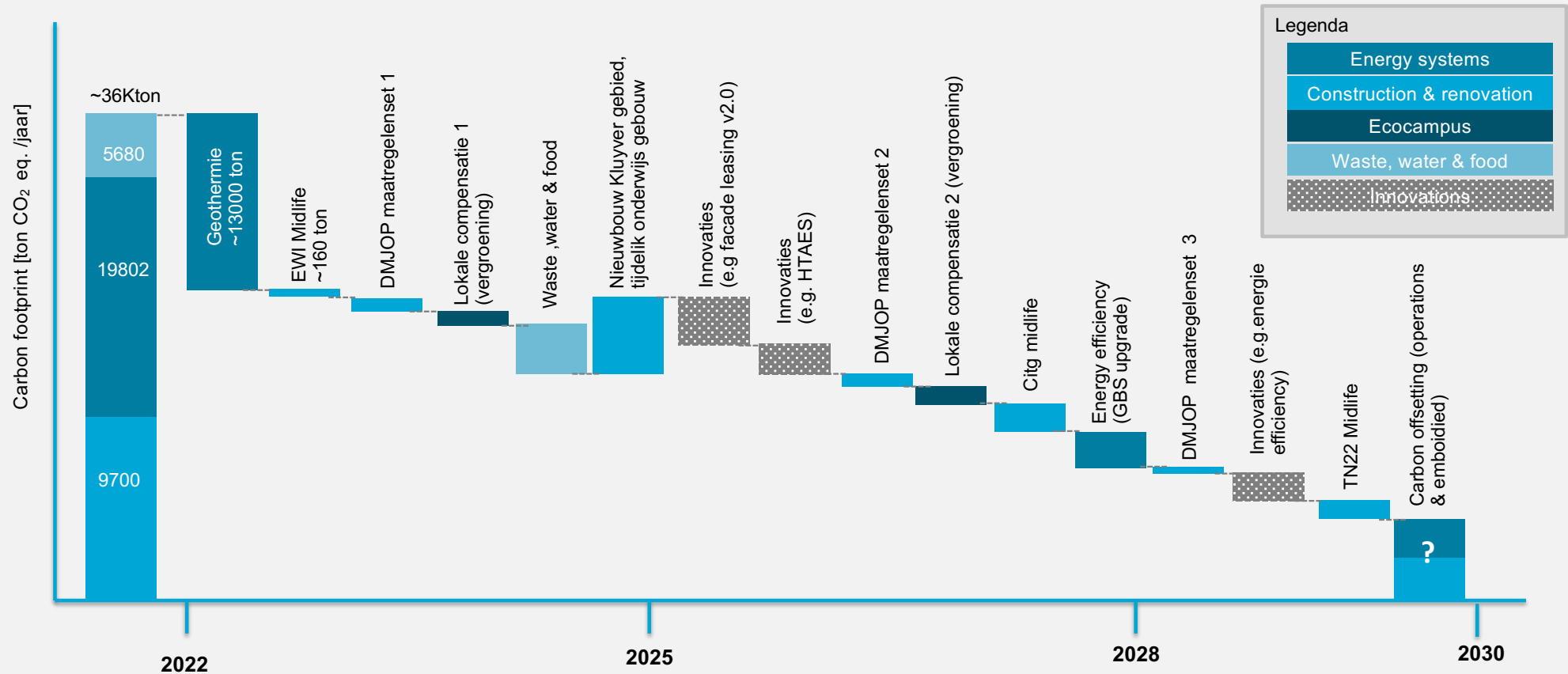


Kluyvergebied: superduurzame nieuwbouw

- Energieproducerend
- Klimaatadaptief
- Circulair
- Bijdragend aan leefkwaliteit

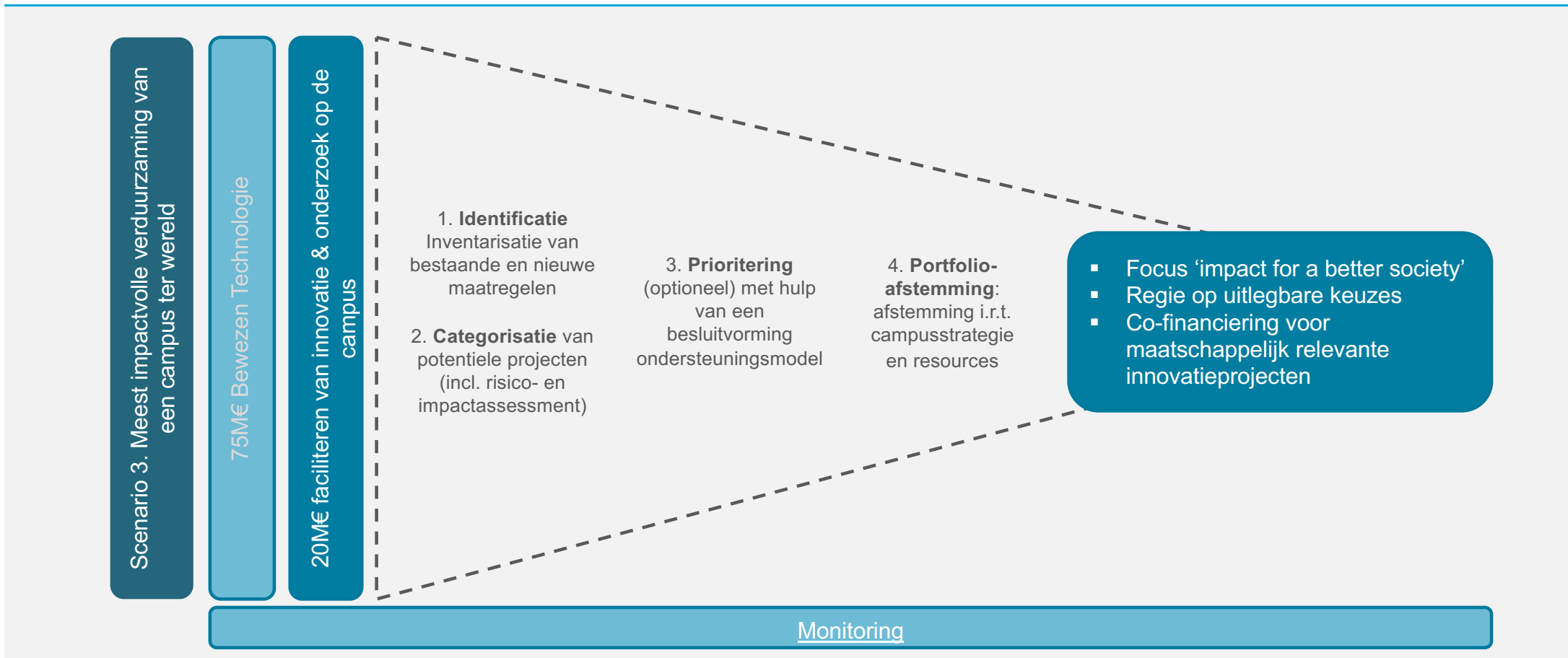


De CO₂-prestatie monitoren



Disclaimers: getallen zijn nog indicatief, facility management scope nog niet opgenomen in de roadmap - Bron: Vision, ambition and action plan V4.20 20-01-22

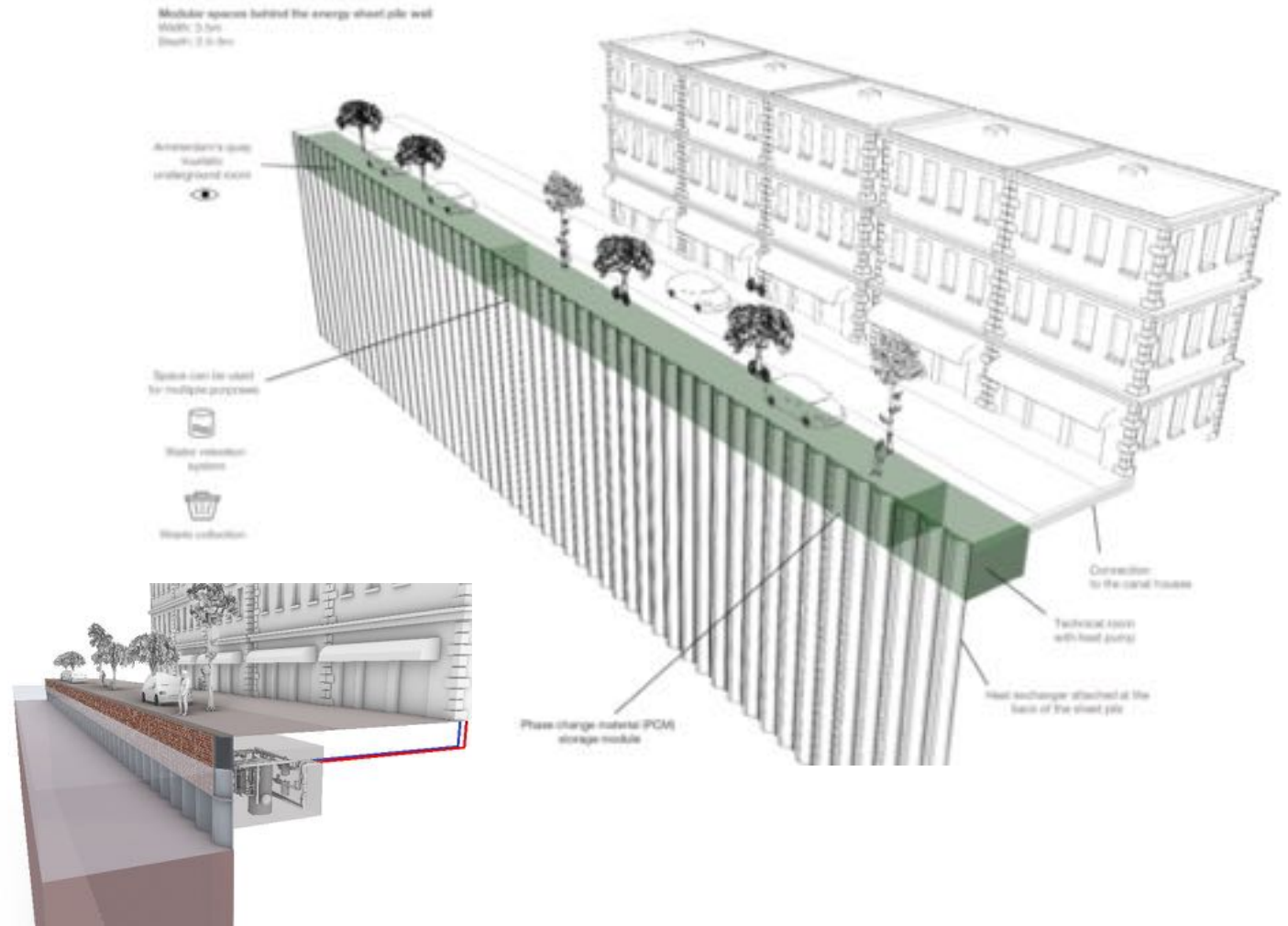
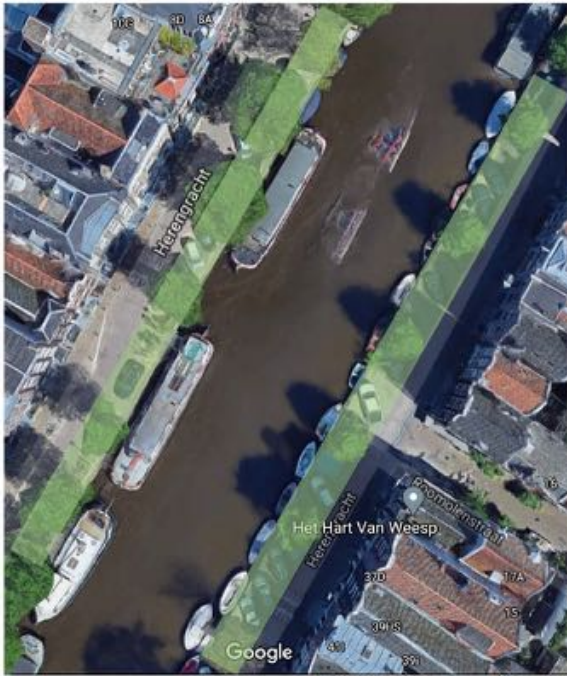
Innovatiebudget voor gefinancierde living labs



Externe partijen mee in de living lab gedachte



Thermisch actieve damwandkademuur



Toegevoegde waarde van aquathermie

- betere waterkwaliteit (algen, bacteriën)
- koeling in de zomer
- grotere kans op ijs in de winter





Energietransitie, klimaatadaptatie en extra waardecreatie

Het Elfstedenenenergietransitieplan



Elfstedentocht 2.0

Samenvatting

- **Aanpak van Friese woningen: energierenovatie** naar all-electric, met warmtepompsysteem
- **De basis: aquathermie** – Elfstedentraject wordt warmtebron
- **Stel: 10% van Friese huishoudens** (29.000) wordt erop aangesloten
- **Nodig voor winterverwarming: 10.000 warmtepompen** (elk 10 kW); die koelen het water dan met **1-4°C**

Het werkt!



02-03-2021



Andy van den Dobbelsteen

Sustainability Coordinator bij TU Delft

3w · Edited · 🌐



Vanochtend demonstreerde het warmtepompsysteem van Gerrit Hjematra hoe #aquathermie kan worden gebruikt voor het vergroten van de kans op ijs in de Provincie Fryslân: er ligt ijs waar de wisselaar warmte onttrekt, open water op andere plekken.

Zoals Gerrit zelf opmerkt: er spelen andere factoren een rol, zoals het verschil in waterdiepte, stroming versus geen stroming, verschil in beschutting, eenden. Maar alle beetjes helpen.

Onderzoek moet uitwijzen hoe groot het effect is op de watertemperatuur, waterkwaliteit en ecologie, mate van stedelijke verkoeling, condities voor ijsvorming en natuurlijk de energieprestatie.

Het gaat om een paar graden afkoeling, dus een koude winterperiode is nog steeds nodig, maar in geval van veel aquathermieprojecten kan de #Eifstedentocht zo toch ooit weer komen!

Wetterskip Fryslân MEFA GROUP Plushuis Unilever Ivo Pothof Phil Vardon Jakob Haverkamp Frits Kuus Koninklijke Oosterhof Holman Sybrand Frietema de Vries Bram Hulsman Arjan van den Hoogen Lucek Wolthekker Gemeente Noardeast-Fryslân Gemeente Súdwest-Fryslân Gemeente Leeuwarden Gemeente

It giet oan!





Andy van den Dobbelsteen:
a.a.j.f.vandendobbelsteen@tudelft.nl
[@dobbelska](#)