Slim omgaan met energie
Op stedelijk en gebouwnivo

Kennisdag
“Bouwfysica na 1,5°C stijging”

Avans Hogeschool
Den Bosch, 09 June 2022

Jack Doomernik
Jobert Ludlage
Ad Breukel
Hugo de Moor

avans university of applied sciences

Agenda

- Smart Energy research
- Projects:
  - TERTS
  - Brains for Buildings
- Case studies:
  - Het Palet, Middelburg
  - Oostkerk, Middelburg
  - Hoogeind, Breda

Het lectoraat **Smart Energ**y is gericht op energiebesparing en het inpassen van duurzame energie, met gebruikmaking van technologische ontwikkelingen.

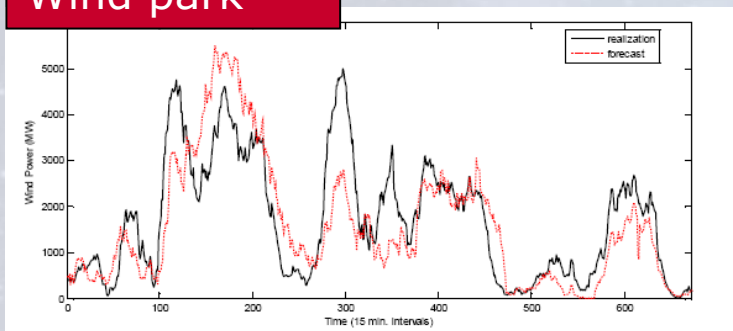
nik

DAAR KRIJG JE ENERGIE VAN

Systems integration and balancing

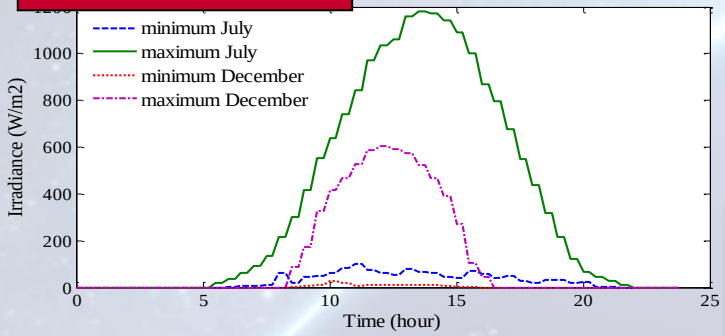
avans university of applied sciences

Wind park



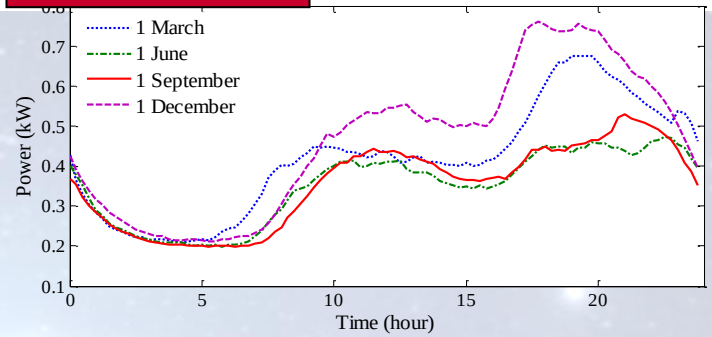
Real and Forecasted Wind Power Profile for One Week, 6000+1800 MW Wind

Solar system

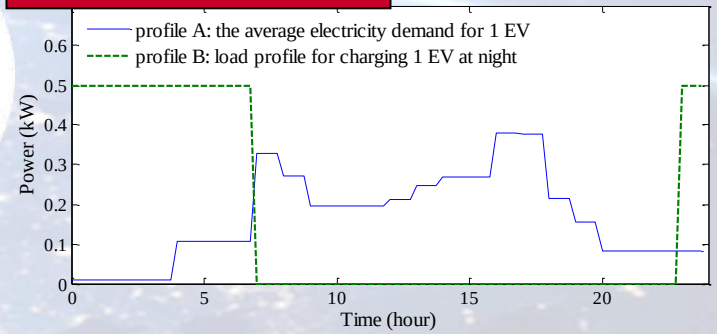


- Better grid utilization
- Prevention of grid congestion and expansion
- Enables more local production
- Flexibility for end-users
- Dynamic load control
- Multi-vector solutions
- Supports direct and indirect electrification
- Integration of storage and back-up solutions

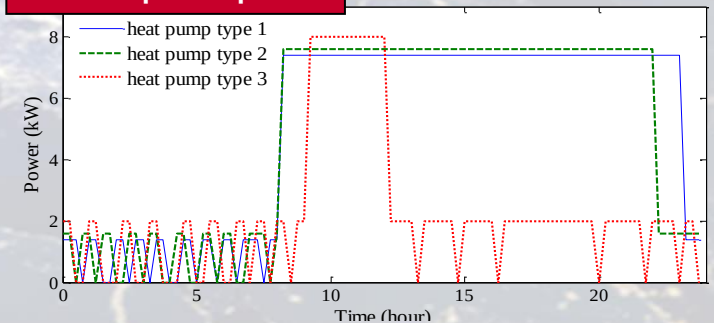
Household



Electric car

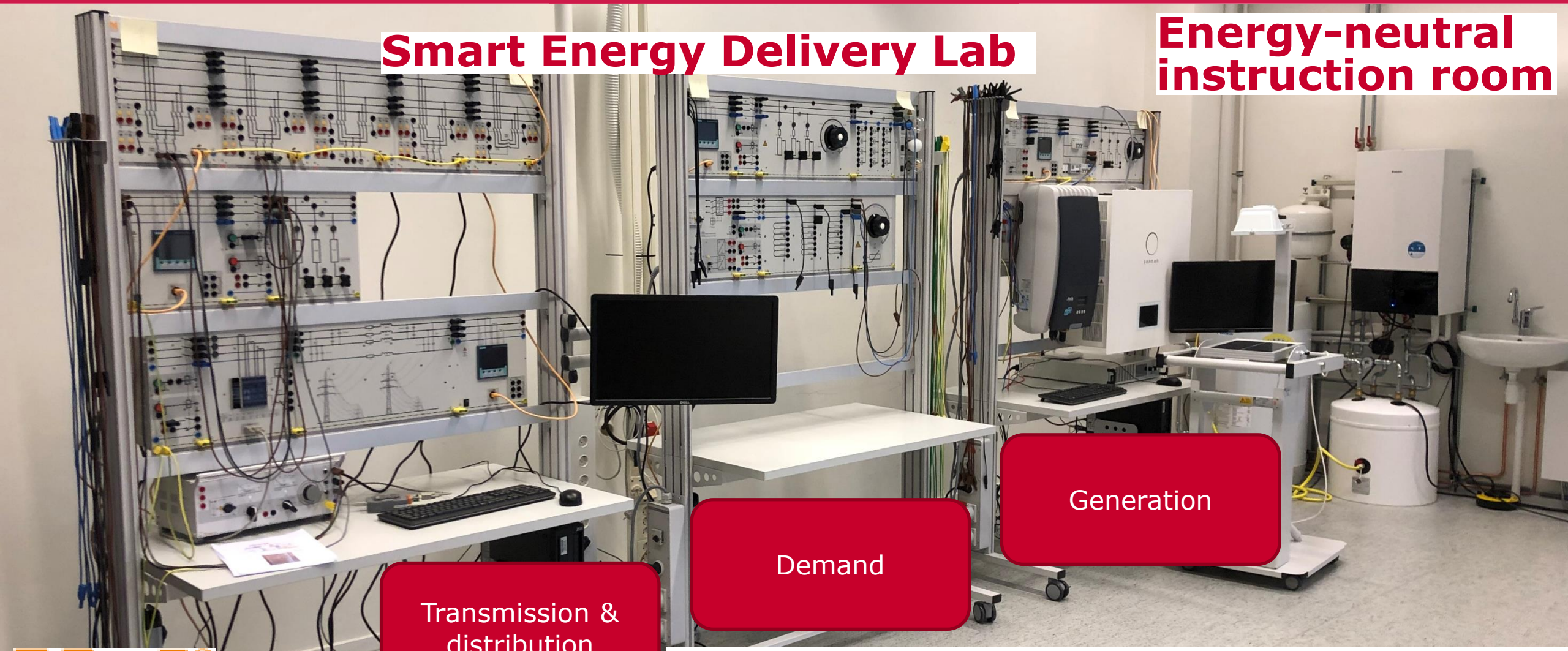


Heat pump



Smart Energy Delivery Lab

Energy-neutral instruction room



- Control and study of the dynamic behavior of smart grids in a neighborhood or industrial estate to link theory to practice
- Experiment environment for multidisciplinary teams of students, teachers and researchers
- Collaboration with other universities and education and knowledge institutes

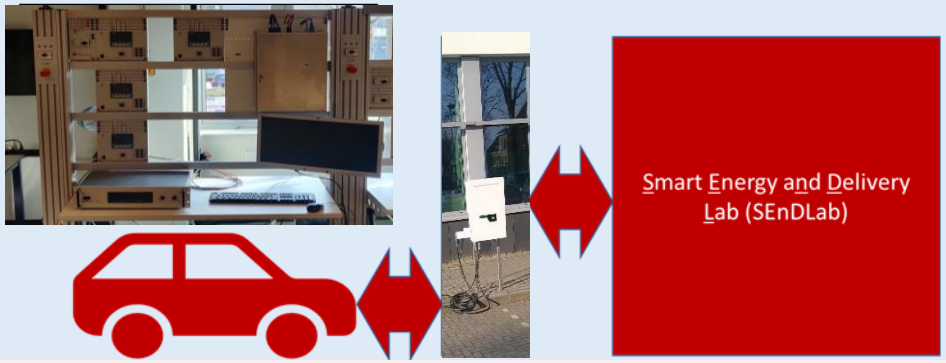
LUCAS-NUELLE

- Reduce CO_2 emissions in the tertiary sector
- Testing and demonstrating innovative techniques and measures
- Implementing a care-free process
- Setting up a coordination function by municipalities
- Six "all-in" demonstration projects

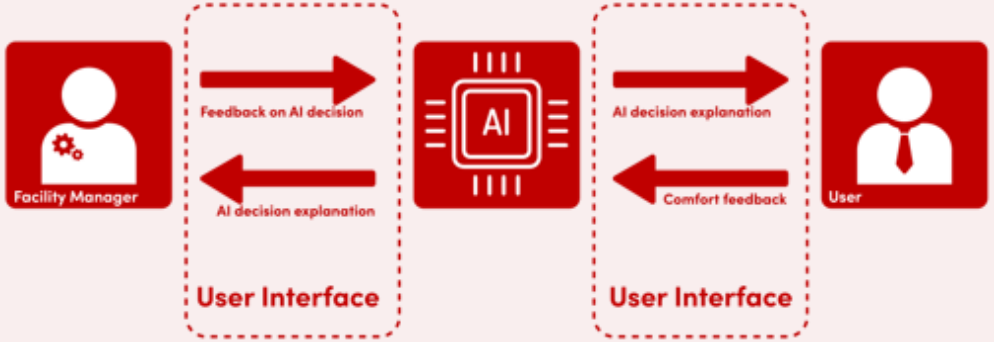
BRAINS 4 BUILDINGS

Adding brains to buildings to diagnose and optimize themselves to be energy efficient and an active part of the energy system.

avans university of applied sciences

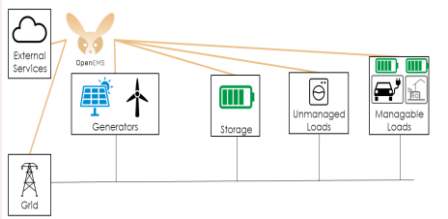


WP1 EV and bi-directional energy storage



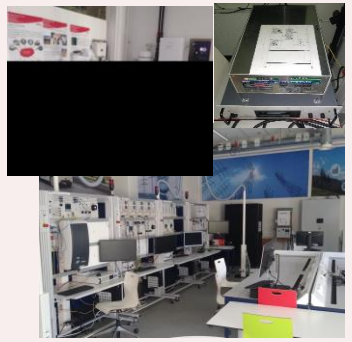
WP3 Smart Interface and User Comfort

Power & Energy Management



- Business case development
- Predicting the influence of external factors
- Open-EMS development
- Electric & *heat* system

WP2 Brains for SME buildings & business area



SEnDlab (LA121)

Living lab (building LA, classrooms, labs & offices)

Energiemetingen

Energiemetingen:
van complexe gebouwen naar eenvoudige locaties in binnensteden en op bedrijventerreinen

Via project TERTS = Transitie in Energie via een Regierol voor de Tertiaire Sector

Complexe gebouwen (1) het Palet
in Middelburg (2) de Oostkerk

Eenvoudiger locaties (3) in de tertiaire sector:
horeca, slagers, kappers, etc .

Eenvoudiger locaties (4) op bedrijventerrein: **Brains for Buildings**

1 Het Palet

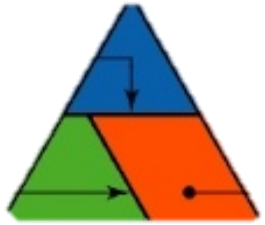
- Concept
- Warmtepompen
- Zonnepanelen
- Warmtebatterij
- Monitoring

1 Het Palet Concept

Gemeenschapsgebouw uit 2000

- Voorbeeld voor recente bouw die aan renovatie toe is:
  - Stap in vermindering energieverbruik (isolatie en warmtepomp)
  - Geen of minder gebruik fossiele brandstoffen
  - Opwekking met een duurzame bron (zon)
- No-regret benadering

Energieladder (Trias Energetica)

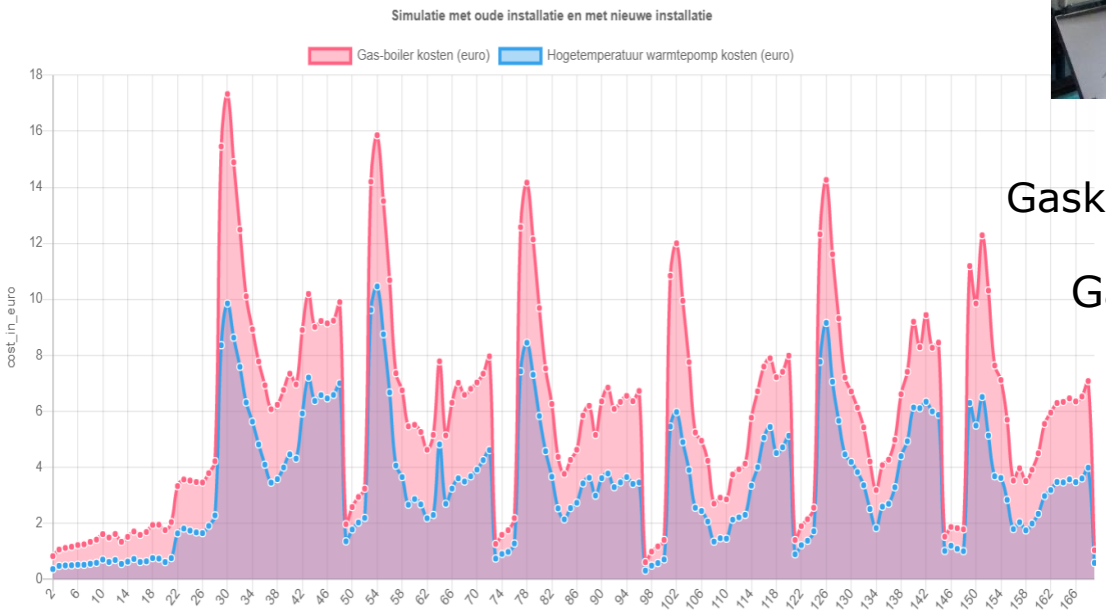


1 Het Palet Warmtepompen

Analyse gebouw met Vabi Elements

Warmte nodig als functie van Tbuiten
en historische gegevens
=> met huidige radiatoren en leidingen
T soms > 70°C
Elektrische booster

Aandachtspunten:
- Geluid van de lucht buitenunit
- Aansluitwaarde elektriciteit



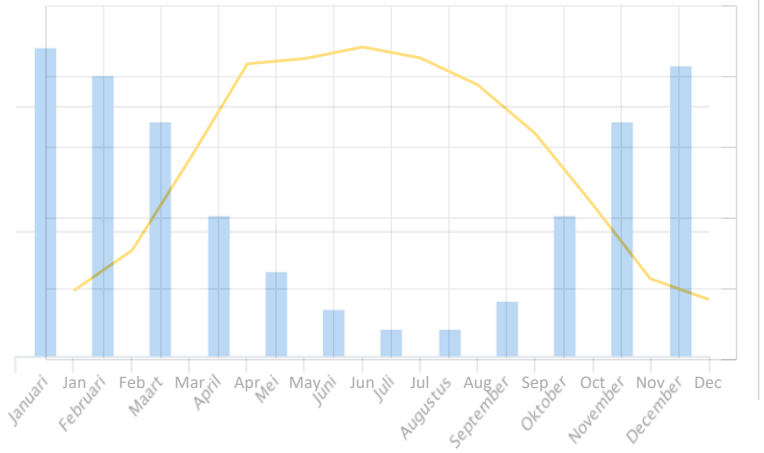
Gasketel 61,5 KW Warmtepomp 45 kW

Gas → Elektrisch

1 Het Palet Zonnepanelen

De extra elektriciteitsbehoefte
kan gecompenseerd worden met
zonnepanelen (180 kWp)

O-W oriëntatie
Gedurende de dag gelijkmatigere opwek



Ongelijktijdigheid warmtebehoefte (blauw en E-opwek (oranje)

Geen probleem bij saldering

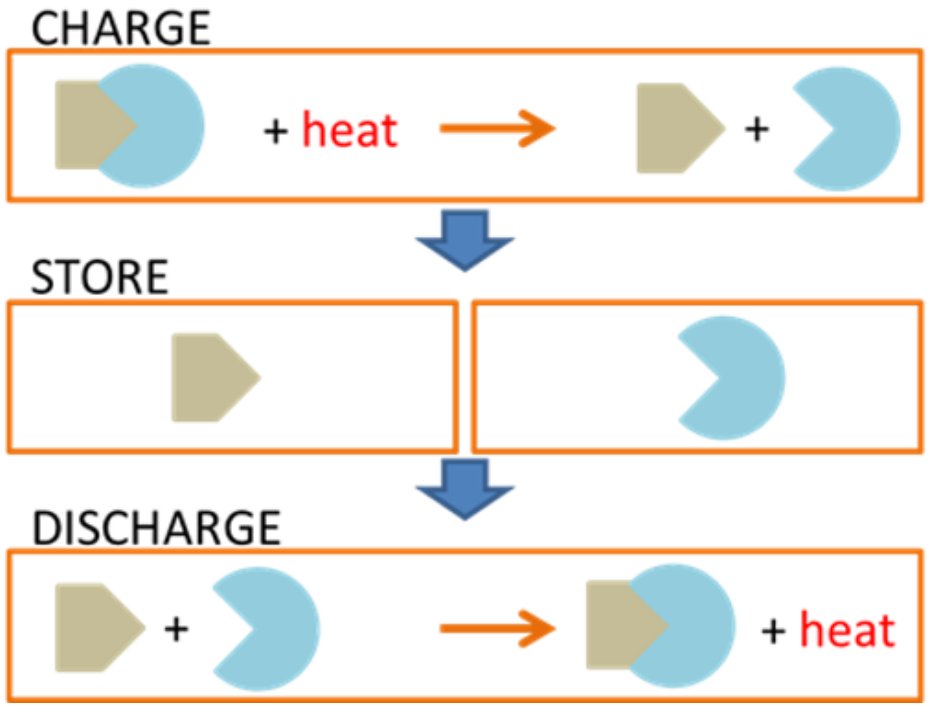
Alternatief op termijn:

E-opwek deels omzetten in warmte (WP efficiënter)

Naast PV ook PVT of collectoren (Warmte)

Inzet warmtebatterij onderzocht

1 Het Palet Warmtebatterij



TNO Delft

Zout (Droog) ↔ Zout Hydraat

Exotherme reactie

Capaciteit 3x groter dan water

Geen verliezen

1 Het Palet Warmtebatterij

Fysieke plaatsing was nog niet mogelijk.

In samenwerking met TNO (WB) en Huib Visser GS (Vabi) is door Avans een digital twin gemaakt.

Conclusie

Warmtebatterij kan een zinvolle aanvulling zijn op een warmtepomp

- Flexibele prijzen zijn een voorwaarde
- Stroom duur: geen wind en geen zon
  => Warmtebatterij ontladen
- Stroom goedkoop: veel wind of zon
  => Warmtebatterij laden (2 dagen)

Warmtebatterij zorgt voor een beter werkende warmtepomp (COP)
Warmte leveren bij lage buitentemperaturen

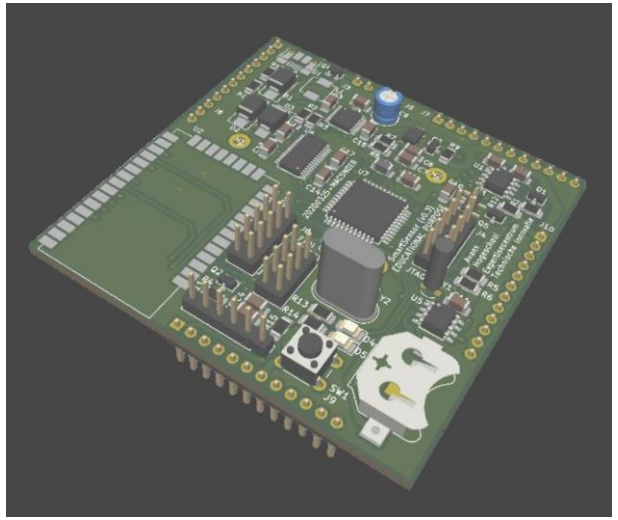
Gepresenteerd 28-1-22 Terts Inspiratie-event

1 Het Palet Monitoring

Avans gaat het Palet monitoren door 10 sensoren te plaatsen in diverse ruimtes

- Temperatuur
- Vochtigheid
- CO_2
- Aanwezigheid

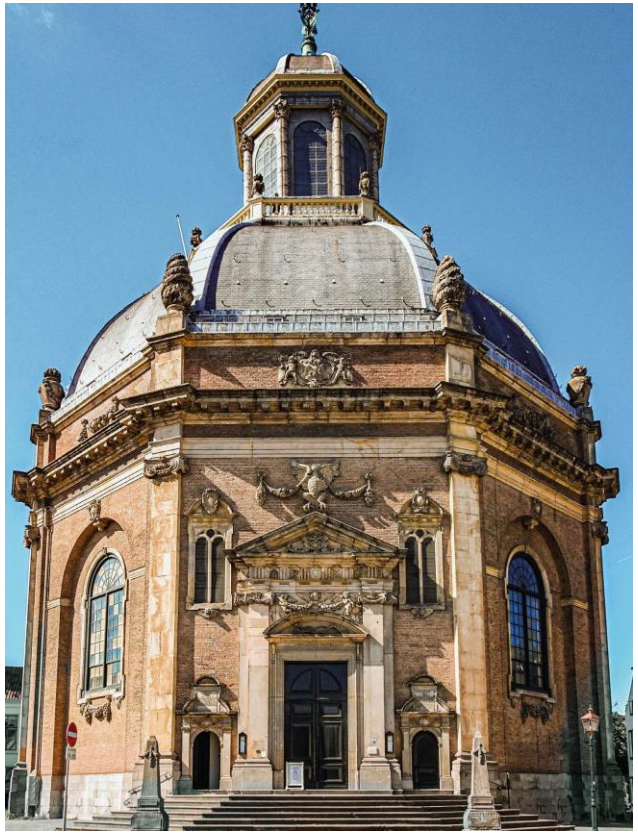
Daarnaast wordt het E-gebruik gemeten



De data worden vergeleken met

de verwachtingen van de gebouwsimulaties en de digital twin

2 Oostkerk



17e-eeuwse Koepelkerk in Middelburg

2 Oostkerk

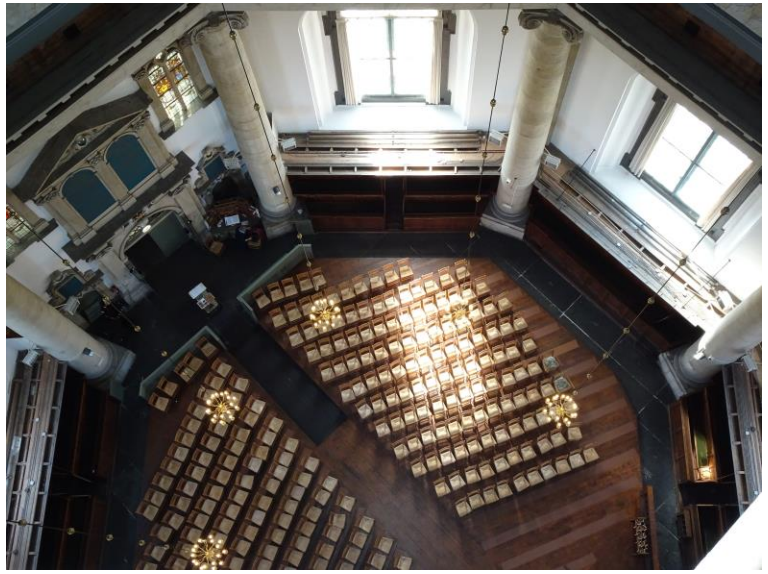
1 Achtergrond

2 Randvoorwaarden

3 Analyse

4 Maatregelen

5 Resultaat



Gepresenteerd 28-1-22 Terts Inspiratie-event

2 Oostkerk Achtergrond

Stichting Monumenten Bezit neemt bijzondere gebouwen over voor een tweede leven

De Oostkerk is een top-100 monument uit de 17e eeuw.
Teruglopend kerkbezoek leidde tot overname door SMB
Een nieuw gebruik voor seminars, concerten, uitvaarten, exposities enz.

Probleem zijn de hoge kosten om de kerk te verwarmen, met name in de winter.

Voor een rendabele exploitatie is verlenging van het seizoen
(mn december) noodzakelijk en verbetering van het comfort

Renovatie van de Oostkerk is een voorbeeld voor historische monumenten

2 Oostkerk Randvoorwaarden

Kosten in gebruik nemen bij evenementen halveren (ca 400 → 200 €)

Verbetering comfortbeleving (koude val)

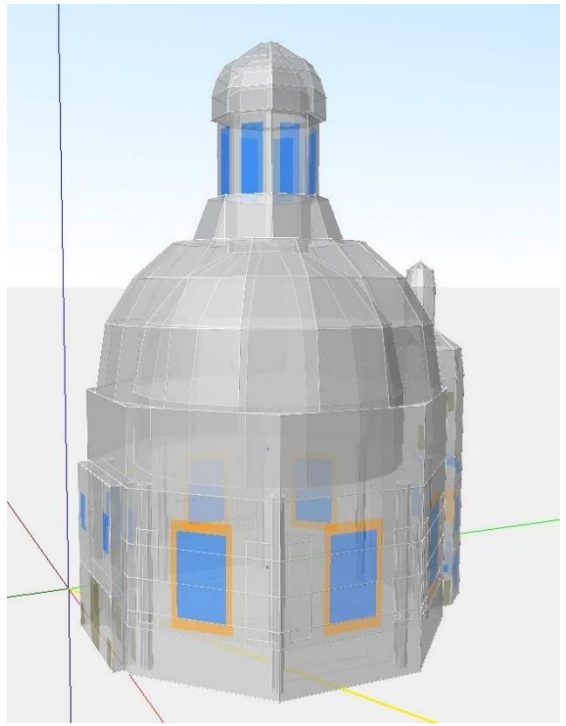
Eenvoudige bediening per type evenement

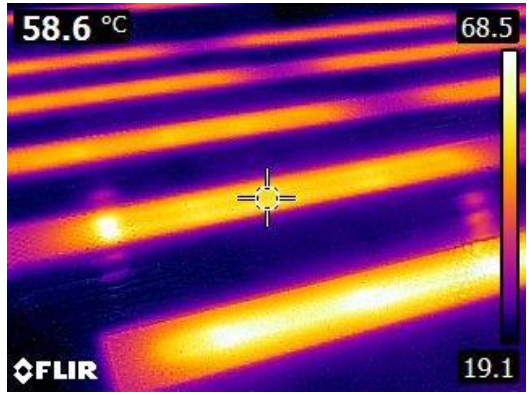
Ingrepen reversibel en zo min mogelijk zichtbaar

Geen risico op dauwpunt in de houten kap

2 Oostkerk Analyse

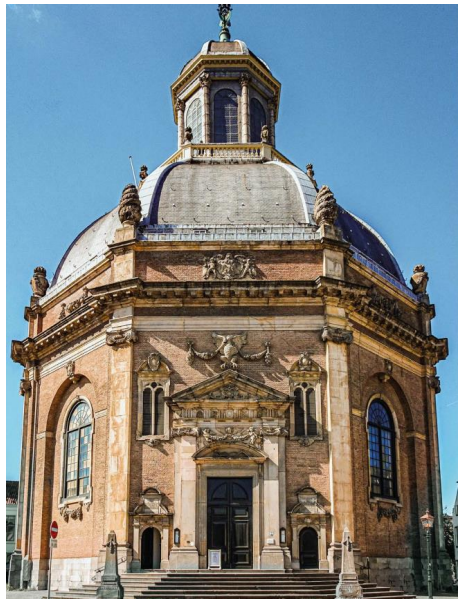
- Kerk in Vabi rekenmodel
- Validering rekenmodel via meetsessies
- Gebruik van warmtecamera
- Infiltratiemeting

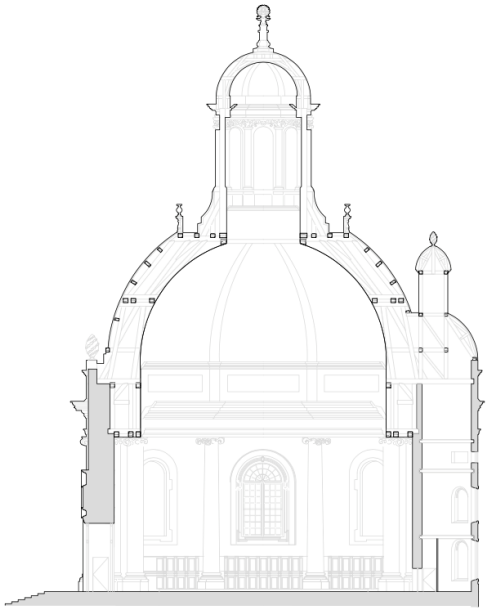


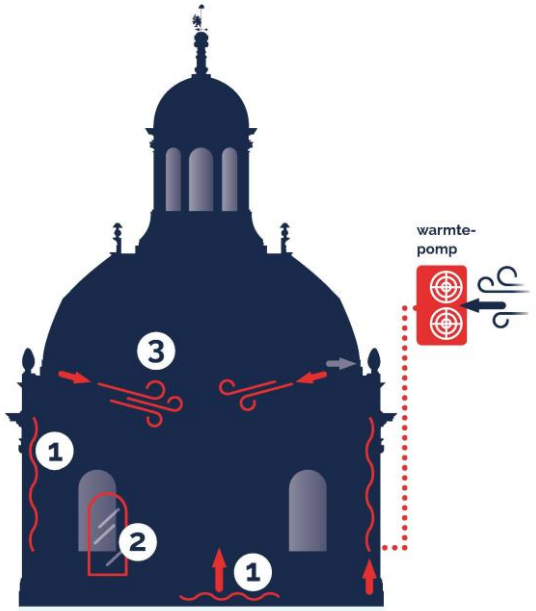


2 Oostkerk Maatregelen

Gecombineerde technieken voor een optimaal resultaat







Schematische dwarsdoorsnede Oostkerk met de gecombineerde verwarmingstechnieken.

- beperken volume
- voorkomen koude val (luchtgordijn, wand- en glasverwarming)
- nieuwe vloerverwarming

2 Oostkerk Maatregelen

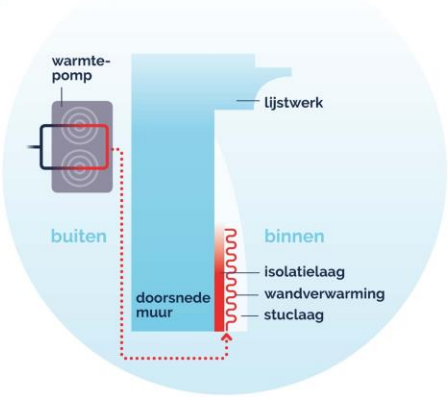
VERDUURZAMING OOSTKERK

Gecombineerde technieken voor optimaal resultaat

1 Wand- en vloerverwarming

De wanden en vloer worden voorzien van een watervoerende verwarming.
Aan de binnenzijde van de buitenmuur wordt aan weerszijden van de zes grote ramen een pakket aangebracht met een dunne isolatie, een watervoerende wandverwarming en een afwerking van stucwerk. Het pakket wordt zo aangebracht dat de detailleringen in het wandvlak niet wegvallen.

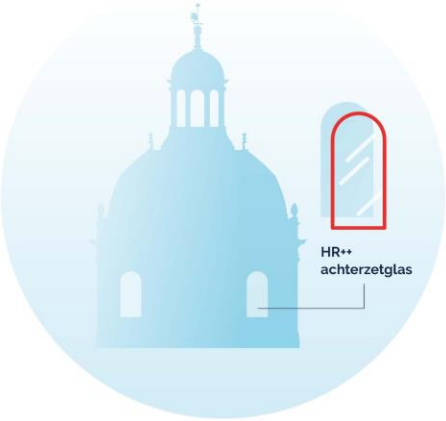
De vloerverwarming wordt opgenomen in de reeds bestaande opgehoogde vloer. Voor beide onderdelen komt de levering van warmte van de lucht/waterwarmtepomp.



2 Achterzetbeglazing

De grote ramen worden voorzien van elektrisch verwarmd HR++ achterzetglas.

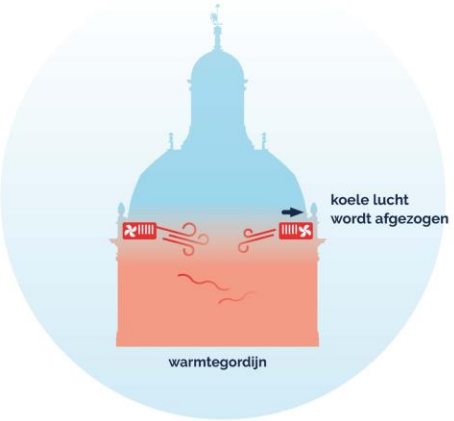
De combinatie van verwarmd glas en verwarming op de binnenzijde van de buitenmuur zorgt voor een grote afname van de koudeval langs de wand en zorgt voor een grote comfortverbetering.



3 Horizontaal luchtgordijn

De Oostkerk heeft een enorm volume om te verwarming. Met een horizontaal luchtgordijn wordt dit volume verkleind. Hier vandaan wordt warme lucht naar beneden toe de kerk ingeblazen.

In de koepel wordt de lucht afgezogen en de warmte daarvan hergebruikt bij de inblaasfunctie. De koude lucht wordt naar buiten toe afgevoerd. Deze techniek zorgt ervoor dat de warmte niet in de koepel verdwijnt, maar juist laag in de ruimte optimaal benut wordt.



STICHTING Monumentenbezit

2 Oostkerk Resultaat

Situatie	Huidige situatie [1]	Comfortsituatie met minimale temperatuurbewaking [2]
Warmtevraag	39646 kWh	74453 kWh
Energiekosten	€ 8.920	€ 7.285 [3]
Aandeel duurzame energie	0%	42%
Score binnen comfortklasse A/B	67%	100%

- Openstelling wordt verruimd met circa 12 weken
- Investering circa 1.000.000 euro
- Subsidie TERTS 275.000 euro
- Start 18 oktober 2021 - oplevering 1 maart 2022

https://monumentenbezit.nl/projecten/verduurzamingoostkerk/#single/0

3 Verduurzaming van eenvoudige gebouwen

- Daarvoor zijn de huidige energietechnieken belangrijk: quick wins
- Voor de toekomst zijn juist innovatieve technieken belangrijk
  – die wilden we met TERTS onder de aandacht brengen;
  hiervoor was 50% subsidie beschikbaar.

Daarvoor:

- Zijn energietechnieken geclassificeerd (in rubrieken zoals opwekking, opslag, isolatie, verlichting)
- Is nagegaan bij welke doelgroep bepaalde technieken het best passen, op basis van hun energieverbruik.

Dit is zichtbaar op de website https://www.terts.org/
met doelgroepen, technieken in rubrieken, factsheets, overzicht quick wins
Er is een verdienmodel als handleiding voor ondernemers.
De basis daarvan staat in het paper dat we hierover hebben gepubliceerd:
kapperszaken Clima 2022: https://proceedings.open.tudelft.nl/clima2022/article/view/266

3 Verduurzaming van eenvoudige gebouwen

Inventarisatie van relevante innovatieve technieken

A. Isolatiematerialen
B. Duurzame opwekking
C. HVAC (verzamelnaam voor verwarmen, ventileren en koelen (Heating, Ventilation & Airconditioning)
D. Verlichting
E. Sector gerichte apparaten
F. Opslag
G. Circulariteit
H. Meettechnieken en visualisatie van meetwaarden

Per techniek is een terugverdientijd nodig, om ondernemers te ondersteunen bij hun mogelijke aankoopproces

.

3 Verduurzaming van eenvoudige gebouwen – inclusieve business case

Onze vraag aan u: hoe komen we aan een snelle inschatting van de energiestromen in /rond een gebouw, voor en na de invoering van energiemaatregelen.
Dat bepaalt de mogelijk besparing, en daarmee de business case.

Hierover hebben we een eerste onderzoek verricht, gepresenteerd op CLIMA 2022 door partner Hilde Breesch KU Leuven

CLIMA 2022
REHVA 14th HVAC World Congress
22nd - 25th May, Rotterdam, The Netherlands

TVVL TU Delft TU/e REHVA Carrier

ASSESSMENT OF ENERGY AND BUSINESS PERFORMANCE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN SMES

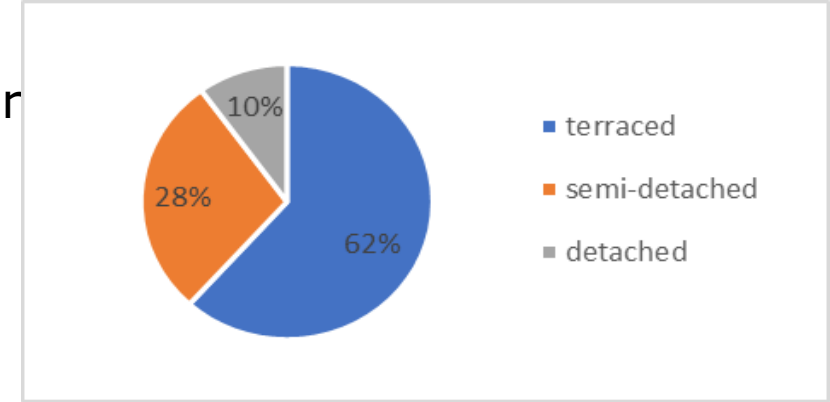
KU LEUVEN

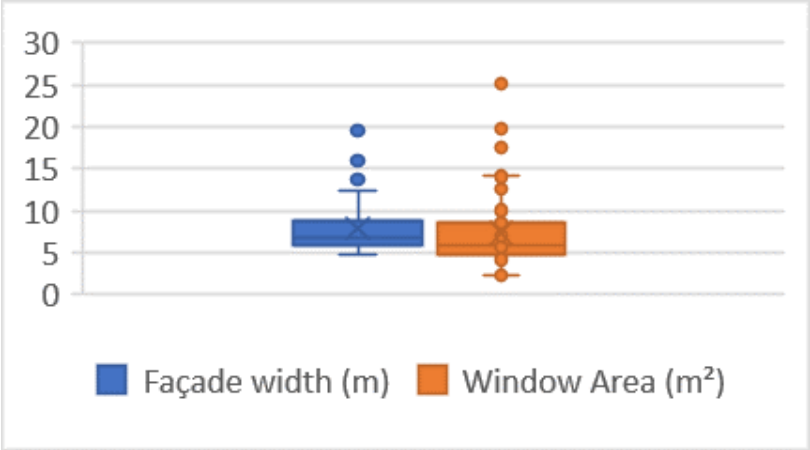
Pieter Proot[1], Ad Breukel[2], Jeroen Lippens[1], Hugo de Moor[2], **Hilde Breesch**[1]

[1] KU Leuven, Building Physics and Sustainable Design, Department of Civil Engineering, Ghent, Belgium
[2] Avans University of Applied Science, Research Group Smart Energy, 's-Hertogenbosch, The Netherlands

Reference building

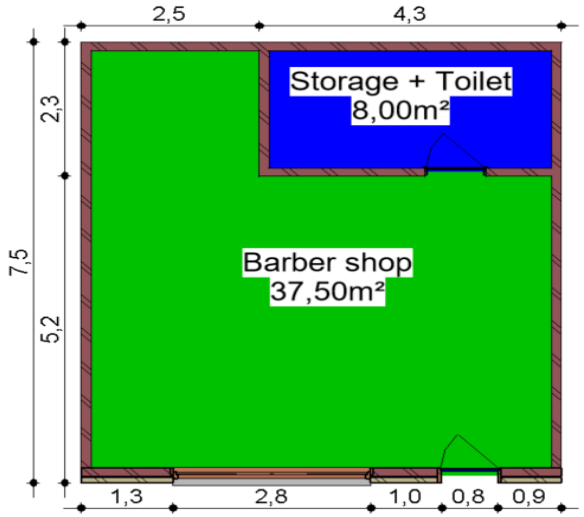
Method
- Type, geometry, zoning, construction year
  <- analysis data 60 barber shops
- Building characteristics
  <- TABULA/episcope
- Heating/ventilation/DHW systems
  <- TABULA/episcope
- The energy use of the barber shop including the systems is calculated according to DIN V 18599 using the Energieberater 18 599 3D PLUS.





Reference building

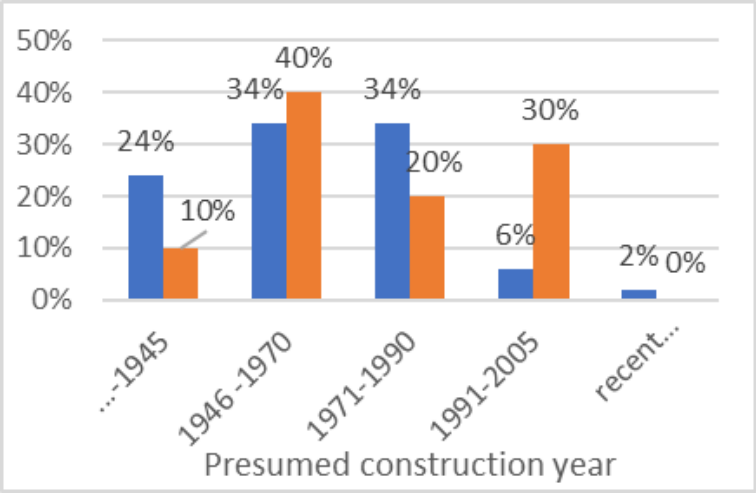
Type, geometry and zoning



Zone	Floor area (m²)	Temperature (°C)	Illuminance (Lx)
Barbershop	37,5	21	500
Storage + Toilet	8	-	200

Reference building

- Building characteristics
  - Non insulated building envelope
  - Air tightness: n_{50} = 6 h^{-1}
- Use
  - 250 days/a + 8h-20h
  - 2 pers
  - DHW: 260 l/day
- Systems
  - Heating + DHW: non-condensing gas boiler
  - No ventilation system
  - Lighting: Fluorescent bulbs (32 W/m²)



Component	Description	U (W/m²K)
Façade	Non-insulated cavity wall	1,7
Ground floor	Non insulated	0,85
Window	Double glazing	3,5
Door	Double glazing	3,5

Studied (innovative) energy technologies

Building envelope

- Insulation cavity wall (biofoam, d = 0.08m, λ = 0.034 WmK)
- Insulation floor (glass foam granulates, d = 0.15m, λ = 0.08 WmK
- Combined insulation cavity wall & floor
- Replacing glazing to vacuum glazing (U = 0.7 W/m²K)

HVAC Systems

- Condensing gas boiler (27 kW, efficiency = 94%)
- Solar collector ($V_{storage\ tank}$ = 300l)
- Heat pump DHW (27 kW, COP = 3.3, $V_{storage\ tank}$ = 300l) + PV-panels (14 panels = 4.2 kWp, NW, slope = 40°)

Lighting

- Relighting with controllable LED

Cost-benefit analysis

Financial benefits

- Based on changes in energy use
- ROI = (cashflows – investment) /investment
- Internal rate of return (IRR)
- Discounted payback
- Assumptions
  - Including TERTS subsidies
  - Energy prices
    - Electricity: 0.26 €/kWh
    - Gas: 0.05 €/kWh

Non-financial benefits

- Triple layered business model canvas
  - Decrease CO_2-emission
  - Increase non-financial returns
- Expected entrepreneur's satisfaction score (1-5)
  - Return on investment (ROI) (60%)
  - Expected CO_2 reduction (10%)
  - Expected comfort increase (30%)

Technologielijst

Tab. 1– Satisfaction evaluation of relighting + control

Returns of innovative energy technology investment	Expected ROI	Expected CO2 reduction	Expected comfort increase	Overall investment satisfaction score
ROI (based on NPV calculation)	28,06%			
CO2 reduction as a result of less kWh electricity		991,2 kg		
CO2 reduction as a result of less m3 natural gas		-300,2kg		
Total CO2 reduction		691 kg		
Comfort increase (based on assessment of comfort parameters)			Positive	
Satisfaction with expectation (range 1-5)	3	5	3	
Relative importance of expectation	60%	10%	30%	
Satisfaction score (range 1-5)	1,8	0,5	0,9	3,2

Financial
Cost-benefit analysis

Building envelope

	Benchmark (= reference building)	Façade insulation (8 cm)	Floor insulation (15 cm)	Façade & Floor	Vacuum glazing
Heating (gas, kWh)	10789	8677	8973	6885	8523
DHW (gas, kWh)	3262	3303	3301	3372	3316
Lighting (elec, kWh)	2918	2198	2918	2918	2918
Equipment (elec, kWh)	4622	4622	4622	4622	4622
Investment (€)	-	300	1657	1957	2072
ROI (%)		319	30	73	15
IRR (%)	-	44	11	17	7
Payback period	-	2	11	6	18

Financial
Cost-benefit analysis

HVAC systems and lighting

	Benchmark (= reference building)	Relighting + control	Condensing boiler (heating +DHW)	Solar collector	Heat pump DHW + Solar panels
Heating (gas, kWh)	10789	12668	7213	7402	10789
DHW (gas, kWh)	3262	3228	3262	104	0
Lighting (elec, kWh)	2918	1248	2918	2918	2918
Equipment (elec, kWh)	4622	4623	4622	4622	3181
Investment (€)	-	5000	3850	5000	7700
ROI (%)		28	- 18	29	4
IRR (%)	-	11	1	13	6
Payback period	-	8	-	8	14

Non-financial benefits

Building envelope

	Façade insulation (8 cm)	Floor insulation (15 cm)	Façade & Floor	Vacuum glazing
ROI (%)	319,6	30,83	73,6	15,77
ROI points	5	3	4	2
CO_2 decrease (kg)	336,3	288,8	615,6	359,1
CO_2 points	4	3	4	3
Comfort score	Positive	Positive	Positive	Positive
Comfort evaluation	3	3	3	4
Overall satisfaction score	4,3	3	3,7	2,7

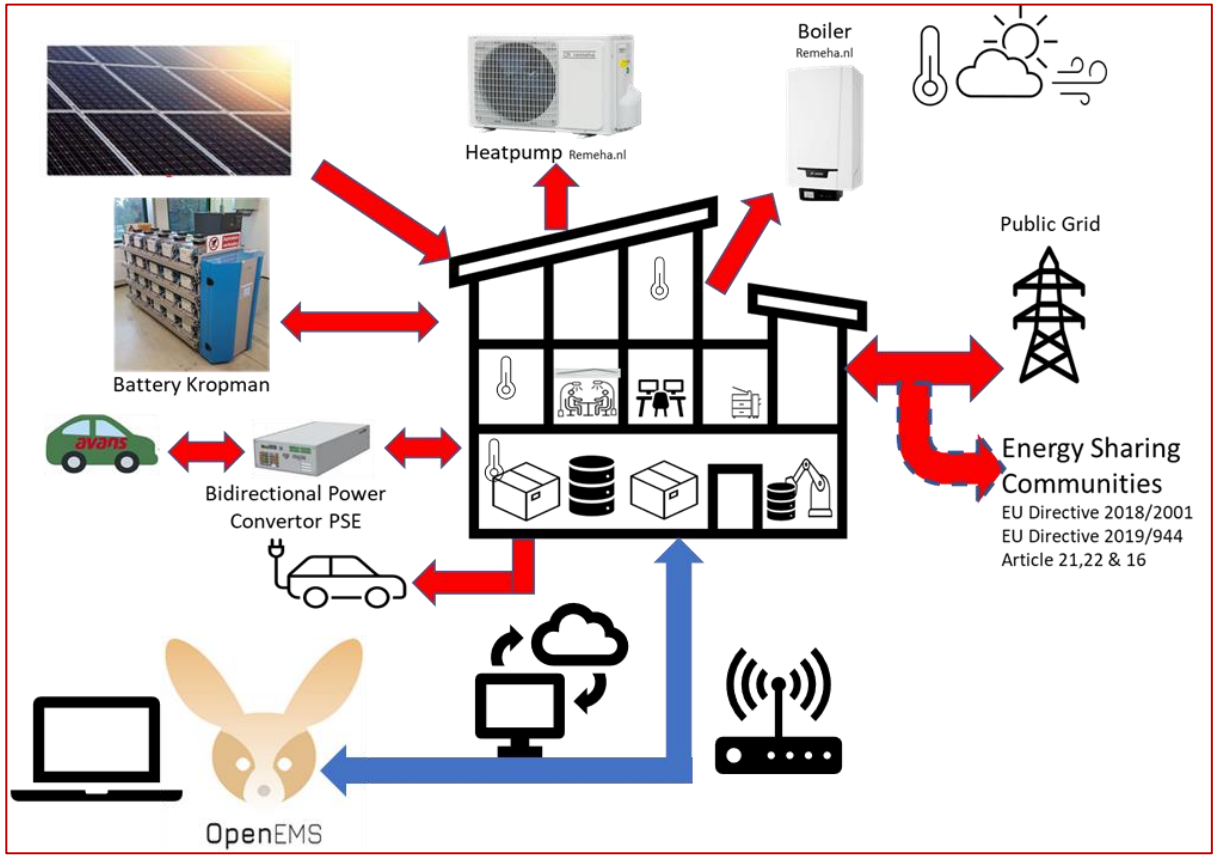
Non-financial benefits

HVAC systems and lighting

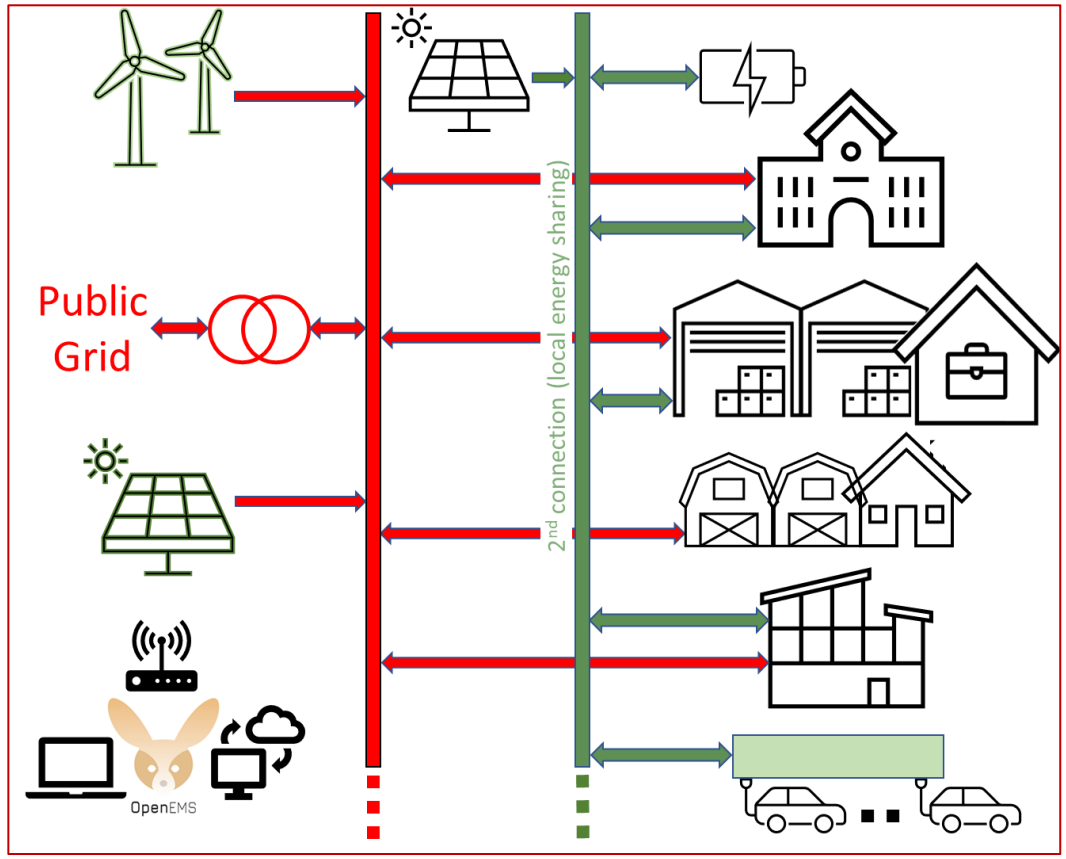
	Relighting + control	Condensing boiler heating +DHW	Solar collector	Heat pump DHW + PV panels
ROI (%)	28,06	-18,23	29,31	4,03
ROI points	3	1	3	2
CO_2 decrease (kg)	691	524,1	1083	1843
CO_2 points	5	3	4	4
Comfort score	Positive	Neutral	Neutral	Neutral
Comfort evaluation	3	3	3	5
Overall satisfaction score	3,2	1,8	3,3	3,1

4. Brains for small buildings & business area

Adding brains to simple building



Adding brains to business area



Power and **E**nergy **M**anagement **S**ystem both for the building and the area

Brains for small (SME) buildings

A Building Management System should be:

Functional:

- Simple installation and maintenance by regular staff
- Support power and energy management
- Considering occupants' comfort and experience

Affordable:

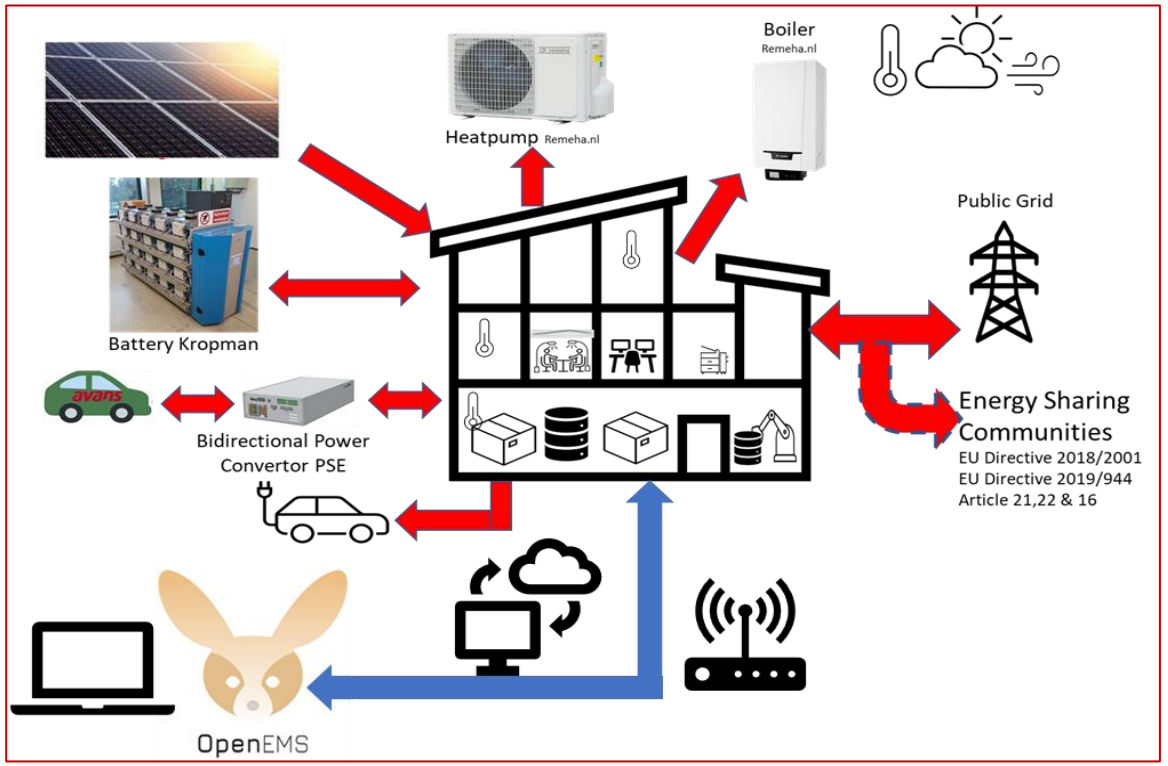
- Limited installation and lifecycle costs
- Costs in accordance with aspirations of the user

Flexible:

- Adaptable to the specific building and usage
- Ability to adapt to changes in building and usage
- Support different control strategies
- Operate stand alone or be part of a holarchy

Understandable:

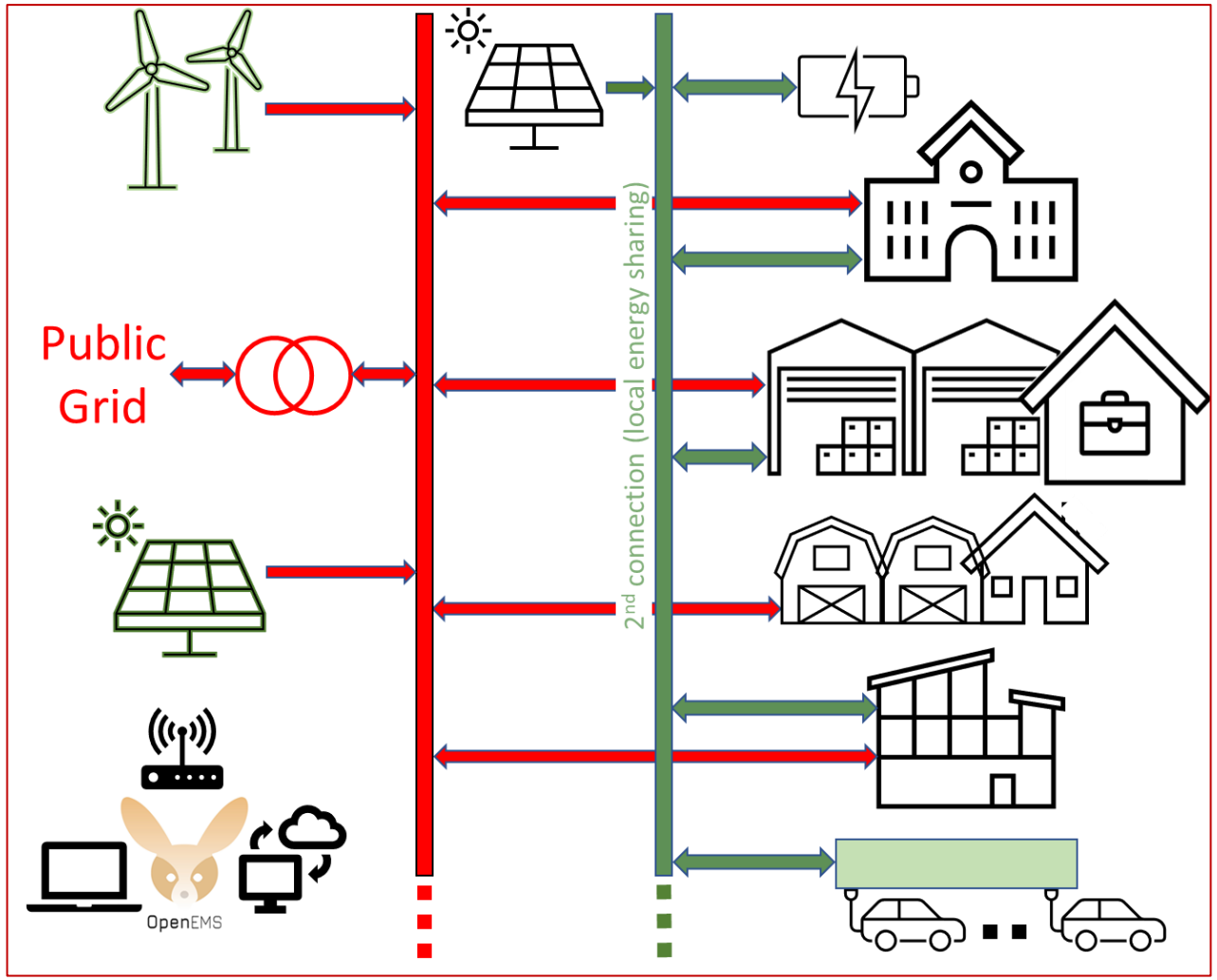
- Occupants understanding the system
- Maintenance by regular employees



How can brains be used to improve energy flexibility (limited network capacity), guaranteeing comfort:

- Off-line support business decision & design tool
- On-line Monitoring, Control
- Optional support of business area optimization

Brains for SME business area



Area Holon with Energy sharing and Smart sharing

Use the flexibility of the area to balance the generation and consumption in the local grid:

- minimizes congestion in and outside the area.
- maximizes the usage of the capacity of the local grid.
- maximizes the local use of locally generated renewable energy.
- minimize the usage of public grid capacity.
- Evolving not only to momentary but also seasonal maximization of local energy balance.

Full compliance with:

- The Energy holarchical model of the top sector.
- EU directives 20018/2001 and 2019/944 (article 16, 21 & 22)

Discussie-vraag

Het gebruik van Vabi-elements en de Energieberater was vrij complex, terwijl wij met name een eerste orde inschatting willen maken van het energieverbruik.

Onze vraag aan u: hoe komen we aan een snelle inschatting van de energiestromen in /rond een gebouw, voor en na de invoering van energiemaatregelen. Dat bepaalt de mogelijk besparing, en daarmee de business case.

avans
university of
applied sciences

FOR A MORE SUSTAINABLE WORLD.

CENTRE OF APPLIED RESEARCH
TECHNICAL INNOVATION

Growth starts with knowledge.

More information:

Dr. Ir. Jack Doomernik MM

T +31 6 5393 6724
E jemj.doomernik@avans.nl

avans university of applied sciences