

Ongekende waarde van batterijen en windparken voor eco- en agri-PV

Bas van Aken, Kay Cesar | NCZIL Summit Wageningen

Waarom zon op land?

- **Autonoom**
- **Hernieuwbaar**
- **Kosteneffectief**
- **Snelheid**
- **Uitdagingen voor mens en natuur**
 - **Met koppelkansen**

Motto: snelheid zonder spijt



Wednesday, 5 November 2025



Driedubbel sterk: Autonome hernieuwbare energie +



Natuurinclusieve zonneparken

Natuurherstel



Licht voor natuur ~ 30-40%



Agri-PV

Voedsel productie



Licht voor gewas ~ 60-90%
tot 5 keer meer land met panelen

Zon-PV ontwikkelingen

- Installatie zon vertraagt & opslag versnelt
- Negatieve stroomprijzen^[1] & ernstig tekort netaansluitingen
- SDE+ vereist net beperking (50 ac/dc)
- Géén GvO voor stroom uit batterij (tot nu toe!)

New Grid Connections for Solar Parks: Scarce and Unevenly Distributed

-  No capacity
-  Limited capacity
-  Available capacity



<https://data.partnersinenergie.nl/capaciteitskaart/totaal/invoeding>

[1] **Marginal Effect of Variation in Photovoltaic System Configuration's Generation Profiles on Price Stabilisation in the Netherlands Compared with Deployment of Flexible Demand and Supply**, B.B. Van Aken et al. Sol. RRL, 6, 2100484 (2022). <https://doi.org/10.1002/solr.202100484>
[2] **Feed-in power limitation of grid-connected PV battery systems with autonomous forecast-based operation strategies**, J. Bergner et al. , Proc EU PVSEC (2014).

Zon-PV ontwikkelingen

- Installatie zon vertraagt & opslag versnelt
- Negatieve stroomprijzen^[1] & ernstig tekort netaansluitingen
- SDE+ vereist net beperking (50 ac/dc)
- Géén GvO voor stroom uit batterij (tot nu toe!)
- Bodembedekkingsgraad 75 -98%
- Subsidiebeleid vereist natuurinclusieve zonneparken



[1] Marginal Effect of Variation in Photovoltaic System Configuration's Generation Profiles on Price Stabilisation in the Netherlands Compared with Deployment of Flexible Demand and Supply, B.B. Van Aken et al. Sol. RRL, 6, 2100484 (2022). <https://doi.org/10.1002/solr.202100484>

[2] [Feed-in power limitation of grid-connected PV battery systems with autonomous forecast-based operation strategies, J. Bergner et al. , Proc EU PVSEC (2014).

Pacht, bodemkwaliteit en eco-label

Pacht contract: houd bodemkwaliteit op orde!

2022 – Eerste norm bodembelichting¹

2025 – Transparant bifacial meest kosten-effectief²

2025 – Norm bodembelichting onderdeel eco-label³



Wednesday, 5 November 2025



Bas van Aken: Introductie en training nieuwe bodembelichtingstool TNO → parallel sessie

Effect netbeperking & batterij op PV systemen

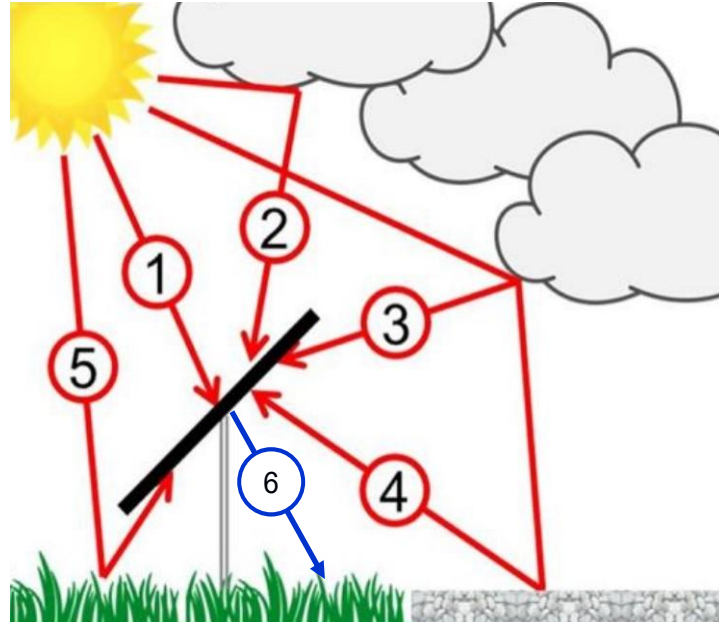
Industrieel
GCR 80%
<30%



ECO-PV
GCR 66%
30% licht

Effect netbeperking & batterij op PV systemen

Industrieel
GCR 80%
<30%



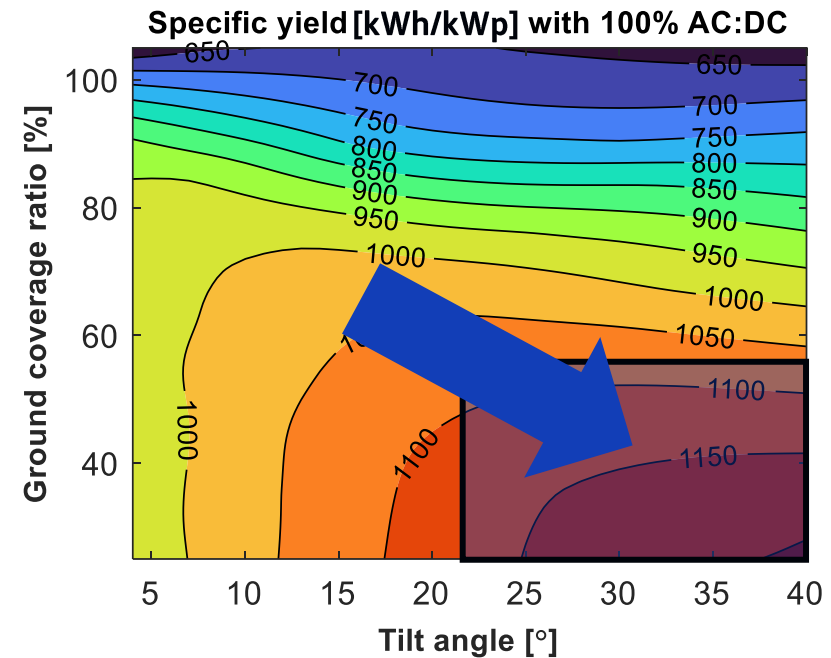
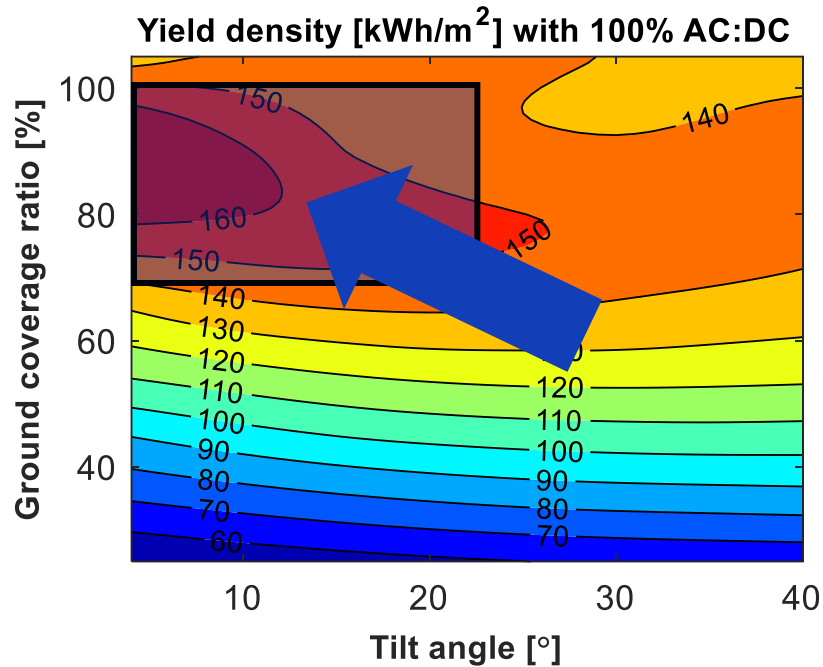
ECO-PV
GCR 66%
30% licht

TNO BIGEYE &
kosten & markt inkomsten



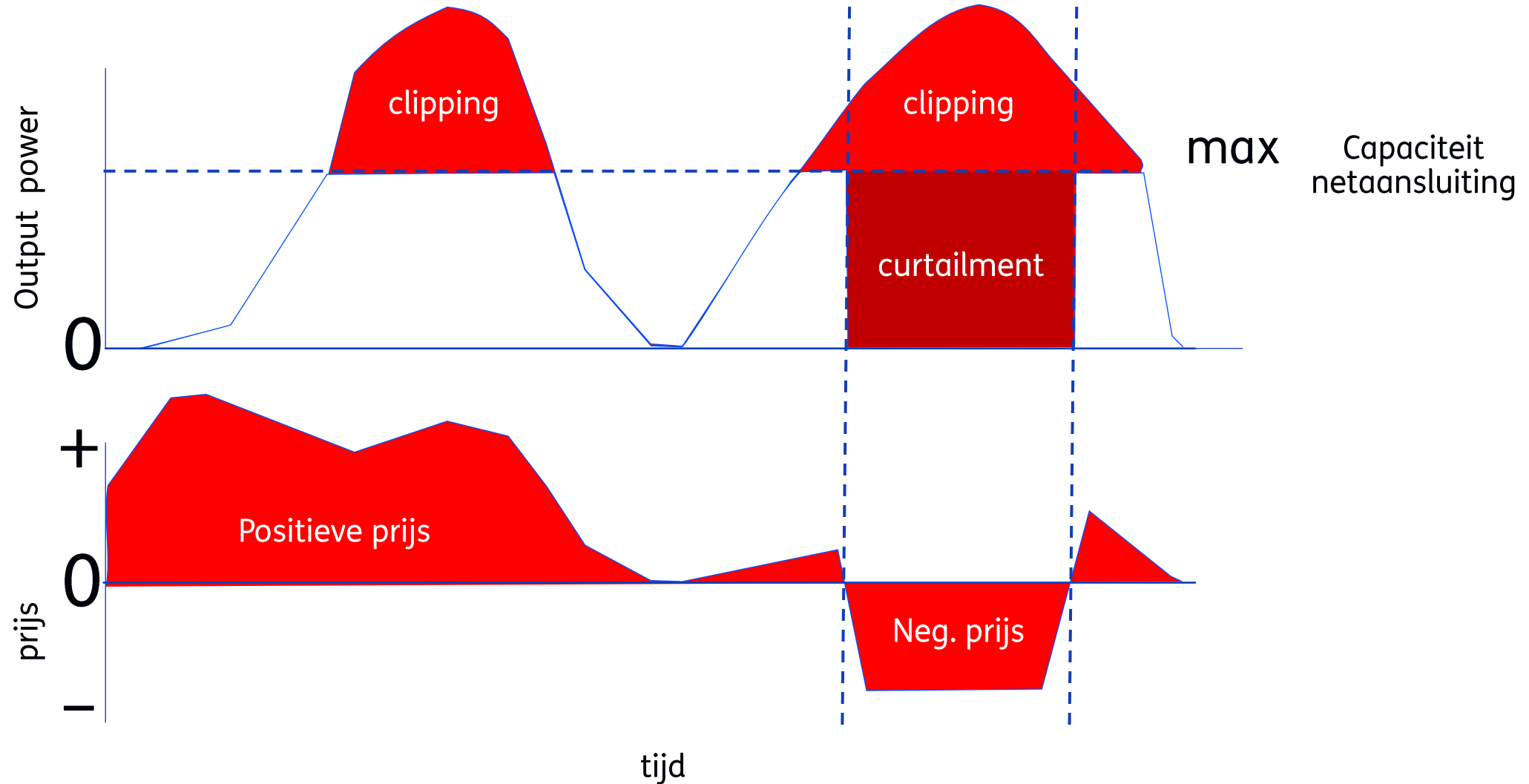
Onrendabele top
€/kWh

Zonnepark: de basis zonder invoerrestricties



- Hoogste opbrengst / eenheid land bij **hoge** GCR en **lage** tilt
- Typisch monofunctional zonnepark in Nederland
- Hoogste opbrengst per paneel bij **lage** GCR and **hoge** tilt
- Hoogste bodembelichting
- Hoogste “return” op CO₂ investering per panel
- Capex increases ~25% and OPEX doubles

Clipping vs. curtailment



Clipping & curtailment verliezen

Industrial

80% GCR

232 kWh/kWp

91 kWh/kWp

43 kWh/kWp

-281 kWh/kWp

when prices are negative - **curtailment**
is generated above 50% DC – **clipping!**
is generated when both are true
is lost after clipping and curtailment

Eco-PV

66% GCR

246 kWh/kWp

120 kWh/kWp

54 kWh/kWp

-312 kWh/kWp

Eco-PV heeft meer
last van stroom
beperkingen

Clipping & curtailment verliezen + BESS

Industrial

80% GCR

232 kWh/kWp

91 kWh/kWp

43 kWh/kWp

-281 kWh/kWp

+98 kWh/kWp

when prices are negative - **curtailment**
is generated above 50% DC – **clipping!**
is generated when both are true
is **lost** after clipping and curtailment

Effect batterij (2hr)

Eco-PV

66% GCR

246 kWh/kWp

120 kWh/kWp

54 kWh/kWp

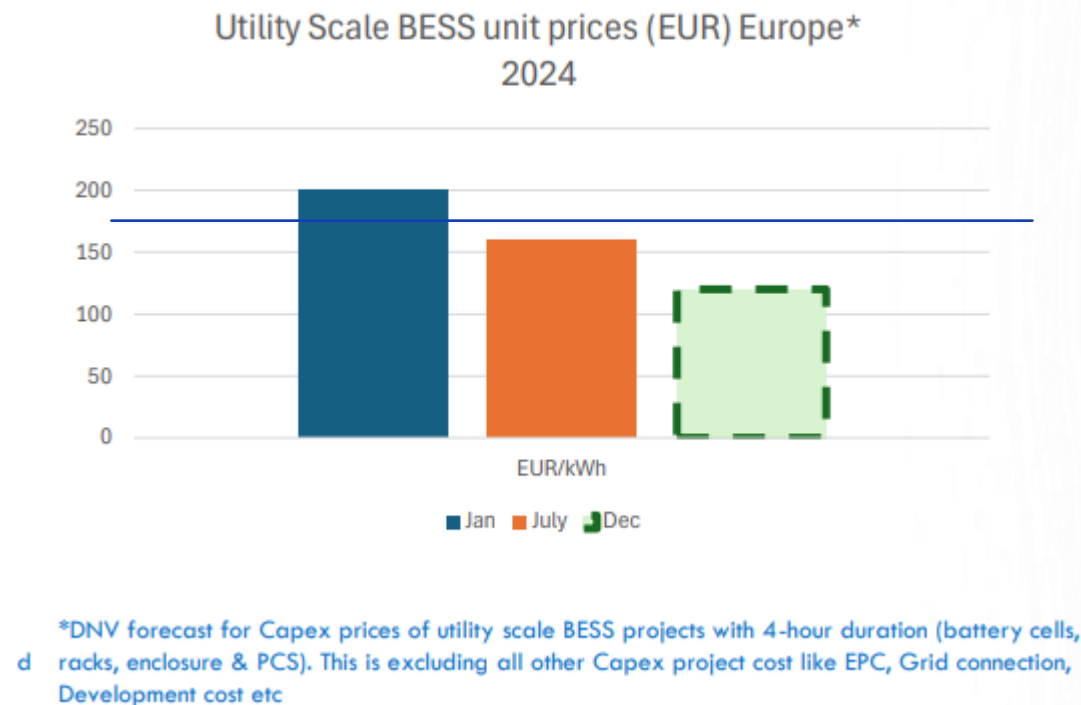
-312 kWh/kWp

+124 kWh/kWp

Eco-PV heeft meer
voordeel van een
batterij

Kosten ontwikkeling BESS in EU

DNV voorspelt snelle daling BESS kosten

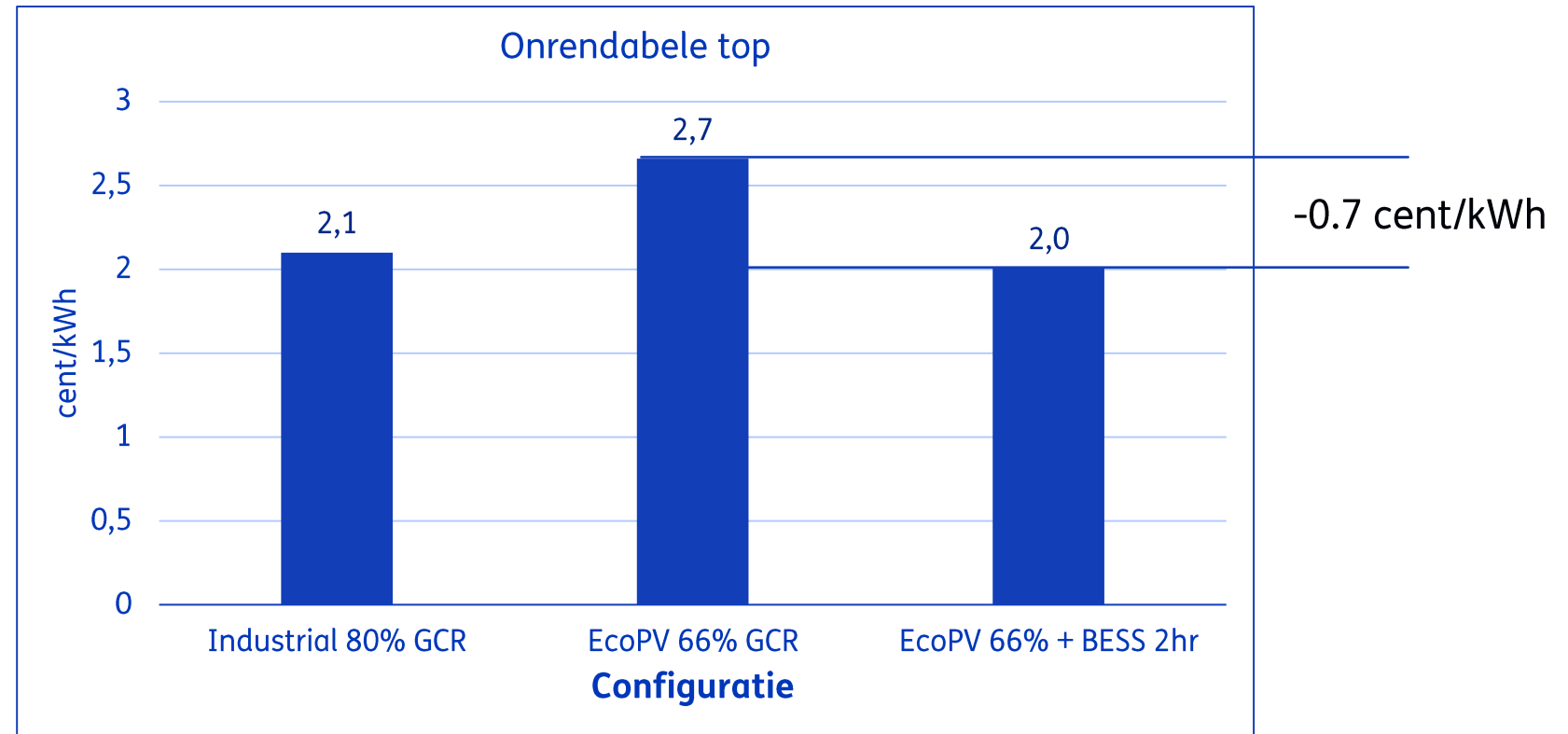


Aanname:

BESS @ 175 €/kWh

Onrendabele top van Eco-PV & BESS ~ 30-40% licht

Wednesday, 5 November 2025



Eco-PV met batterij heeft minder subsidie nodig dan huidige zonneparken

Effect netbeperking & batterij op PV systemen

Industrieel

GCR 80%

<30%



ECO-PV

GCR 66%

30% licht

Verticaal

GCR 16%

80% licht

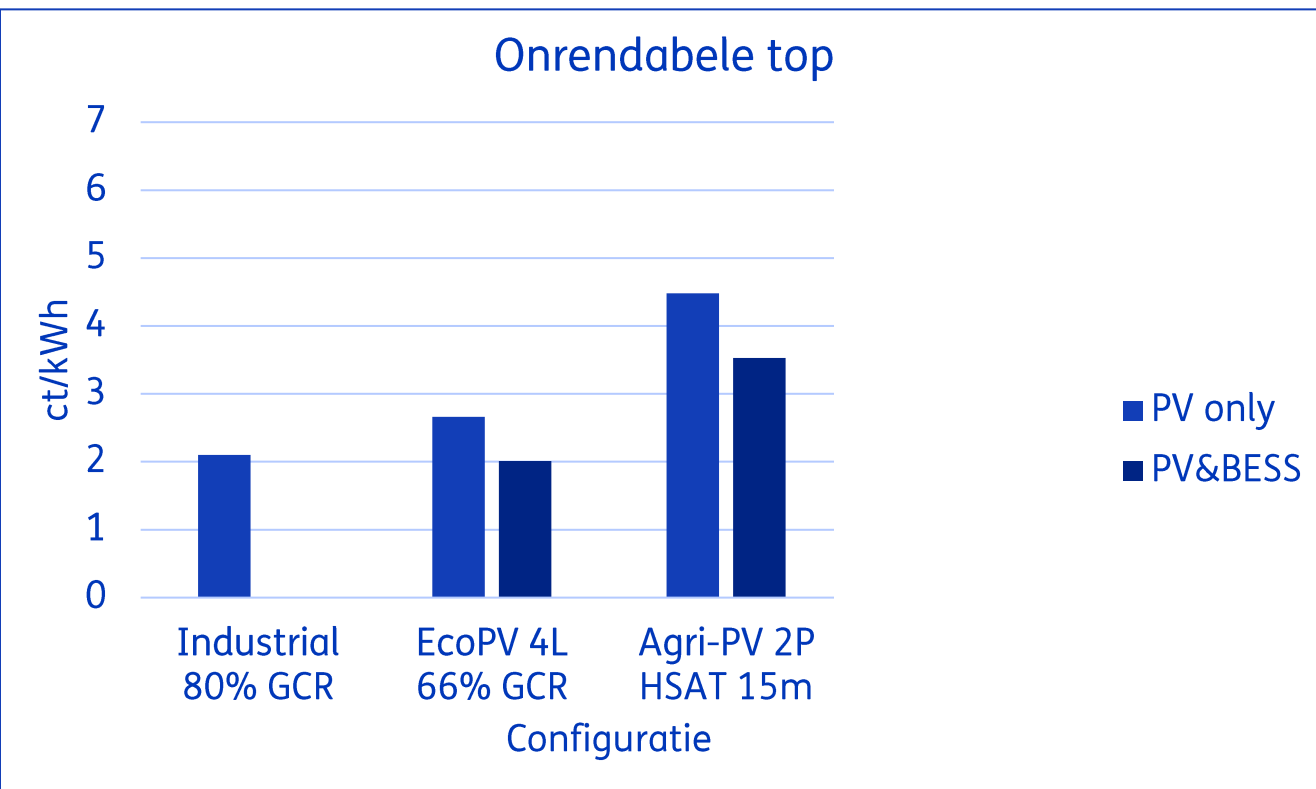


Zonvolgend

GCR 32%

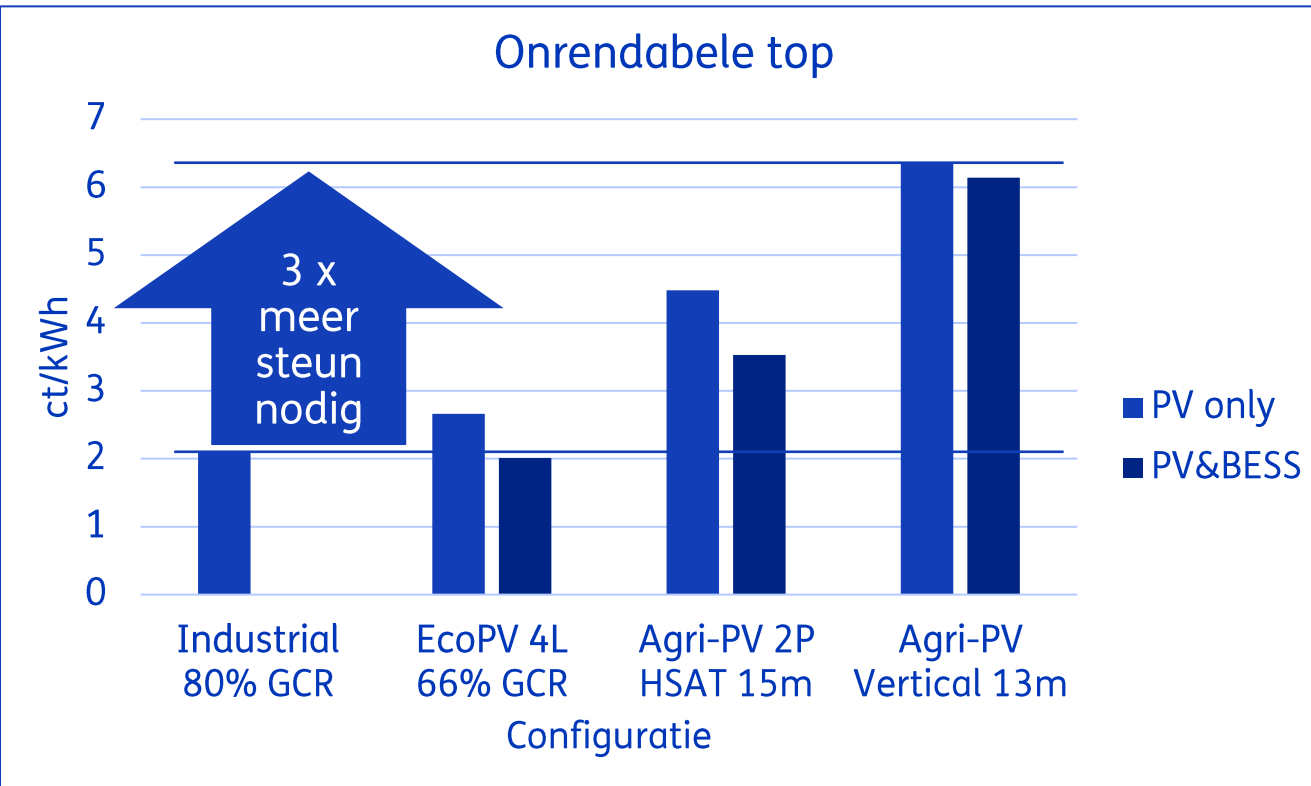
65% licht

Vergelijk huidige parken met Eco-PV en Agri-PV



*Exclusief grondoppervlak voor batterij

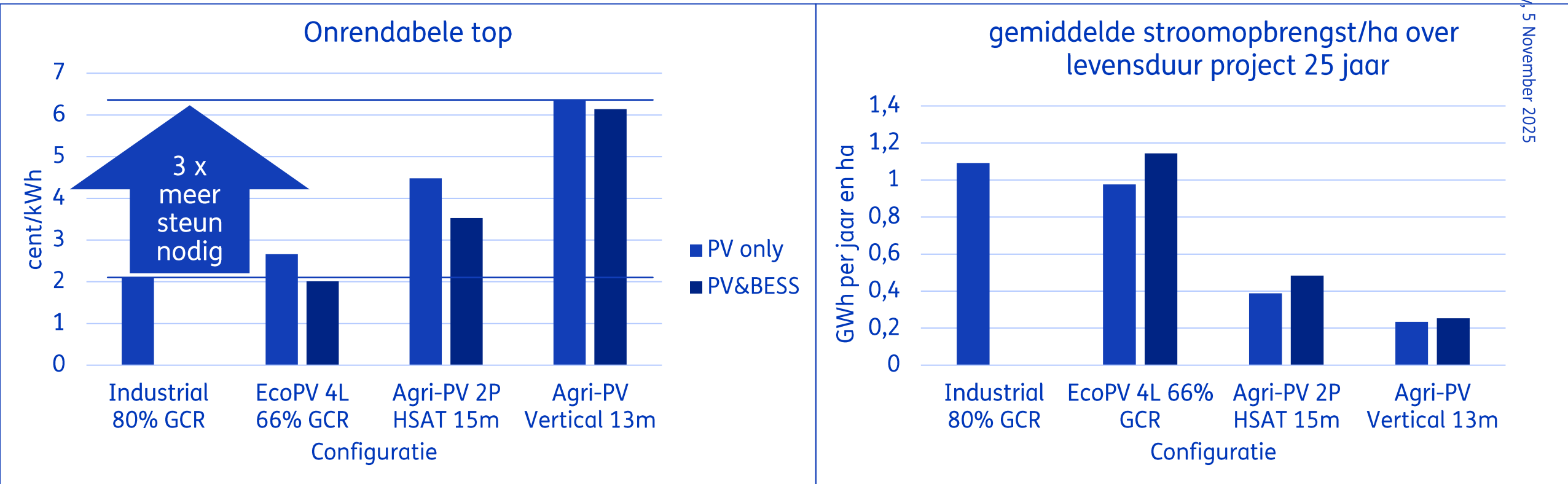
Vergelijk huidige parken met Eco-PV en Agri-PV



*Exclusief grondoppervlak voor batterij

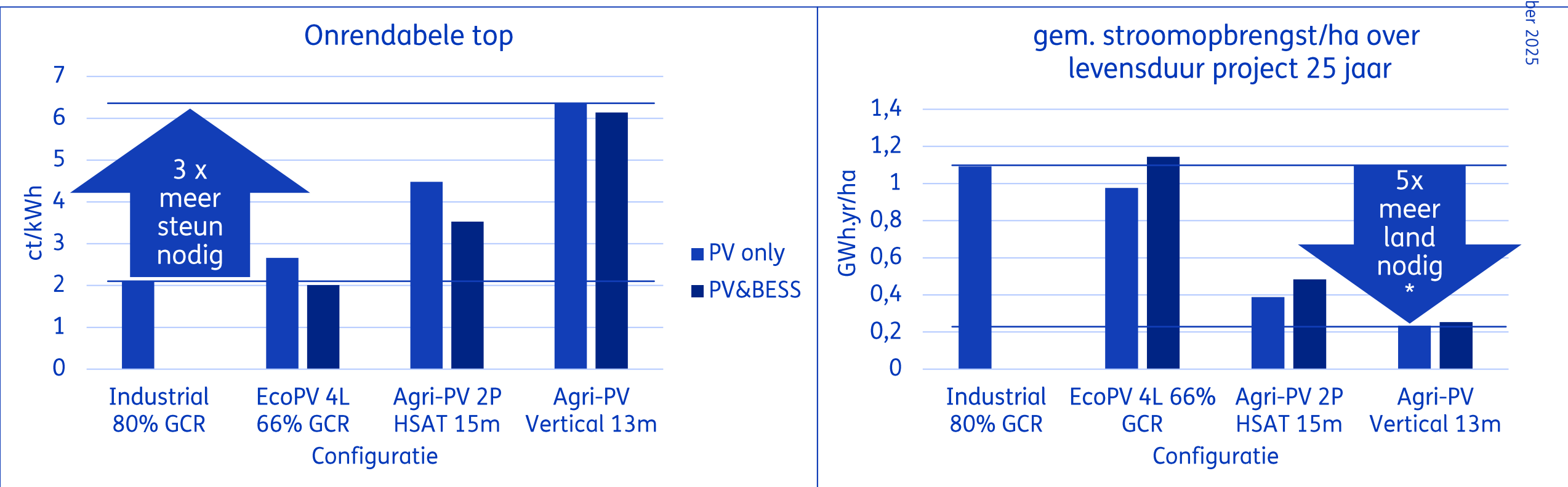
Vergelijk huidige parken met eco-PV en agri-PV

Wednesday, 5 November 2025



*Exclusief grondoppervlak voor batterij

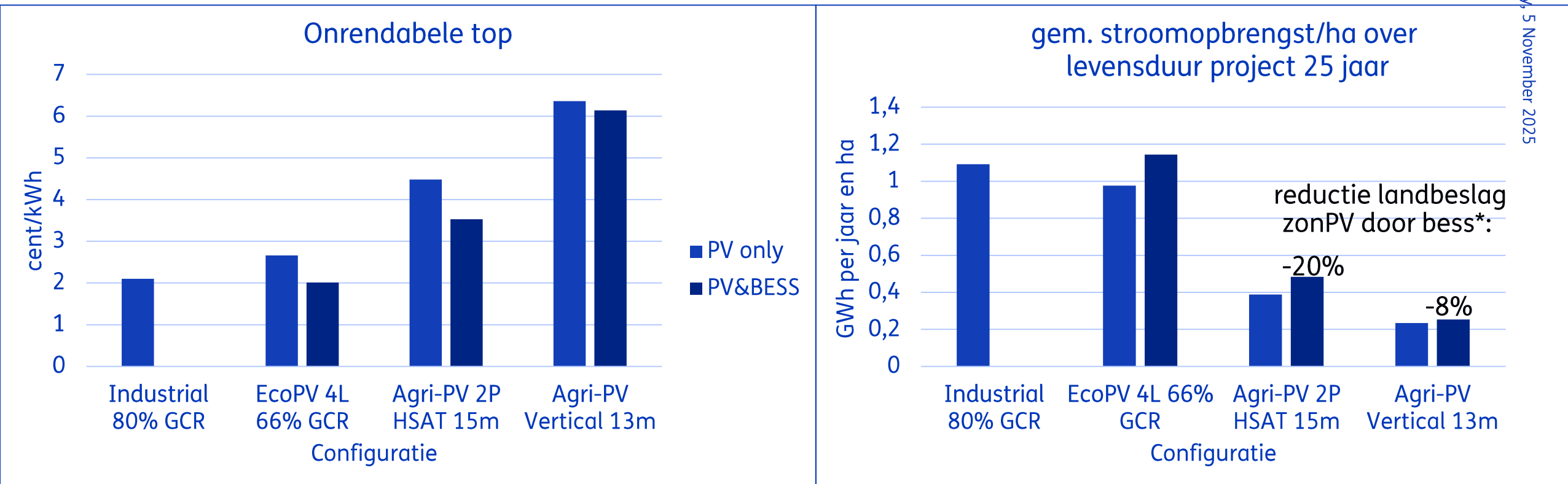
Vergelijk huidige parken met Eco-PV en Agri-PV



*Exclusief grondoppervlak voor batterij

Vergelijk huidige parken met eco-PV en agri-PV

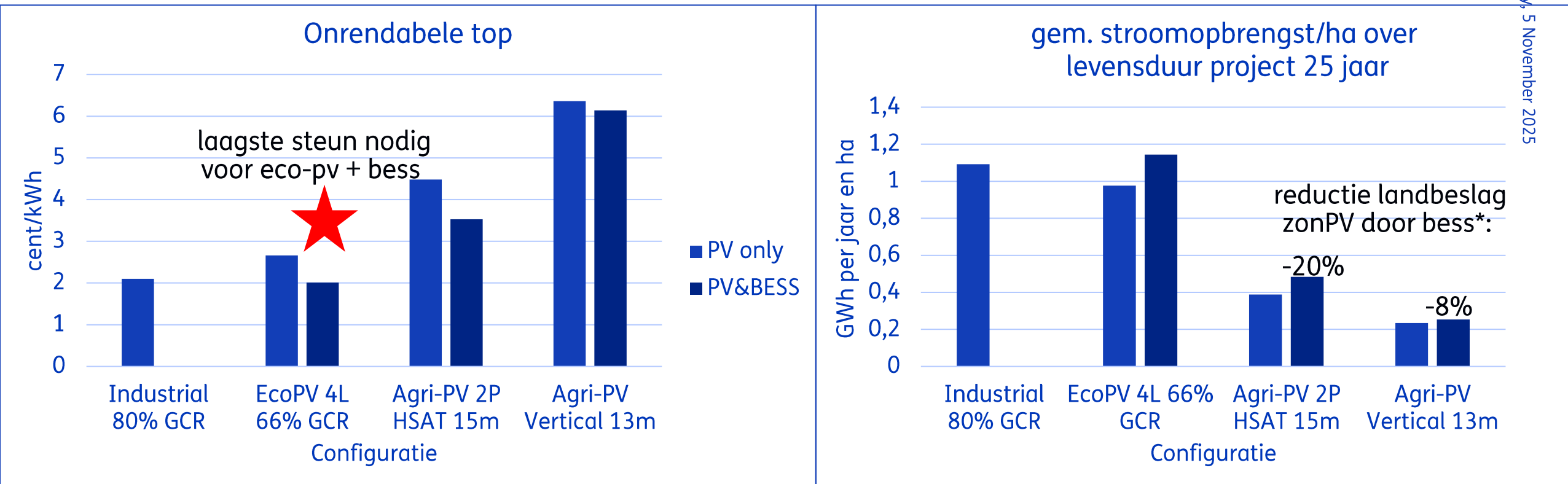
Wednesday, 5 November 2025



*Exclusief grondoppervlak voor batterij

Vergelijk huidige parken met eco-PV en agri-PV

Wednesday, 5 November 2025



Batterij beperkt landbeslag van Agri-PV en maakt Eco-PV mogelijk

En is netcongestie verzachtend

*Exclusief grondoppervlak voor batterij

Gouden tijden voor Zon Wind en batterijen

- 7 GW Wind op land geïnstalleerd en 1,2 GW gepland.
- 17 GWp potentie voor ZonPV + batterij bij bestaande wind parken (nu ca 6 GWp)
- Veel windprojecten bevinden zich in agrarische of infrastructurele gebieden
- Focus TNO 2026: Koppelkansen voor Eco- en Agri-PV met batterijopslag bij bestaande windprojecten



Cable pooling to add renewables amid grid congestion: Exploring optimal integration of solar and batteries with existing onshore wind under cost uncertainty

Emiel van Druten^{a,b,*}, Seth van Wieringen^{c,d}

^a Technology, Innovation & Society, Eindhoven University of Technology, Atlas 8.401, P.O. Box 513, Eindhoven, 5600 MB, the Netherlands

^b TenneT TSO B.V., Utrechtseweg 310, Arnhem, 6812 AR, the Netherlands

^c Faculty of Engineering Technology, University of Twente, Horst Complex, P.O. Box 217, Enschede, 7500 AE, the Netherlands

^d Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V., Leeuwenbrug 8, Deventer, 7411 TJ, the Netherlands



Marit Vuyk: Natuur-inclusieve inpassing van batterijen → parallel sessie

Emiel van Druten: Cable pooling zon, wind en batterij → middagsessie Zon in Landschap

EcoCertified Solar Park

- Natuurherstel wordt nu geborgd met Eco-label voor zonneparken



Conclusie

- Voor Eco- en Agri-PV geldt:
 - Stroombeperkingen zorgen voor extra onrendabele top
 - Meer steun & land nodig dan voor huidige zonneparken
- Eco- en Agri-PV met batterij:
 - verlaging onrendabele top en minder land nodig
- Eco-PV met batterij wordt goedkoper dan huidige zonneparken



Questions?

Wednesday, 5 November 2025



kay.cesar@tno.nl

Partners SolarEcoPlus:

DEI+ Grant from the Ministry of Economic Affairs and Climate

Relevante publicaties

Marktontwikkelingen en PV ontwerp (s5):

- **Marginal Effect of Variation in Photovoltaic System Configuration's Generation Profiles on Price Stabilisation in the Netherlands Compared with Deployment of Flexible Demand and Supply**, B.B. Van Aken et al. Sol. RRL, 6, 2100484 (2022). <https://doi.org/10.1002/solr.202100484>

- **[Feed-in power limitation of grid-connected PV battery systems with autonomous forecast-based operation strategies]**, J. Bergner et al. , Proc EU PVSEC (2014).

EcoCertified en bodembelichting (3, 6)

- **BIGEYE – simulation under shadow conditions**, A.R. Burgers, Proc. 6th Workshop Bifacial PV, Amsterdam, the Netherlands (2019).

- **Evaluation method and module design for cost-effective compliance with irradiance guidelines to maintain soil quality in solar parks**, Cesar et.al, EPJ Photovoltaics 16, 13 (2025), <https://doi.org/10.1051/epjpv/2025003>

- **EcoCertified Solar Parks. Openbare eindrapportage**, Krijgsveld et al., (September 2025)
Doi:10.18174/699847