



## Inbreng rondetafelgesprek over de Klimaattafel 'Gebouwde omgeving' Blok 'Wetenschap'

Wilfried van Sark, Hoogleraar Integratie ZonPV,  
Universiteit Utrecht, Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling

### Verbeeldingskracht

De gebouwde omgeving krijgt een upgrade. Dat ademt het ontwerp Klimaatakkoord. Elektrificatie van warmte en mobiliteit leidt tot een hogere vraag naar elektriciteit, maar door massale inpassing van zonnepaneel systemen (ZonPV) kan aan deze vraag met duurzame elektriciteit worden voldaan. Een gemeente is zelfvoorzienend geworden, op jaarbasis, dat lukt op dit moment niet (zie [bijlage 1](#)).

In 2050 weten we niet beter: elk gebouwoppervlak, zowel dak als gevel, zal duurzame energie opwekken. Architecten samen met ontwikkelaars maken gebruik van de nieuwste technieken om de gebouwde omgeving te transformeren naar een esthetisch mooie en duurzame leefomgeving. Integratie van ZonPV in de gebouwschil (Building Integrated PV, BIPV) is hierin een essentieel onderdeel (zie de inspiratievoorbeelden in de [bijlage 2](#)). De recent opgerichte stichting BIPV Nederland maakt zich sterk om de Nederlandse innovatiekracht hierin te bundelen.

Naast benutting van daken voor het opwekken van zonnestroom in de gebouwde omgeving is het **noodzakelijk ook façades mee te nemen in het potentieel**, zoals door BIPV kan worden benut. Dit is niet aanwezig in het ontwerp Klimaatakkoord.

### Verbouwen en innovatiekracht

We gaan verbouwen is de strekking van het ontwerp Klimaatakkoord met betrekking tot de tafel Gebouwde Omgeving. Een grondige verbouwing kost geld maar verdient zich terug bijvoorbeeld in lagere energiekosten of waardevermeerdering van het vastgoed. En men doet dat meestal op een natuurlijk moment zoals wanneer een nieuwe eigenaar zich aandient. Het is nu de taak 7 miljoen huizen en 1 miljoen gebouwen te gaan aanpakken in zo'n 30 jaar, dat is ruim 230.000 per jaar, elk jaar weer. De voorgestelde aanpak is gefaseerd en start met 50.000 per jaar en loopt op tot 200.000 per jaar in 2030. Zo'n aanpak houdt rekening met ontwikkeling van benodigde technieken en specifieke bedrijvigheid in Nederland, mits een doordacht **innovatieprogramma** daaraan ten grondslag ligt. **Dat laatste verdient veel meer aandacht, en daar ligt een uitgelezen kans voor samenwerking met de wetenschap.**



### Warmte en elektra

De focus van de verbouwing is warmte. Hoe gaan we de gebouwde omgeving transformeren zo dat de warmtevraag zo laag mogelijk wordt, daarmee rekening houdend met type, staat, locatie, en leeftijd van een gebouw. Dit zal via een wijkaanpak worden uitgevoerd, waarbij gemeentes een belangrijke rol hebben. Daarnaast zal gas worden uitgefaseerd, en warmtenetten of elektrificatie van verwarming worden als optie aangemerkt. Per wijk zullen opties worden overwogen, maar dat neemt niet weg dat bijvoorbeeld bij een stedelijk warmtenet wijkoverstijgende zaken richting gevend zullen zijn. Dat is aan de gemeentes.

Bij het elektrificeren van de warmtevraag zal de vraag naar elektriciteit stijgen, met name in de winter. Dit vereist een **gedegen analyse van ruimtelijk en tijdsopgeloste elektriciteitsvraag** in de gebouwde omgeving, die ook aan de orde is bij de tafel Elektriciteit.

### BENG

Gelet op de “*European Directive on the Performance of Buildings*” zullen gebouwen bijna energie neutraal moeten zijn in de hele EU. In Nederland wordt dit uitgewerkt in de regeling BENG (Bijna Energieneutrale Gebouwen), als opvolger van de energieprestatie (EPC). Deze stelt eisen aan gebouwgebonden energieverbruik en (duurzame) opwek. De sector heeft onlangs scherpe kritiek geuit om de energieverbruiksstandaarden ondermeer in de internetconsultatie. U als Tweede Kamer bent nu aan zet om te waarborgen dat de voorgestelde standaarden werkelijk leiden tot ***Bijna*** energieneutrale gebouwen. **Een goede en breed gedragen standaard is essentieel** in het bereiken van de doelstellingen uit het ontwerp Klimaatakkoord.

### BENG en ZonPV

Om aan de BENG-eisen te voldoen heeft men de keuze in de mate van toepassen van ZonPV. Dat heeft in het verleden (EPC eis) geleid tot de zogenaamde “schaampanelen”: een minimaal aantal van 1-6 panelen op een groot dakoppervlak is net voldoende om een vereiste EPC te halen. Regelgeving zou zodanig moeten worden aangepast zodanig dat **elk dak volledig benut wordt om zonne-energie op te wekken**. Het begrip bruikbaar dakoppervlak is niet meer van deze tijd. Elk oppervlak is bruikbaar, maar natuurlijk heeft niet elk dakoppervlak de maximale energieopbrengst. **Diverse Nederlandse innovaties zijn nu in ontwikkeling om het maximaal mogelijke te halen uit elk dakoppervlak.**

### Participatie

In het ontwerp Klimaatakkoord wordt participatie van burgers veel genoemd. Zij, met name woningeigenaren, zijn immers diegenen die investeringsbeslissingen nemen bij verbouwingen. Echter, de standaarden zoals BENG zijn gebouwgebonden, en niet afhankelijk van het gedrag van de bewoners of gebruikers van gebouwen. **Effecten van gedrag**, en



daarmee gedragsbeïnvloeding van gedrag om bijvoorbeeld energiezuiniger te leven, **zullen opgenomen moeten worden in de standaarden**. De wetenschap kan daarbij helpen.

### **Mobiliteit**

Hoewel niet strikt onderdeel van de tafel gebouwde omgeving lijkt er kennelijk vanuit gegaan te worden dat auto's gebaseerd op fossiele brandstoffen **één op één** vervangen zullen gaan worden door elektrisch aangedreven auto's. **Dit is maar zeer de vraag**. Met name in stedelijk gebied worden de parkeernormen aangescherpt ondermeer om leefbaarheid te vergroten. Dit heeft met nadruk implicaties voor de laadinfrastructuur en elektriciteitsvraag, zeker in de gebouwde omgeving. Daarnaast zal de vehicle-to-grid mogelijkheid leiden tot een andere rol van de auto. Hij zal onderdeel uit gaan maken van het lokale elektriciteitsnetwerk, het **smart grid**.

### **Wetenschapsagenda**

De Nationale Wetenschapsagenda (NWA) kent diverse routes waarin de wetenschap uitgedaagd wordt antwoorden te geven op grote vragen. Eén daarvan is de route energietransitie, met daarin een aantal uitdagingen waarvan met name de volgende relevant zijn voor de gebouwde omgeving: 'elk oppervlak wekt duurzame energie op', 'gebouwen als energiecentrale en vervoermiddelen als energiebuffer', 'omgaan met variaties' en 'intelligente energiesystemen'. Het ontwerp Klimaatakkoord bespreekt deze onderwerpen op diverse plaatsen in min of meerdere mate, maar **een nadrukkelijker relatie met de NWA is wenselijk**.



## Bijlage 1: Studie naar zelfvoorzienendheid in Utrecht

### Persbericht: Zonnepanelen in de stad: bedenk goed in welke wijk je ze neerlegt

**Het merendeel van de wereldbevolking woont in steden, en die zijn weer verantwoordelijk voor 70% van alle broeikasgassen. Zonnepanelen kunnen een flinke bijdrage leveren aan het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. De energieproductie van zonnepanelen fluctueert echter nogal. Bovendien kun je ze niet zomaar overal installeren. Hoe weet je nu in welke wijken je het beste kunt inzetten op zonne-energie, en waarmee je dan rekening moet houden?**

Energiewetenschappers van de UU onderzochten als eersten alle factoren die van invloed zijn bij de installatie van zonnepanelen op daken in een stad, voor een langere periode. Ze concluderen dat het nogal wat uitmaakt in welke wijk je inzet op zonne-energie. In de ene wijk zijn bijvoorbeeld de 'dakvoorwaarden' minder gunstig, een andere wijk zou in theorie een elektriciteitsoverschot kunnen produceren. De productie van zonne-energie stelt bovendien eisen aan het elektriciteitsnetwerk. Ook daar verschilt de situatie per wijk, zo blijkt uit dit onderzoek.

De Utrechtse onderzoekers namen de stad Utrecht als uitgangspunt, maar hun onderzoeksresultaten zijn ook toepasbaar op andere steden. Voor beleidsmakers is dit onderzoek nuttig bij het realiseren van de energietransitie. Netwerkbeheerders zijn er mee gebaat wanneer ze willen weten wat de gevolgen zijn voor de elektriciteitsnetwerken.

### Verschillen tussen wijken

Niet alleen het aantal vierkante meters dakoppervlak, maar ook de helling van de daken, de oriëntatie (noord-zuid, oost-west of daar ergens tussen in) en de aanwezigheid van hoge gebouwen in de omgeving heeft invloed op de hoeveelheid zonne-energie die een wijk kan produceren. Deze factoren maken dat het historische centrum minder elektriciteit produceert dan de buitenwijken. Het is daarom minder zinnig om in het centrum te investeren in systemen voor de opslag van elektriciteit. Centrubewoners kunnen een eventueel overschot beter leveren aan de buurman met een 'ongunstiger' dak, aldus de onderzoekers. Opslagssystemen zijn weer wel zinvol in de buitenwijken, waar de productie hoger ligt. Beleid moet zich voor een maximaal effect bovendien concentreren op wijken waar zonnepanelen ook daadwerkelijk bijdragen aan de vermindering van de broeikasgasuitstoot. Een stedelijke bungalowwijk is bijvoorbeeld een duidelijk grotere leverancier van zonnestroom dan een wijk met kleine huisjes in de binnenstad.

### Netwerk

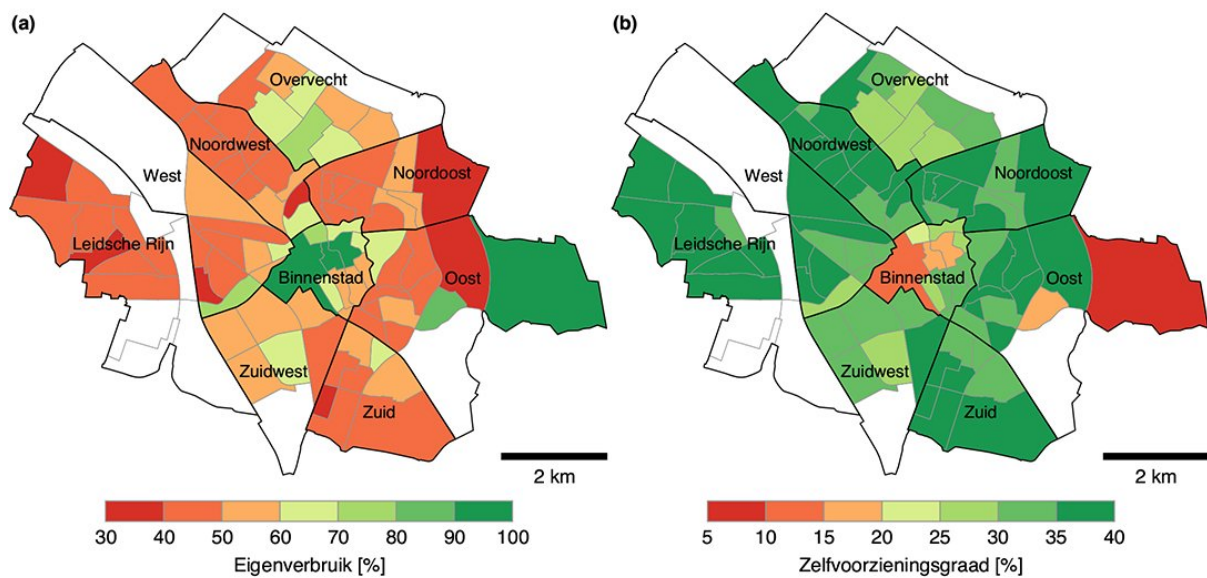
In buitenwijken is het dakoppervlak groter dan in het centrum, en kan er dus meer energie opgewekt worden. De vraag is echter grosso modo dezelfde als die in het centrum: mensen moeten nu eenmaal toch koken, hun huizen verlichten etc. Per saldo betekent dat een elektriciteitsoverschot in buitenwijken, dat aan andere wijken geleverd kan worden. Een lokaal overschot heeft wel consequenties voor het netwerk. Vraag en aanbod van elektriciteit moeten namelijk in balans zijn, anders kunnen bijvoorbeeld transformatoren uitvallen of apparaten kapotgaan. Netwerkbeheerders kunnen daarop inspelen door de capaciteit van het netwerk te vergroten. De netwerkbeheerders kunnen met de resultaten uit het onderzoek beter



inschatten in welke wijken het huidige netwerk aanpassingen nodig heeft bij het volledige gebruik van het potentieel aan zonnepanelen.

### Digitale kaart

De onderzoekers keken voor elk van de 88 Utrechtse wijken naar bouwkundige aspecten zoals de hoogte van gebouwen, hellingen en oriëntatie van de daken, maar ook naar sociaal-economische factoren zoals gezinssamenstelling per woning of het aantal auto's per wijk. Met behulp van de bouwkundige gegevens berekenden ze het potentiële overschot aan zonne-energie dat een wijk zou kunnen produceren, of juist een beperking in de opbrengst. Ook keken ze naar de mogelijkheden voor opslag. Al deze meetgegevens resulteerden in een digitale stadskaat (zie figuur) die per wijk de (on)mogelijkheden en de consequenties laat zien van de aanleg van zonnepanelen.



*Figuur: Het eigenverbruik (a) en de zelfvoorzieningsgraad (b) per wijk wanneer 50% van de daken van woningen bedekt is met zonnepanelen. Het eigenverbruik is het percentage van zonne-energie dat direct in de woning verbruikt wordt. De zelfvoorzieningsgraad is het percentage elektriciteitsverbruik dat opgewekt wordt uit zonne-energie.*

*De cijfers laten bijvoorbeeld voor de binnenstad van Utrecht zien dat daar het dakoppervlak te klein is om met zonne-energie te voldoen aan de elektriciteitsvraag. Deze wijk heeft een hoog eigenverbruik, maar een lage zelfvoorzieningsgraad. Er is dus weinig overschot van zonne-energie.*

*Daarentegen is er in een wijk als Leidsche Rijn in het Westen van de stad relatief veel dakoppervlak beschikbaar voor zonnepanelen. In deze wijk kan bijna 40% van het elektriciteitsverbruik direct uit zonnepanelen gehaald worden. Het aandeel eigenverbruik is ook 40%, dus de overige 60% van de opgewekte elektriciteit wordt geëxporteerd naar het netwerk. Dit overschot van zonne-energie kan in de wijk worden opgeslagen om het eigenverbruik en de zelfvoorzieningsgraad te verhogen. NB: de bijdrage van industriële gebieden en kantoorparken zijn niet meegenomen in de analyse.*



### **Aanvullende energiebronnen**

In onze steden, met name de oudere steden en steden met veel hoogbouw, is mogelijk niet genoeg dakoppervlak om aan de particuliere energiebehoefte te voldoen, laat staan voor industrie en transport. Aanvullende bronnen, zoals windparken op zee en zonneparken buiten de stad, zijn daarom onontbeerlijk bij de energietransitie. Een 'klimaatneutrale' stad is zo een lastige opgave. Maar, zo benadrukken de onderzoekers, we moeten vooral de inzet van zonnepanelen blijven stimuleren. Bovendien: alle kleine beetjes helpen, ook zonnepanelen op minder gunstig georiënteerde daken, waar de opbrengst 15% lager kan zijn dan op een 'ideaal' dak. De onderzoekers hebben overigens niet gekeken naar de mogelijkheden van elektriciteitsopwekking op gevels, die een aanzienlijke hoeveelheid extra zonne-energie zouden kunnen leveren, waardoor mogelijk een stad wel zelfvoorzienend zou kunnen zijn.

**Meer informatie:** G.B.M.A. Litjens, B.B. Kausika, E. Worrell, W.G.J.H.M. van Sark, 'A spatio-temporal city-scale assessment of residential photovoltaic power integration scenarios', *Solar Energy* 174 (2018), pp. 1185 - 1197.

Zie <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X18309496> (open access)



Bijlage 2: Inspiratie integratie van ZonPV met voorbeelden van Nederlandse innovators Solinso, ZigZagSolar, Kameleon Solar, en ECN part of TNO, en landmarks in Lausanne en Manchester.



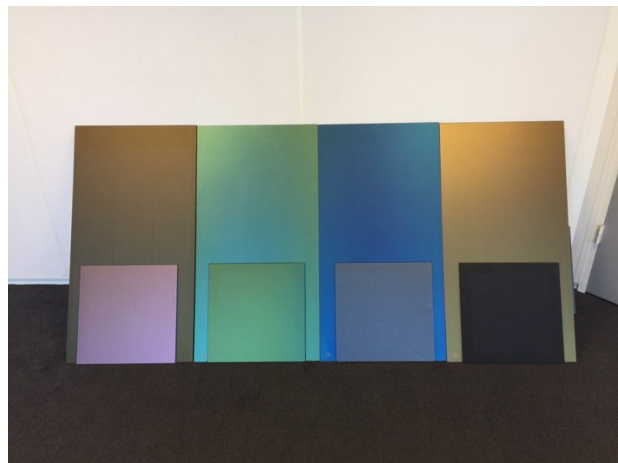
ZonPV nu (Houten)



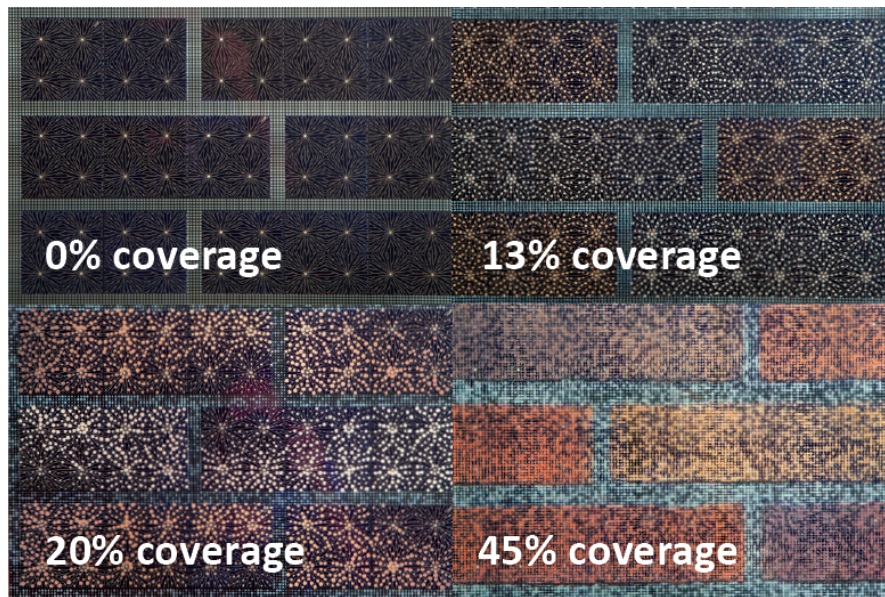
Geïntegreerde ZonPV (Solinso dakpan)



Gevel ZonPV (ZigZagSolar)



Gekleurde Gevel ZonPV onderdelen (Kameleon Solar)



Dutch Solar Design PV: modules deels bedekt met full-color print (ECN part of TNO), de baksteen van de toekomst?



CIS tower, Manchester, de linker toren bevat transparente ZonPV





Kleurrijke en transparente ZonPV in Lausanne