

Is biomassa verstandig als energiebron voor stadsverwarming?

Maandag 27 januari 2020 vond in de raadszaal van de gemeente Purmerend een informatiebijeenkomst plaats over het gebruik van houtige biomassa bij het opwekken van warmte. Purmerend maakt van deze aanpak gebruik voor hun stadsverwarming. De warmtecentrale draait op houtsnippers afkomstig van reststromen die door Staatsbosbeheer worden geleverd.

Prof. dr. Wim Turkenburg is verbonden aan het Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht (w.c.turkenburg@uu.nl).



De biowarmtecentrale draait sinds 2015, heeft een vermogen van 44 MegaWatt thermisch en levert warmte aan 26.000 woningen. Aan uitbreiding van het systeem met 14 MWth wordt thans gewerkt.

1. Houtige biomassa voor hernieuwbare energie in Nederland

Medio januari kwam het CBS rapport 'Hernieuwbare Energie in Nederland 2018' in

het nieuws. In dit rapport staan veel getallen over zowel het opwekken als gebruiken van hernieuwbare energiebronnen in ons land in 2018, dus over de energie die in dat jaar uit wind, zon, aardwarmte, biomassa, waterkracht of omgevingswarmte werd gewonnen. Volgens dit overzicht dekten we in 2018 ons finale energiegebruik voor 7,4 procent met energie uit hernieuwbare bronnen, in totaal voor 157 PetaJoule. Die 157 PJ hernieuw-

bare energie kwam voor 61% uit biomassa. Windenergie droeg 23% bij, zonne-energie 8%, en andere hernieuwbare energiebronnen eveneens 8%.

In 2020, dus eind dit jaar, moet het gebruik van hernieuwbare energie in ons land op 14 procent uitkomen – overeenkomstig de afspraken die Nederland met de Europese Commissie heeft gemaakt. Dit gaan we niet

halen. Waarschijnlijk komen we eind 2020 uit op 11 tot 12 procent, maar naar verwachting wordt die 14 procent wel een of twee jaar later gerealiseerd (bron: PBL, 2019).

Uit de rapportage van het CBS blijkt dat in 2018 biomassa 95 PJ bijdroeg aan het dekken van de finale energievraag, gelijk aan iets meer dan 4% van deze vraag. Tabel 1 geeft hiervan een overzicht. Ter vergelijking: wereldwijd lag de bijdrage procentueel gemiddeld ruwweg een factor 3 hoger (bron: REN21, 2019).

Biomassa wordt in huishoudens voornamelijk gebruikt in houtkachels voor het produceren van warmte en gezelligheid, met daarbij doorgaans ook luchtvervuiling (NVDE, 2019). Uit de tabel blijkt dat deze inzet in 2018 voor 20 PJ bijdroeg aan het nationale finale energiegebruik (ca. 1%). Biomassaketels die bij bedrijven staan en alleen voor het produceren van warmte worden gebruikt – dus systemen zoals die bij de stadsverwarming in Purmerend – leverden in 2018 ruim 11 PJ aan energie. Van deze 11 PJ kwam overigens tweederde uit houtig materiaal en de rest uit niet-houtige biomassa.

Het verbranden van vaste biomassa in energiecentrales speelt bij het benutten van bioenergie een grote rol. In 2017 ging het volgens het CBS in totaal om ongeveer 53 PJ. Van deze biomassa kwam 50 PJ uit Nederland en 3 PJ uit het buitenland (import). Nederland produceerde in 2017 méér vaste biomassa dan we in ons eigen land verbruikten. Het overschot, 10 PJ, exporteerden we naar het buitenland.

Uit het CBS-overzicht blijkt dat de houtige biomassa die in Nederland in warmte- en elektriciteitscentrales wordt gebruikt, voor verreweg het grootste deel uit Nederland komt, te weten ruim driekwart in 2018. De resterende hoeveelheid komt voor een overgroot deel uit de ons omringende Europese landen. De geïmporteerde biomassa werd in 2018 voornamelijk in elektriciteitscentrales gebruikt.

Uit onderzoek en uit de rapportages van de energiebedrijven blijkt dat het bij de winning

Tabel 1: Bruto energetisch eindverbruik biomassa in 2017 en 2018, in PJ (bron: CBS, 2019).

	2017	2018
Afvalverbrandingsinstallaties	19,9	16,9
Bij- en meestook biomassa in centrales	2,3	3,1
Biomassaketels bedrijven voor elektriciteit	9,5	10,0
Biomassaketels bedrijven voor alleen warmte	9,7	11,3
Biomassa huishoudens	19,5	20,0
Biogas uit stortplaatsen	0,4	0,4
Biogas rioolwaterzuiveringsinstallaties	2,0	2,1
Biogas, co-vergisting van mest	4,1	4,5
Biogas, overig	4,1	4,5
Vloeibare biotransportbrandstoffen	13,5	22,8
Totaal	85,0	95,3

van deze houtige biomassa steeds om rest-hout gaat dat vrijkomt bij onderhoud van bossen, landschappen en gemeentelijk groen, bij timmerfabrieken, bij bouw- en sloopwerkzaamheden en dergelijke (CBS, 2019; Platform Bioenergie, 2019).

2. De duurzaamheid van het gebruik van biomassa als energiebron

Het gebruik van biomassa voor zowel energie-opwekking als materiaalproductie kan zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor mens, natuur en milieu. Om de negatieve gevolgen zoveel mogelijk te voorkomen - en in ieder geval tot aanvaardbare niveaus te beperken - zijn er voor de energietoepassing duurzaamheidscriteria ontwikkeld waaraan de gewonnen biomassa moet voldoen. Nederland liep in de ontwikkeling van deze criteria voorop. De eerste initiatieven om tot duurzaamheidseisen te komen werden 15 tot 20 jaar geleden door energiebedrijven genomen. Het bedrijf Essent (nu RWE) speelde daarin een vooraanstaande rol. Mijn instituut – het Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling van de UU – heeft Essent bij de ontwikkeling van duurzaamheidscriteria geholpen. Een voorbeeld hierbij vormde de studie Sustainability Criteria for Large Scale International Trade in Biomass for Energy (Faaij et al., 2000).

Op nationaal niveau heeft de overheid een aantal jaren geleden een reeks van duurzaamheidseisen vastgesteld. Ook op Europees niveau bestaan die eisen, maar alleen nog voor vloeibare biomassa en biogas voor

vervoer. Voor het gebruik van vaste biomassa gaan op Europese schaal duurzaamheidseisen gelden vanaf 2021. Biomassa dat niet aan de eisen voldoet krijgt dan geen steun van de overheid. Vele partijen waren en zijn bij de formulering van de duurzaamheidscriteria betrokken: bedrijven, milieugroepen, wetenschappers, adviesorganen en overheden. Bij het vaststellen van de eisen is zoveel mogelijk naar consensus tussen al deze partijen gestreefd.

De zwaarste eisen die in de Europese Unie worden gesteld gelden thans in Nederland. Voor het gebruik van houtige biomassa zijn dit de eisen waaraan je moet voldoen als je hiervoor subsidie wilt krijgen uit de SDE+-regeling. Die biomassa moet duurzaam zijn gewonnen en overeenkomstig deze eisen zijn gecertificeerd. Op de naleving van de eisen wordt minimaal jaarlijks controle uitgeoefend. Die duurzaamheidscriteria moeten er bijvoorbeeld voor zorgen dat het gebruik van houtige biomassa niet tot ontbossing leidt en ook niet tot aantasting van bestaande ecosystemen. De biodiversiteit in het bos moet gehandhaafd worden en liefst ook nog worden versterkt. Ook moet de kwaliteit en de vruchtbaarheid van de bodem in het bos worden gehandhaafd. Daarnaast mag niet meer dan de helft van de gewonnen biomassa voor energiedoeleinden worden gebruikt. Ook moet een deel van de oogst in het bos achterblijven. Daarbij moet er ook in het bos, via aangroei, jaarlijks tenminste evenveel koolstof worden vastgelegd als eruit wordt gehaald.

Tevens moet de winning en het gebruik de lokale economie versterken. Hoogwaardige toepassingen van de biomassa, zoals het gebruik van het hout voor maken van planken, balken en palen, of van papier en chemische producten, hebben hierbij voorrang. Daarnaast moet het gebruik van houtige biomassa in plaats van fossiele brandstof netto tot voldoende afname van uitstoot van broeikasgassen naar de atmosfeer leiden. Daarvoor worden ook percentages genoemd. In hoeverre het gebruik van biomassa uit bossen dan werkelijk tot klimaatwinst leidt, daarover straks meer.

Ook ten aanzien van het voldoende schoon en veilig inzetten van biomassa in grotere warmtecentrales gelden eisen. Die hebben bijvoorbeeld betrekking op de maximaal toelaatbare geurhinder, de uitstoot van fijnstof en de uitstoot van stikstofoxides (NO_x). Die uitstoot mag bepaalde normen niet te boven gaan. In de praktijk blijft de biowarmtecentrale in Purmerend daar (ver) onder en blijkt de centrale heel weinig toe te voegen aan de uitstoot die andere bronnen veroorzaken, zoals verkeer (denk aan de A7 bij Purmerend), de landbouw, huishoudens (denk aan de uitstoot van houtkachels en open haarden) en industrie bij Purmerend (zie ook: Bilfinger Tebodin, 2018). Bij met name kleinere centrales hoeft dit echter niet het geval te zijn. Terecht dat hier nu aandacht voor het stellen van strenge(re) emissienormen bestaat (zie ook: NVDE, 2019).

Overigens is de bijdrage van de gehele energiesector aan de depositie van stikstof in ons land naar schatting 0,3%, dus heel klein (Remkes et al., 2019). Het PBL voorziet een sterke toename van het gebruik van houtige biomassa voor stadsverwarming ter vervanging van warmteopwekking met aardgas (PBL, 2019). Naar verwachting zal deze toename tot vergroting van de stikstofdepositie met enkele hondersten van een procent leiden (NVDE, 2019). Door strengere emissienormen kan deze depositie nog worden teruggedrongen.

Het fijnstof dat in Purmerend uit de rookgassen wordt gehaald wordt doorgaans

gebruikt bij de aanleg en het herstel van wegen, bij het productie van beton en bij het maken van bakstenen. Hetzelfde gebeurt met het bodemas dat bij de verbranding van biomassa ontstaat. Soms is zo'n afvalstroom echter niet voor hergebruik geschikt en moet het materiaal gecontroleerd worden gestort.

3. De klimaateffecten van het gebruik van houtige biomassa

De klimaateffecten van het gebruik van houtige biomassa staan de laatste maanden in Nederland – overigens heel weinig in andere landen - sterk ter discussie. Er gaan zelfs stemmen op die beweren dat je, voor het verminderen van de uitstoot van CO_2 en het beperken van klimaatverandering zoals in Parijs overeengekomen, beter aardgas dan biomassa kunt stoken. Zelfs kolencentrales zouden volgens deze stemmen nog beter voor het klimaat zijn.

Laat ik beginnen te zeggen dat ik begrijp waar deze opmerkingen vandaan komen, ik kom daar op terug. Tegelijk wil ik zeggen dat deze stelling, in mijn visie, wetenschappelijk gezien onjuist is. Het gebruik van biomassa in de energievoorziening is aanmerkelijk beter voor het klimaat dan het gebruik van fossiele brandstof, mits het hierbij om biomassa gaat die duurzaam wordt gewonnen en ingezet. Ik zal dat toelichten.

In het klimaatbeleid wordt er vanuit gegaan dat het gebruik van duurzaam gewonnen biomassa klimaatneutraal is. Nieuwe bomen en gewassen produceren biomassa doordat ze bij hun groei CO_2 opnemen en omzetten in koolstof. Bij de verbranding van deze biomassa in energiecentrales wordt de koolstof weer omgezet in CO_2 , waarna deze weer wordt vastgelegd bij de aangroei van nieuwe bomen en gewassen – een kort-cyclisch circulair systeem. In de boekhouding van de klimaateffecten van de gebruikte biomassa wordt daarbij ook bijgehouden hoeveel CO_2 er wordt uitgestoten bij het winnen, transporteren en verwerken van de biomassa tot houtsnippers of houtpellets.

In Nederland, in Europa en ook mondiaal is het thans overigens zo dat er in bossen

jaarlijks meer CO_2 wordt vastgelegd in de vorm van houtig materiaal dan er uit wordt gewonnen. De bossen worden dus koolstofrijker. Netto zorgen dus ook deze bossen er voor dat CO_2 uit de lucht verdwijnt en op aarde wordt vastgelegd. We noemen dit 'negatieve emissie van CO_2 '.

Een volwassen bos stoot jaarlijks in principe bijna evenveel CO_2 uit als dat het opneemt. Jonge bomen halen voor hun groei CO_2 uit de lucht en leggen de koolstof die hierin zit vast in wortels, stammen, takken, naalden of bladeren. Bij deze vastlegging komt zuurstof vrij. Maar tegelijk gaan in het bos takken en bomen dood. Dit materiaal wordt opgevreten door allerlei kleine organismen, waarbij de koolstof in het hout weer, met zuurstof uit de lucht, wordt omgezet in CO_2 en naar de lucht verdwijnt. Slechts een klein deel van de koolstof blijft voor langere tijd in de bodem achter, bijvoorbeeld via het wortelstelsel.

Overigens kan het in drassige bossen ook voorkomen dat dood hout niet in CO_2 maar in CH_4 (methaan) wordt omgezet, een gas waarvan de broeikaswerking ruwweg 20 tot 50 keer groter is dan van CO_2 .

In plaats van al dit hout te laten wegrotten, kun je besluiten een deel ervan uit het bos te halen en in te zetten voor energiewinning, dus bijvoorbeeld voor het maken van warm water. Zou je dat niet doen en daarvoor in de plaats aardgas of steenkool gebruiken, terwijl ondertussen het hout ligt weg te rotten in het bos waarbij de CO_2 alsnog wordt uitgestoten, dan leidt dat gedurende tienduizenden jaren tot een verhoogde concentratie van CO_2 in de lucht. Plus al die tijd dus ook tot een hogere warmtetoevoer naar het aardoppervlak door de broeikaswerking van de CO_2 . Het klimaatprobleem wordt hier dus groter van.

Zou een deel van het hout uit het bos daarentegen wel voor energiedoelinden worden gebruikt, dan kun je dat als klimaatneutraal beschouwen, mits je uit het bos jaarlijks niet meer houtige biomassa haalt dan er jaarlijks ook weer bijgroeit. En je voorkomt daarmee het verstoken van fossiele brandstof.



Een soortgelijk verhaal kun je houden voor bijvoorbeeld productiebos waarin bomen groeien die worden gebruikt voor het maken van planken, balken en houten palen of voor papier en chemische producten. De bijproducten die hierbij ontstaan, zoals zaagsel, takken en de toppen van de bomen, maar ook dunningshout, kun je in het bos weg laten rotten - of ter plekke, dus in de open lucht, verbranden, wat frequent gebeurt. Je kunt het echter ook gebruiken om warmte te produceren om daarmee de inzet van fossiele brandstof in bijvoorbeeld een stadsverwarmingssysteem te voorkomen. De geproduceerde balken en planken zorgen dan voor langdurige opslag van de atmosferische koolstof, en daarmee dus voor 'negatieve emissie' van CO₂.

Als je hout gebruikt voor het maken van warmte heb je daarvoor méér koolstof nodig dan wanneer je fossiele brandstof gebruikt. Per opgewekte eenheid energie (GJ) ontstaat bij biomassa dus ook méér CO₂. Ten opzichte van anthraciet gaat het om een verschil van ruim 10% en ten opzichte van aardgas om een verschil van ruim 70%. Echter, bij het

gebruik van duurzame biomassa blijft deze CO₂ relatief kort in de lucht terwijl bij fossiele brandstof die periode deels kan oplopend tot tienduizenden jaren (de tijd die het kost om gesteenten in voldoende mate met CO₂ te laten reageren). Dat is op zich al een reden om te zeggen dat een duurzaam gebruik van biomassa in de energievoorziening vele malen minder - oplopend tot enkele orden van grootte - bijdraagt aan de opwarming van de aarde dan het gebruik van fossiele brandstof.

Wel is er bij het gebruik van biomassa sprake van een koolstofschuld (Carbon Debt). Het duurt namelijk een aantal jaren voordat de concentratie van CO₂ in de lucht beneden het niveau is gezakt dat je zou hebben als je daarvoor in de plaats fossiele brandstof zou hebben gebruikt. Die periode wordt de periode van koolstofschuld genoemd. Die periode wil je liefst zo kort mogelijk laten duren. Recent heeft een aantal kritische wetenschappers in Europa voorgesteld de maximaal toelaatbare periode voor deze koolstofschuld te stellen op circa 10 jaar (Norton et al., 2019). Ook pleitten ze ervoor deze eis op

te nemen in het rijtje duurzaamheidscriteria voor het gebruik van biomassa. Dat moet er toe leiden dat houtige biomassa alleen wordt gebruikt als dit bijdraagt aan het bereiken van de klimaatdoelstellingen die in Parijs zijn afgesproken. Of de maximaal toelaatbare schuldperiode dan 10 jaar moet zijn, of ook 20 of wellicht zelfs 50 jaar mag zijn, daarover vindt thans in wetenschappelijke kringen debat plaats. Voor zover voor mij waarneembaar wordt in dit debat vanuit de klimaatwetenschap, gelet op 'Parijs', eerder gedacht aan een maximaal toelaatbare koolstofschuldperiode van 20 of misschien 30 jaar. Onderzoek met klimaatmodellen zou meer zicht kunnen geven op wat in deze een verstandige periode is.

Het zal overigens niet makkelijk zijn om voor iedere stroom houtige biomassa die in de energievoorziening wordt gebruikt te berekenen wat de koolstofschuldperiode precies is. Ook is van belang dat de gebruikte rekenmethodiek zuiver is en algemeen wordt aanvaard (zie ook: Lamers & Junginger, 2013; Junginger, 2019).

Als in Nederland de reststromen die overblijven niet voor de energievoorziening worden gebruikt, zouden ze in relatief korte tijd weggroten, veelal binnen 5 tot 10 jaar (Wanningen, 2020), leidend tot uiteindelijk dezelfde CO₂-uitstoot als bij verbranding. Dit verkort de periode van koolstofschuld en moet in de berekening worden meegenomen. En als bij de warmteopwekking niet van biomassa gebruik wordt gemaakt maar van aardgas of steenkool, moet ook worden meegenomen dat deze fossiele brandstoffen uit het buitenland komen, dus meer energie voor transport vergen. Ook vindt er bij de winning of het transport van fossiele brandstof soms veel uitstoot van methaan plaats – een veel sterker broeikasgas dan CO₂, zoals eerder opgemerkt.

Van koolstofschuld zal overigens in het geheel geen sprake zijn wanneer de CO₂ die bij het verbranden van de duurzame biomassa vrijkomt zou worden afgevangen en ondergronds opgeslagen (CCS). Er zou dan sprake zijn van 'negatieve emissie van CO₂'. In ►

de nabije toekomst kan dit wellicht geld gaan opleveren. Internationaal - ook in Nederland - wordt naar deze optie onderzoek gedaan en in Illinois (VS) wordt CCS bij het gebruik van biomassa, te weten de productie van ethanol uit maïs, al toegepast (bron: GCCSI, 2019).

De conclusie moet zijn dat, vanuit het klimaatvraagstuk gezien, de inzet van biomassa aanmerkelijk beter is dan het inzetten van aardgas of steenkool. Een randvoorwaarde is wel dat de biomassa duurzaam moet zijn gewonnen, dat er in het bos jaarlijks meer biomassa bijgroeit dan eruit wordt gewonnen en dat het bij het energetisch gebruik van houtige biomassa om bijproducten gaat. Hoogwaardiger toepassingen van bijvoorbeeld het stamhout dienen voorrang te krijgen. In de praktijk gebeurt dit overigens, omdat dit de houtvester (veel) meer geld oplevert dan wanneer het hout wordt verbrand.

Een vraag is dan nog hoeveel duurzame biomassa er voor de energievoorziening beschikbaar is. Is er nog ruimte voor groei? Hiernaar zijn vele studies uitgevoerd, en nog onlangs verscheen er een notitie (zie: Holmgren/Eurostat, 2020) waarin wordt gesteld dat de bossen in Europa in totaal zo'n twee keer meer biomassa voor materialen en energie kunnen produceren dan thans het geval is. Volgens een studie van Ecofys is er genoeg biomassa voor de energietransitie tot 2030 (Ecofys, 2017) en ook de Nederlandse Vereniging Duurzame Energie kwam recent, met verwijzing naar het PBL, tot dit standpunt (NVDE, 2019). Op verzoek van het Ministerie van IenW en ten behoeve van de SER kijkt het PBL er thans opnieuw naar.

4. Bestaan er duurzame alternatieven voor het gebruik van biomassa?

De vraag is gesteld of er geen andere, duurzame alternatieven voor het gebruik van biomassa bestaan die al de komende jaren bij onder meer stadsverwarming ingezet kunnen worden. Ik wil daar tot slot kort bij stil staan. Alternatieven (naast uiteraard betere woningisolatie) waaraan veelal wordt gedacht zijn:

- Ter plekke aardwarmte winnen en gebruiken.
- Huizen elektrisch verwarmen via weersstandsverhitting of infraroodpanelen, waarbij dan de elektriciteit uit zonne- of windenergie moet komen.
- Voor verwarming waterstof gebruiken die via elektrolyse uit stroom van zonnecel- of windenergiesystemen wordt gewonnen, in Nederland of elders, bijvoorbeeld de Sahara (zie ook: Gigler et al., jan. 2020).
- Warmtepompen inzetten die de benodigde warmte halen uit de omgevingslucht, de bodem of een waterplas en die worden gevoed met elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.
- Aquathermie: warmte en koude halen uit oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA) of drinkwater (TED).
- Restwarmte van de industrie of van datacentra benutten.
- Biogas inzetten, gewonnen uit mest en andere niet-houtige biomassastromen.
- Aardgas omzetten in waterstof en de daarbij vrijkomende CO₂ afvangen en ondergronds opslaan, waarna die ('blauwe') waterstof voor onder meer verwarming kan worden gebruikt (zie ook: Gigler et al, jan. 2020).

Naar dit soort opties wordt thans door beleidsmakers bij alle provincies en gemeenten intensief gekeken. Zij moeten immers in 2021 plannen klaar hebben voor het verduurzamen van alle woningen in ons land, ook wat betreft het warmtegebruik.

Veel van de genoemde opties blijken vaak maar een beperkte capaciteit te hebben of zijn alleen heel lokaal inzetbaar. Ook staan diverse opties technisch nog in de kinderschoenen; ze kunnen de komende tien tot twintig jaar nog geen wezenlijke bijdrage leveren aan het verminderen van de CO₂-uitstoot. Daarnaast zijn de meeste opties thans nog heel erg duur. Bovendien geldt voor sommige opties dat toepassingen nu niet verstandig is.

Voorlopig heeft het bijvoorbeeld weinig zin om stroom uit zonne- of windenergie te gebruiken voor het produceren van waterstof

voor het verwarmen van huizen. Dit zou er thans toe leiden dat minder duurzame stroom beschikbaar is voor de elektriciteitsvoorziening, met als gevolg minder afname van de CO₂-uitstoot in de stroomsector dan gewenst.

Ook warmtepompen vormen thans nog niet echt een aantrekkelijk perspectief. Die zouden nu voornamelijk op stroom uit gasgestookte centrales moeten draaien, en deze centrales halen omzettingsrendementen van 50 tot 60 procent. Inzet van deze optie zou op dit onderdeel dus tot een toename van het gasgebruik, en dus tot een toename van de CO₂ uitstoot leiden, tenzij deze CO₂ bij de elektriciteitscentrales wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen. Dat doen we nu echter nog niet. De CO₂-winst moet derhalve komen van de warmte die met de warmtepomp uit de omgeving wordt gehaald. Veelal vormen voor huishoudens met name de kosten van een gebruiksvriendelijke warmtepomp nog een barrière.

Over een jaar of tien tot twintig kan wellicht een alternatief zijn dat er voor de verwarming van huizen, via een nationaal transportnet, waterstof beschikbaar komt dat uit aardgas is gemaakt. Gasunie en energiebedrijven zoals Stedin ontwikkelen hier plannen voor (Gigler et al., 2020; Stedin, 2020). Wel moet dan de CO₂ die vrijkomt bij de omzetting van aardgas in waterstof worden afgevangen en vastgelegd of ondergronds veilig worden opgeslagen.

5. Conclusie

De conclusie moet zijn dat het inzetten van duurzaam gewonnen biomassa een goede en verstandige mogelijkheid kan zijn om, via stadsverwarming, hele wijken, dorpen en steden te verwarmen en tevens een bijdrage te leveren aan de Parijs-afspraken: het beperken van de opwarming van de aarde tot, aan het eind van deze eeuw, ruim beneden 2 graad Celsius en streven naar niet meer dan 1,5 graad Celsius.

De volledige referenties van dit artikel zijn op te vragen via de VVM (bureau@vvm.info).

Wim Turkenburg