



© Branko de Lang

3

GEBOUWDE

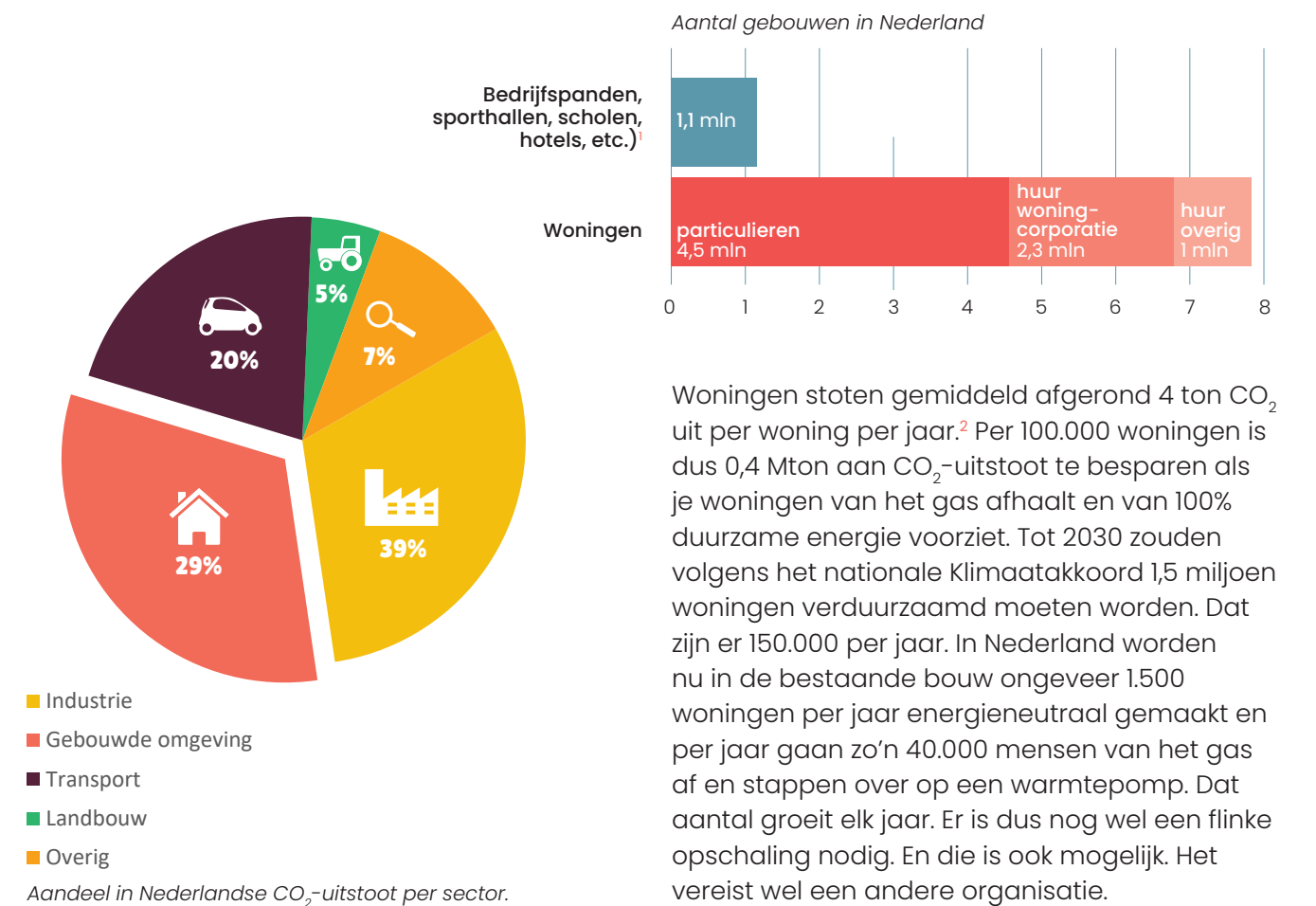
OMGEVING

**ZO VEEL MOGELIJK
ENERGIENEUTRAAL**



Zo'n 30% van alle broeikasgassen in Nederland wordt uitgestoten in de gebouwde omgeving. Dit gebeurt dus door huishoudens en bedrijven. Het is daarmee een belangrijke sector om energie te besparen en meer duurzame energie te gebruiken. In dit hoofdstuk beschrijven we de manieren om de gebouwde omgeving zo veel mogelijk energieneutraal te maken: van het aardgas af en zo veel mogelijk zelf opgewekte duurzame stroom gebruiken. Ook geven we ideeën om in de gebouwde omgeving meer energie te besparen en/of duurzaam op te wekken.

3.1 Aantallen woningen en andere gebouwen



1. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81955NED/table?fromstatweb>

2. Milieu Centraal: <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/klimaatverandering/wat-is-je-co2-voetafdruk/>

Om ons deel te doen om echt onder de 1,5 graad opwarming te blijven, moeten alle woningen in 2030 aangepakt zijn. Dat kan alleen met een crisisaanpak de komende 10 jaar. Dat is moeilijk en nodig, maar zeker niet onmogelijk. Het zal uiteindelijk ook leiden tot lagere woonlasten. Het tempo kan verschillen, maar de mogelijke oplossingsrichtingen gelden sowieso.

Veel bestuurders worstelen met de vraag hoe we woningen veel sneller kunnen verduurzamen.

Veel overheden en andere partijen die betrokken zijn bij Regionale Energie Strategieën, maar ook veel burgers, worstelen met de vraag hoe ze de woningen in Nederland moeten verduurzamen en hoe dat veel sneller kan dan nu. Allereerst maar het WAT, want de oplossingen buitelen over elkaar heen. Daarna het HOE, de aanpak.



OPLOSSINGEN

In grote lijnen zie je in de gebouwde omgeving twee typen oplossingen:

1. **Collectieve oplossingen:** dit gaat over oplossingen voor 10 tot 10.000 woningen tegelijkertijd. Dit gaat doorgaans over warmtenetten, die gebruik kunnen maken van water van lage tot heel hoge temperaturen. En soms over het gebruik van groen gas of waterstof in het bestaande gasnet.
2. **Individuele oplossingen:** dit zijn oplossingen per huis. Het betekent doorgaans dat een huis vooral duurzame elektriciteit gebruikt als energiebron voor een warmtepomp of een infraroodpaneel.

Bestuurders willen het liefst hele wijken of grote groepen bewoners tegelijkertijd helpen met verduurzamen. Deze collectieve oplossingen hebben echter vaak veel meer voeten in aarde (veel tijd, logistiek ingewikkeld, hoge investeringskosten), terwijl de individuele oplossingen vaak sneller te realiseren zijn en voor bewoners doorgaans ook goedkoper uitpakken. Er zijn heel veel mogelijkheden. Die schetsen we hier en in de bijlage bij dit hoofdstuk.



COLLECTIEVE OPLOSSINGEN

3.2 Allerlei soorten warmtenetten

Warmtenetten zijn er in vele soorten en maten. Er zijn kleine warmtenetjes die gebruik maken van restwarmte of van een lokale energiebron, zoals uit stromend water uit de buurt. Vaker gaan de discussies over grote warmtenetten met een grotere eigen energiebron. Voorheen waren dat vooral warmtenetten die draaiden op aardgas waarmee het water werd verwarmd dat naar de huizen stroomde. Tegenwoordig denkt men vaak aan warmtenetten die het water verwarmen door het verbranden van houtige biomassa. Het gemiddelde warmteverlies bij transport in zo'n warmtenet becijferde het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) recent op 26%.³ Een warmtenet is alleen helemaal duurzaam als de gebruikte energiebron duurzaam is.

Niet-duurzame bronnen voor een warmtenet

Niet duurzaam zijn:

- een warmtenet op fossiel aardgas;
- een warmtenet op houtige biomassa (zie § 1.17 voor meer nuance);
- een warmtenet op restwarmte uit een fabriek die draait op fossiele bronnen (aardgas, aardolie, steenkool). Dit is niet duurzaam en houdt een onduurzame fabriek soms lang in stand door er een warmtenet aan te koppelen (lock-in).

Een warmtenet is alleen helemaal duurzaam als de gebruikte energiebron duurzaam is.

3. Zie advies PBL (2020): Uitfasering houtige biograndstoffen voor warmtetoepassingen, noot 9, p. 18.
<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-advies-uitfasering-houtige-biograndstoffen-voor-warmtetoepassingen-4303.pdf>

Warmtenetten creëren soms een lock-in



Een vorm van lock-in zie je bij de Amercentrale in Geertruidenberg. Deze kolencentrale draait nu vooral op houtige biomassa, waarmee warmte wordt gemaakt voor 37.000 huizen in Tilburg en Breda. In 2023 gaat 2/3 van alle gebruikte houtpellets in Nederland (3,5 PJ) naar deze centrale.⁴ Men stelt dat die niet meer stopgezet kan worden, omdat dan al die mensen in de kou zitten. Maar totdat er andere oplossingen zijn, zou deze centrale ook op aardgas kunnen draaien. Dat vereist natuurlijk een verbouwing, maar veroorzaakt maar de helft van de uitstoot ten opzichte van houtige biomassa. Een centrale op diepe geothermie zou natuurlijk beter zijn. De komende 10 jaar zijn cruciaal om niet over allerlei 'tipping points' heen te gaan, waarna herstel niet meer mogelijk is. Elke ton uitstoot van broeikasgassen telt dan, dus ook de CO₂ die vrijkomt bij het verbranden van hout. Helaas, maar waar.

Duurzame bronnen voor warmtenet

Wel duurzame bronnen voor een groter warmtenet kunnen zijn:

- diepe of ultradiepe geothermie
- restwarmte uit bedrijven die behoren tot de economie van de toekomst.

Duurzame bronnen voor kleinere warmtenetten zijn allerlei vormen van water, zoals:

- water uit een stromende sloot, rivier of kanaal dat diep genoeg is, ook wel TEO (thermische energie uit oppervlaktewater, zie § 2.2)
- water uit het riool, ook wel riothermie of TEA (thermische energie uit afvalwater, zie ook § 2.2)
- water uit een gesloten of open (WKO) bodembron
- water uit collectieve dry-coolers.

In bovengenoemde 4 gevallen moet het water nog verder opgewarmd worden door een collectieve of individuele warmtepomp.

De komende 10 jaar zijn cruciaal om niet over 'tipping points' heen te gaan, waarna herstel niet meer mogelijk is.



Als een kas diepe geothermie gaat gebruiken, kunnen omliggende woningen profiteren van de overschotten aan energie die naar boven wordt gehaald.

Verschillende warmtenetten

Warmtenetten op hoge temperaturen (80-200 graden)

Een duurzame bron van een warmtenet kan diepe aardwarmte zijn, ook wel diepe of ultradiepe geothermie (zie §2.1 over aardwarmte). Maar dit is niet goedkoop: niet voor de bewoner en ook niet per ton vermeden CO₂.⁵ Het is niet heel logisch om warmte met zulke hoge temperaturen (80 tot 200 graden, afhankelijk van de diepte) tegen zulke hoge kosten naar boven te halen alleen voor een woonwijk waar mensen hun huis verwarmen op 20 graden. Het is een dure oplossing, die zeker in de nieuwbouw niet nodig is. Het lijkt logisch om bij diepe en ultradiepe geothermie

altijd combinaties te maken, bijvoorbeeld van industrie en woonwijken.

Als een papierfabriek warmte gaat halen uit diepe geothermie, kan het logisch zijn om overschotten te geven aan de buurt en een warmtenet aan te leggen voor woningen die van die overvloedige warmte mee profiteren.

Warmtenetten op diepe of ultradiepe geothermie leveren hoge temperaturen, net als een cv-ketel, waardoor er verder in huis niet zo veel veranderd hoeft te worden. Dat is een voordeel.

4. PBL (2020), Advies uitfasering houtige biograndstoffen voor warmte toepassingen, p. 18.

5. PBL (2020). Advies uitfasering houtige biograndstoffen voor warmte toepassingen, p. 47: De productiekosten per ton vermeden CO₂ voor diepe geothermie (vermogen 24 MW) zijn € 191. Voor houtpellets zijn die kosten nog hoger: meer dan € 200.

Tot nu toe zijn er slechts 2 (bijna) gerealiseerde projecten met diepe geothermie: in Den Haag en in Leeuwarden. In Den Haag werden de bronnen al veel eerder geboord, maar zijn de huizen pas in 2021 aangesloten. Alles bij elkaar heeft dat project ongeveer 10 jaar geduurd.⁶ In Leeuwarden is men ook al 8 jaar bezig en daar is nog niets aangesloten op de diepe aardwarmte. Bij dit project wordt in 2021 de eerste bron geboord. Uiteindelijk zullen daar ook het ziekenhuis en grote kantoren worden aangesloten.⁷ Het PBL verwacht dat dit in de toekomst in 5 tot 8 jaar kan.

Gezien de kosten lijkt het logisch om bij ultradiepe geothermie combinaties te maken, bijvoorbeeld van industrie en woonwijken.



Warmtenetten op lagere temperaturen (20 – 55 graden)

Er zijn ook warmtenetten die warm water van minder diep halen of die laagwaardige restwarmte van bedrijven gebruiken. Die warmte is vaak tussen de 20 en 55 graden. Die temperatuur is lager dan die van een cv-ketel. Er is dan nog een boosterwarmtepomp nodig voor warm water en altijd voldoende warmte. Het voordeel is dat de radiatoren hierbij niet altijd hoeven te worden vervangen. Er is ook geen buiten-unit, dus er is buiten geen geluid van een warmtepomp. Een voordeel voor netwerkbedrijven is dat er minder elektriciteit nodig is. Dit type warmtenetten is voor bewoners relatief duur.⁸ En om het rendabel te maken voor de warmteleverancier, kun je de bewoners eigenlijk geen keuzevrijheid meer geven, want als er te weinig huizen aangesloten worden, loont het niet. Dat stuit veel mensen tegen de borst.

Warmtenetten op koud water (tot 10–20 graden)

Netten op koud water zijn vaak kleinschalige netten van 10 tot enkele tientallen woningen, waarbij koud water de huizen in wordt geleid en daar ter plekke verder opgewarmd wordt met behulp van een water-water warmtepomp voor de verwarming en soms een elektrische boiler voor warm douchewater. Hieronder vallen ook 'TEO en TEA' (thermische energie uit oppervlaktewater en uit afvalwater, zie § 2.2) en vele andere creatieve oplossingen die we recent zien verschijnen.

Dit soort kleine warmtenetten is vaak per huis iets duurder, maar voorkomt dat iedereen een buiten-unit in de tuin heeft die geluid maakt. De ontwikkelingen zijn hier in volle gang, dus het is moeilijk om alle opties over één kam te scheren.



Een eerste vergelijking tussen verschillende oplossingen

In het rapport over de Van der Pekbuurt in Amsterdam⁹ worden verschillende typen warmtenetten op verschillende temperaturen met elkaar vergeleken. Bij de netten op lagere temperaturen is er sprake van een collectieve warmtepomp die de temperatuur naar 50 graden (midentemperatuur, MT) of naar 40 graden (lage temperatuur, LT) brengt. Bij een net van 15 graden dat warmte aan het oppervlaktewater onttrekt, krijgt ieder huis een warmtepomp binnen om de temperatuur op te krikken.



Foto: Stadarchief Amsterdam

6 <https://haagse aardwarmte.nl/>

7. <https://warmtevanleeuwarden.nl/>

8. https://amsterdam.raadsinformatie.nl/document/8609301/1/2_-_Warmtescenarios_vanderPekbuurt_v04

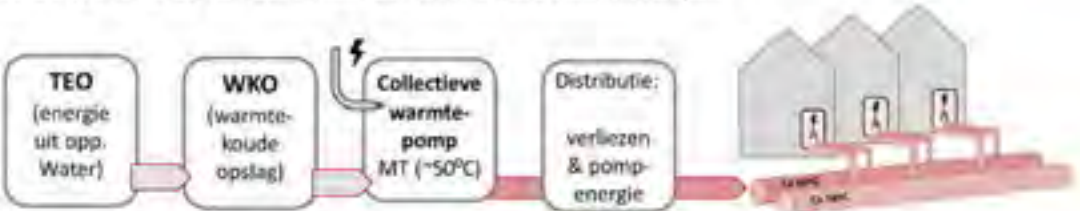
9. EnergyGO, TU Delft en Waternet (2020). Op weg naar een aardgasvrije Van der Pekbuurt, p. 31.

https://amsterdam.raadsinformatie.nl/document/8609301/1/2_-_Warmtescenarios_vanderPekbuurt_v04

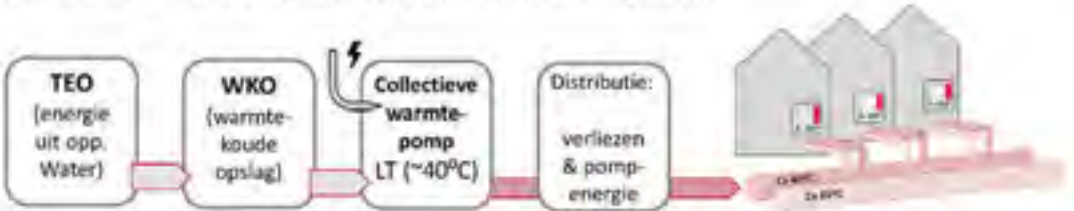
Scenario A: Hoge temperatuur stadswarmtenet (> 70 °C) geleverd door Westpoort Warmte.



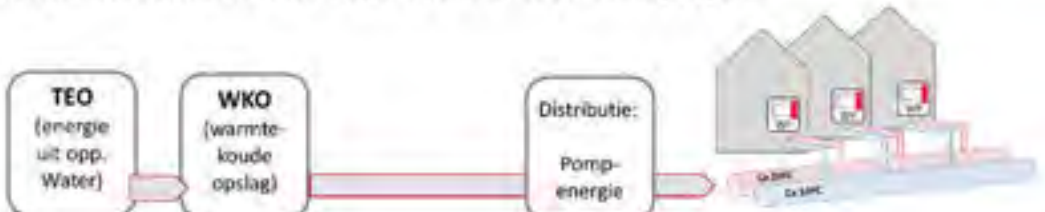
Scenario D: Warmtenet van 50°C met TEO, WKO en buurtwarmtepompen.



Scenario E: Warmtenet van 40°C met TEO, WKO en buurtwarmtepompen.



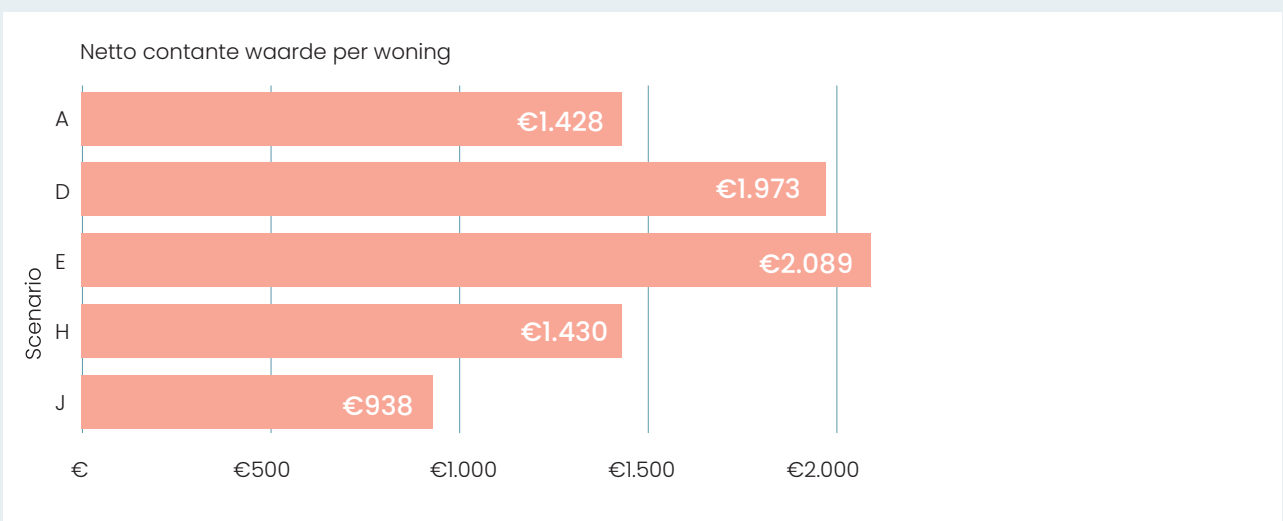
Scenario H: Warmtenet van 15°C met TEO, WKO en individuele warmtepompen.



Scenario J: Individuele optie met lucht/water warmtepomp



Verschillende scenario's voor warmtelevering in de Van der Pekbuurt



Voor de financiële analyse in het rapport over de Van der Pekbuurt is een berekening gemaakt van de total-cost-of-ownership (TCO) die leidt tot een netto contante waarde per woning per jaar. Die vormt een benadering van de toekomstige jaarlijkse kosten voor de gebruikers.

In het rapport over de Van der Pekbuurt worden ook de kosten voor de bewoners vergeleken tussen een aantal warmtenet-oplossingen en de all-electric oplossing met een lucht-water warmtepomp. In verschillende buurten kunnen vergelijkingen verschillend uitpakken, de resultaten gelden dus in deze buurt in Amsterdam. Meer onderzoek is aan te bevelen om algemenere conclusies te kunnen trekken.

Scenario A tot en met H zijn verschillende typen warmtenetten (zie de figuur met de scenario's), en scenario J is de all-electric oplossing. Die laatste is voor de bewoners een stuk goedkoper.¹⁰

Voor bewoners worden andere oplossingen dan warmtenetten steeds goedkoper en gunstiger.

Er is een sterke lobby van bedrijven die graag grote warmtenetten willen slijten. En het idee leeft dat een warmtenet 'grote stappen, snel thuis' is. Maar als het 5 tot 10 jaar kost om zo'n net te realiseren, is het maar zeer de vraag of je wel zo snel thuis bent met een warmtenet. Een warmtenet op houtpellets heeft niet veel draagvlak meer en is duur – zeker als na 2028 de subsidies stoppen – en is ook niet duurzaam. Diepe geothermie is relatief duur en de realisatie duurt lang. Het voordeel van MT- en HT-netten is dat alle woningen geschikt zijn om aan te sluiten zonder verdere aanpassingen in huis. Dit is dus een optie om gemengde wijken en bestaande bouw geheel van het aardgas af te halen zonder de woningen van nieuwe radiatoren of dubbel glas te hoeven voorzien. Voor een warmtenet is ook minder elektriciteit nodig dan bij individuele warmtepompen. Daardoor beperk je de vraag naar stroom en hoeft het netwerkbedrijf minder aan te passen, zolang niet iedereen zonnepanelen neemt.

10. https://amsterdam.raadsinformatie.nl/document/8609301/1/2_-_Warmtescenarios_vanderPekbuurt_v04 p. 5.



Warmtenetten profiteren niet van innovatie: je legt je voor 30 jaar vast

Een groot nadeel van grootschalige warmtenetten is dat de warmteleveringscontracten vaak voor 30 jaar worden getekend, en die netten blijven waarschijnlijk daarna ook wel liggen. Dat is logisch vanuit de partij die zo'n net aanlegt, want het duurt vaak minstens 15 jaar voordat er überhaupt winst gemaakt wordt, en dan alleen nog als er voldoende huishoudens op aangesloten blijven. Voor mensen is het niet fijn om gedwongen te worden aangesloten, want er zijn vaak goedkopere oplossingen, zeker in de toekomst.

De warmtenetten die eenmaal liggen, profiteren daarna niet meer van kostendaling door innovaties, want de bron is al geboord of aangelegd, de pijpen liggen al in de grond en de meeste kosten zijn gemaakt voor zeker 30 jaar. Als het een warmtenet is dat draait op houtige biomassa, is de kans groot dat de kosten alleen maar oplopen door toenemende druk op deze markt. Dit in tegenstelling tot de markt voor individuele all-electric oplossingen, waar continu nog innovatie plaatsvindt. Er komen steeds meer soorten warmtepompen, die minder geluid maken en minder ruimte innemen en goedkoper worden. Voor bewoners worden andere oplossingen dan warmtenetten steeds goedkoper en gunstiger.

3.3 Een andere collectieve oplossing: groen gas

Soms is een individuele oplossing niet mogelijk of niet gewenst, zoals misschien in een binnenstad met veel monumenten. Dan kan een klein netwerk voor groen gas ook nog een oplossing zijn. Er is niet voldoende groen gas in Nederland om al het aardgas te vervangen, maar kleine lokale netten kunnen eventueel wel op groen gas als all-electric oplossingen echt onmogelijk zijn. De oplossing met groen gas voor deze specifieke panden en locaties heeft het voordeel dat je de bestaande radiatoren kunt behouden en geen afgiftesysteem voor lage temperatuur (LT) met vloerverwarming of speciale radiatoren hoeft aan te leggen.

Kleine lokale netten kunnen eventueel wel op groen gas als all-electric oplossingen echt onmogelijk zijn.

In het Klimaatakkoord heeft de groengassector het streven uitgesproken om 70 PJ (19,4 TWh) aan groen gas te produceren in 2030. Dit streven is gebaseerd op een lijst met projecten die optellen tot 70 PJ: circa 25 PJ (7 TWh) vergisting, 5 PJ (1,4 TWh) thermische vergassing en 40 PJ (11 TWh) superkritische vergassing in 2030.¹¹ Met de wens voor kringlooplandbouw en een biobased economy is het maar zeer de vraag of zo veel vergisting ooit geleverd gaat worden, en superkritische vergassing staat nog in de kinderschoenen. We betwijfelen ten eerste dat dit in de gebouwde omgeving een betaalbare en reële oplossing wordt. Wij verwachten hier en daar een kleinschalig project met groen gas, maar denken zeker niet dat dit een belangrijk deel van de gebouwde omgeving gaat vergroenen.

11. https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2020Z05796&did=2020D12111

INDIVIDUELE OPLOSSINGEN

3.4 Elektriciteit als belangrijkste bron (all-electric)

Nieuwbouw

All-electric meestal goedkoper dan warmtenet

In nieuwbouwwijken is het makkelijk om huizen te bouwen die meer dan voldoende geïsoleerd zijn en zodanig gericht zijn op de zon dat beide kanten van de daken (oost en west) goed zon vangen. Overheden zouden in de toekomst moeten verplichten dat beide kanten van het dak maximaal volgelegd worden met zonnepanelen in plaats van dakpannen. Bij zulke huizen is een warmtenet veel te duur voor de bewoners en volstaat een all-electric oplossing: energie uit elektriciteit, met een warmtepomp voor verwarming en warm water (zie de bijlage bij dit hoofdstuk voor meer over warmtepompen). Koken gebeurt op inductie.

Op doorsnee nieuwe rijtjeshuizen hoeven nog maar 15 zonnepanelen om stroom te leveren voor het huishoudelijk gebruik en de warmtepomp. Als er meer op passen, kunnen die stroom leveren voor de elektrische auto.¹²

Bij de nieuwbouw van hoogbouw, dus niet-grondgebonden woningen, is een collectieve water-water warmtepomp en vloerverwarming in de woningen mogelijk, plus een individuele warmtepompboiler voor warm (douche)water.



Duurzame nieuwbouw wordt de norm.

12. Vertel bewoners dat ze bij het gebruik van ledlampen en zuinige apparaten de energierekening naar nul terug kunnen brengen, minstens tot 2023. Of dat daarna nog kan, hangt af van de mogelijkheid van salderen, de extra besparingsmogelijkheden en van de prijs van energieopslag.

NIEUWE RIJTJESHUIZEN HOEVEN NOG MAAR 15 ZONNEPANELEN OM STROOM TE LEVEREN VOOR HET Huishoudelijk GEBRUIK EN DE WARMTEPOMP.

Bestaande bouw

Voor de meeste bestuurders is het verduurzamen van de bestaande bouw de grootste puzzel.

Op plaatsen waar al een warmtenet ligt, is die investering al gedaan. Dan is het logisch om te kijken of dat net verduurzaamd kan worden met een duurzame bron, zoals geothermie of restwarmte van een bedrijf dat hoort bij de circulaire economie van de toekomst. Kan dat niet, dan is op den duur uitfasen en overstappen naar andere oplossingen toch duurzamer. Dat hoeft dan niet meteen, maar zodra er veel nieuwe investeringen nodig zijn, zou men zeker een all-electric oplossing naast een warmtenet oplossing moeten zetten.

Voor de meeste
bestuurders is het
verduurzamen van de
bestaande bouw
de grootste puzzel.



All-electric

Onder de noemer all-electric vallen de huizen die van het aardgas af gaan en niet op een warmtenet worden aangesloten. De bewoners gaan elektrisch koken (inductie) en krijgen verwarming en warm water uit oplossingen op elektriciteit, zoals warmtepompen en infraroodpanelen. Als er voldoende zonnepanelen op het dak kunnen (20 tot 22), kan zo'n huis op jaarbasis zelfs alle benodigde elektriciteit opwekken en energieneutraal worden.

In veel studies van de afgelopen jaren over de gebouwde omgeving of over warmtenetten en/of biomassa in relatie tot de gebouwde omgeving wordt de all-electric oplossing ten onrechte afgeserveerd. In de studie van de Van der Pekbuurt is all-electric in elk geval wel serieus onderzocht (zie pag. 86 en 87 voor een vergelijking van verschillende warmte-oplossingen).

Verderop gaan we in op de vraag of het elektriciteitsnetwerk het wel aankan en welke rol netwerkbbedrijven zouden moeten spelen. Maar eerst even de oplossingen op een rij. Deze oplossingen worden in detail besproken in de bijlage bij dit hoofdstuk. Daar zijn veel praktijkervaringen van Thuisbaas in verwerkt van 9 jaar huizen energieneutraal maken.

Warmtepompen, vele soorten en maten

Warmtepompen zijn enorm efficiënte apparaten, omdat ze met 1 energie-eenheid IN wel 2 tot 4 energie-eenheden UIT kunnen leveren. Die factor noemen we de COP (Coefficient of Performance). Hoe hoger de COP, hoe efficiënter. Bij een cv-ketel spreken we meestal niet over een COP, maar als je het vergelijkt met een warmtepomp, dan heeft een cv-ketel een COP van 0,9, want 1 eenheid energie IN geeft 0,9 eenheid energie UIT.

COP en SPF

Voor de technisch geïnteresseerden onder de lezers: meestal spreken we in projecten over de SPF in plaats van over de COP. De SPF (Seasonal Performance Factor) houdt rekening met alle energie die nodig is om een systeem te laten functioneren, zoals een extra pomp, kleppen en regelingen. De SPF is een gemiddelde over een heel jaar. De waarden die we hierna noemen, zoals SPF 4,0 voor een water-water warmtepomp en SPF 3,2 voor een lucht-water warmtepomp, zijn typische SPF-waarden die je ziet in de praktijk. De COP is een waarde die hoger is en per temperatuurgebied varieert. Je hoort mensen vaker praten over de COP dan over de SPF.

Warmtepompen zijn veel efficiënter in het opwekken van warmte dan gasketels. Sommige warmtepompen kunnen met 1 kWh elektriciteit 4 kWh warmte maken (COP = 4). Als je het (huidige) gemiddelde rendement van de elektriciteitsopwekking (0,5) meerekent, dan is het rendement van een warmtepomp 200% op primaire energie. Bij een HR-gasketel is dat gemiddeld 90%.

Het gebruik van een warmtepomp is dus vanuit het hele energiesysteem gezien gunstig, omdat er minder energie nodig is wanneer huizen warmtepompen gebruiken dan wanneer huizen gas gebruiken. Hier moet je zeker ook kijken naar het gebruik van primaire energie in de elektriciteitscentrale (zoals aardgas). Als je dat meerekent, is het gemiddelde rendement van een warmtepomp circa 150 tot 200% en dat van een moderne HR-cv-ketel circa 90%.

Een warmtepomp heeft een veel hoger rendement dan een cv-ketel.



Er zijn drie hoofdsoorten warmtepompen:

1. **Water-water warmtepompen**, in 3 typen:
 - a. gebruikt water uit de bodem
 - b. gebruikt water uit stromend water in de buurt, ook wel aquathermie/TEO
 - c. Haalt warm water van het dak via PVT-panelen die ook elektriciteit leveren
2. **Lucht-water warmtepompen**
3. **Lucht-lucht warmtepompen**; airco's die ook kunnen verwarmen

In de bijlage Warmtepompen bij dit hoofdstuk leggen we de verschillen uit tussen deze verschillende typen warmtepompen (en infraroodpanelen), die we samenvatten in de tabel die volgt. Heel kort door de bocht:

- **Water-water warmtepompen** zijn efficiënt, maar voor de bewoner relatief duur. Ze lijken daardoor geschikter voor grote huizen of voor mensen die niet op de kleintjes hoeven te letten en liever geen buiten-unit en geen geluid in de tuin willen.

- **Lucht-water warmtepompen** zijn financieel een mooie oplossing voor grondgebonden woningen (laagbouw), zowel voor de verwarming als voor warm water. Als er 20 tot 22 zonnepanelen op het dak passen, is deze oplossing ook vaak kostenneutraal: de maandlasten gaan niet omhoog. De buiten-unit maakt wel geluid.
- Zowel **lucht-lucht warmtepompen** als **infraroodpanelen** kunnen goede oplossingen zijn voor de verwarming van appartementen en kleinere flats. Het voordeel van lucht-lucht warmtepompen is dat die ook kunnen koelen: onder een plat dak in de zomer is dat een voordeel. Er moet een elektrische boiler of elektrische geiser (instant heater) bij voor het warme water. Zo kunnen appartementen relatief betaalbaar van het gas af.
- Een **hybride warmtepomp** gebruikt nog steeds aardgas voor warm water en voor verwarming als het buiten kouder wordt dan 5 graden. In de praktijk betekent dit dat een huishouden 50 tot 60% van de tijd nog steeds de aardgasketel gebruikt en niet de veel zuinigere warmtepomp. In theorie gebruiken deze hybride systemen 70% minder aardgas, maar in de praktijk klopt dat helaas niet voor het totaal. Voor het verwarmen van water (zoals voor douchen) is sowieso nog aardgas nodig, en als het in huis te koud wordt, springt de aardgasketel aan en gaat de warmtepomp uit. Daardoor blijft de energierekening veel hoger dan noodzakelijk en is de CO₂-uitstoot wel lager, maar is het niet de overgang naar een echt duurzame oplossing.
- De **CO₂-warmtepomp** is op dit moment vooral geschikt voor kleinere huizen en is iets minder efficiënt.
- **Infraroodpanelen** kunnen in kleine appartementen en flats een betaalbare oplossing zijn om te helpen van het aardgas af te gaan. Ze zijn ook een goede aanvulling voor studeer- en slaapkamers.



Wanneer infraroodpanelen of elektrisch verwarmen?

Infraroodpanelen

Net als de zon verwarmen infraroodpanelen de objecten waarop ze schijnen en niet de lucht. Die wordt alleen indirect verwarmd via de objecten. Het is dus een lokale warmtebron. Infraroodpanelen werken sowieso heel goed als bijverwarming in slaap- en studeerkamers, waardoor je een warmtepomp bijvoorbeeld vooral voor de leefruimten kunt gebruiken en de warmtepomp minder groot hoeft te zijn. Infraroodpanelen blijken ook heel goed te werken als hoofdverwarming in appartementen. Als appartementen en etagewoningen van het gas af gaan, is een warmtepomp doorgaans niet nodig. Met 1 of 2 infraroodpanelen per ruimte en een elektrische boiler voor warm water, plus koken op inductie, is een appartement voor rond de € 8.000 tot € 10.000 van het gas af te halen met hetzelfde comfort of zelfs meer.

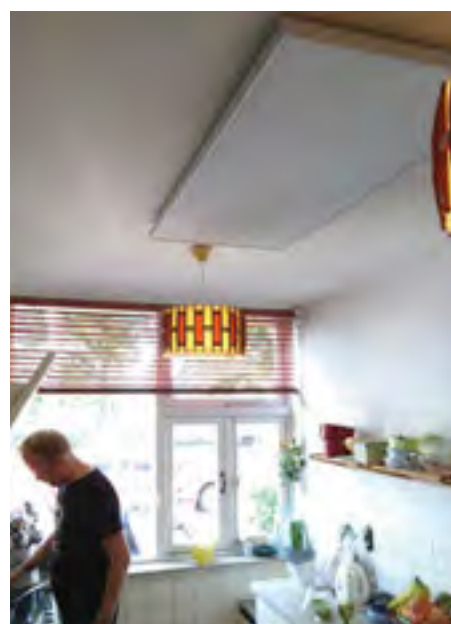
Thuisbaas heeft inmiddels vele tientallen appartementen van het gas afgehaald en op 100% infraroodpanelen overgezet, met verrassend goede resultaten, die wonderlijk genoeg overeenkomen met een SPF van 2. Met de panelen werd de helft minder energie verbruikt vergeleken met de eerdere situatie op gas. Dat komt doordat mensen de panelen niet aan laten staan als ze er niet zijn of ze niet aanzetten in ruimtes waar ze niet verblijven (of soms op een heel laag pitje). Voor eengezinswoningen waarin minder dan 700 tot 800 m³ aardgas per jaar wordt verbruikt, lijken infraroodpanelen ook een oplossing te zijn, mits er goed dubbel glas is.

Traditioneel elektrisch verwarmen

Bij huizen waarin minder dan 400 m³ gas per jaar wordt verbruikt, kunnen zelfs traditionele elektrische radiatoren qua kosten een goede oplossing zijn voor mensen die van het gas af willen, maar die niet méér willen gaan betalen. De hogere stookkosten voor elektriciteit worden gecompenseerd door het wegvallen van de netwerk- en vastrechtkosten voor gas.

Zonneboiler

Warm water kan ook rechtstreeks van het dak gehaald worden met zonnecollectoren. Dat wordt dan opgeslagen in een boilervat in huis voor douche en afwaswater (niet voor verwarming). Een zonneboiler is het meest efficiënte apparaat om warm tapwater te maken. Het heeft een COP van 30. Ongeveer 50% van je jaarlijkse verbruik voor warm tapwater kun je met de zonneboiler opwekken. Een zonneboiler is een mooie aanvulling als er genoeg ruimte op het dak is, waardoor 's zomers de warmtepomp minder nodig is. Als je moet schipperen met de ruimte op het dak, is het bij een all-electric huis qua prijs lonender om zonnepanelen te plaatsen die elektriciteit maken (zon-PV) – die de energie leveren voor de efficiënte warmtepomp – dan om zonnecollectoren te plaatsen.



Om het warm te krijgen, kun je lucht verwarmen, zoals met de cv, of geleiding gebruiken zoals bij vloerverwarming. Een slimmer type warmte levert het infraroodpaneel. ThermIQ in Dordrecht maakt ze, en mede-eigenaar Niels van Lingen geeft uitleg.

Hoe kom je bij infraroodverwarming?

‘De techniek is afgeleid van de natuur, de mooiste kennisbank die er is. Daarvan hebben we de efficiëntste vorm van verwarmen afgekeken: stralingswarmte van de zon. Die heeft geen lucht nodig om zich te verplaatsen. Infraroodpanelen geven stralingswarmte en dat voelt behaaglijk. Het is efficiënt, want je hoeft niet je hele huis te verwarmen, maar alleen de kamer waar je bent. Je kunt ook gericht de plek verwarmen waar je zit.’

Moet je dan precies onder het paneel zitten om het warm te hebben?

‘Nee! Dat is een groot misverstand. Onze panelen hebben een stralingshoek van 170 graden, dus ook de dingen om je heen worden warm. Dat voel jij als warmte, maar de thermometer geeft dat niet direct aan, want de lucht wordt pas als laatste verwarmd. Net als wanneer je op wintersport in de vrieskou in de zon gewoon je jas uit kunt doen. Als je het paneel aanzet, heb je vrijwel direct warmte, juist omdat je niet de lucht in de hele kamer verwarmt. Ook een weetje: hoe hoger de ruimte, hoe efficiënter stralingswarmte werkt ten opzichte van luchtverwarming.’

Kun je IR-panelen alleen gebruiken in combinatie met andere oplossingen?

‘Dat hoeft niet, je kunt er een heel huis mee verwarmen. Ze passen ook goed in een all-electric huis naast een warmtepomp. Het is maar net wat je wilt. Nu kopen bijvoorbeeld werkgevers ze voor werknemers die thuiswerken, dan hoeft niet het hele huis warm voor die ene kamer. Dat kan dus ook.’

Is goede isolatie een voorwaarde?

‘Nee hoor. Het is juist een goede oplossing als je geen grote investering in isolatie kunt doen. Je moet wel iets aan tocht doen en dubbel glas hebben. We monitoren al 11 jaar 2 huishoudens naast elkaar met dezelfde isolatie. Het ene gezin gebruikt gas en het andere IR-panelen, en dat tweede gezin verbruikt 2/3 minder energie. Dat scheelt nu nog niet veel in geld, want gas is nu goedkoper dan elektriciteit, maar dat gaat wel veranderen. En als je ook zonnepanelen hebt, wordt het nog interessanter.’

Worden ze in de toekomst goedkoper?

‘Ja, want de productie kan efficiënter. Bij ons kost een paneel van 60 x 60 cm nu zo’n € 500 en dat verwarmt 10 tot 12 m². Er is veel prijsverschil in de markt, maar de goedkope panelen zijn vaak inefficiënt en doen afbreuk aan het product als geheel. Onze branchevereniging ijvert voor normstelling en staat voor samenwerking in plaats van concurrentie. Dat vind ik belangrijk.’

Zit er nog ontwikkeling in de techniek?

‘Wij hebben veel tijd gestoken in efficiëntie, zoals stralingsverlies bovenop voorkomen. Ook kijken we naar omgevingsfactoren. Een bepaald type latex op de muur blijkt bijvoorbeeld de warmte te reflecteren, wat de efficiëntie verhoogt. Dat helpt, want de muur zelf hoeft niet warm te worden. Ook de vorm is in ontwikkeling. Standaard zijn IR-panelen vierkant of rechthoekig en zwart of wit, maar we kunnen nu ook cirkels maken of de panelen bedrukken. En we maken ze steeds gebruiksvriendelijker. Je kunt ze bedienen met een app, en onze panelen hebben de unieke eigenschap dat je ze kunt dimmen. Dat is fijn als jij het bijvoorbeeld sneller warm hebt dan iemand anders in de kamer.’

Niels van Lingen van ThermIQ infraroodpanelen

**‘STRALINGSWARMTE
IS BEHAAGLIJK EN
HEEL EFFICIËNT’**



Binnen-unit lucht-water warmtepomp



Buiten-unit lucht-water warmtepomp

SAMENVATTING WARMTE-OPLOSSINGEN

In deze tabel staan de oplossingen om voor verwarming en warm water het aardgas te vervangen door all-electric oplossingen. Om energieneutraal te worden zijn ook voldoende zonnepanelen nodig en kook je niet meer op aardgas.

Uitgebreidere uitleg staat in de bijlage Warmtepompen bij dit hoofdstuk.

Type warmte- pomp (wp)	Rendement op primaire brandstof*	Kosten apparaten en installatie	Voordelen	Nadelen
Water-water wp Bodem (SPF 4)	200%	€ 20.000-30.000 voor de hele installatie € 5.000 voor 5 convectoren	• Geen buiten-unit • Geen geluid • Efficiënt • Goede koeling	• Relatief duur • Grondboring kan en mag niet overal
Water-water wp TEO (SPF 4)	200%	€ 20.000-€ 30.000 voor de hele installatie € 5.000 voor 5 convectoren	• Geen buiten-unit • Geen geluid	• Relatief duur • Leidingen van stromend water naar huizen
Water-water wp PVT (SPF 4,5)	225%	€ 20.000-€ 30.000 voor de hele installatie € 5.000 voor 5 convectoren	• Hoog rendement	• Relatief duur
Lucht-water wp (SPF 3,2)	150%-160%	€ 12.000 € 5.000 voor 5 convectoren	• Betaalbaarder voor grondgebonden huizen	• Buiten-unit die soms geluid maakt (<40 dB)
Lucht-lucht wp (SPF 4)	200%	€ 8.000 incl. 3 binnendelen € 1.200 voor elektrische boiler	• Relatief goedkoop • Geschikt voor kleine flats etc.	• Minder geschikt voor grondgebonden huizen • Luchtstromen
Hybride wp	110%-120%	€ 5.000-7.000	• Relatief goedkoop • Geen boiler of andere radiatoren • Verbruikt gas bij kou (onder de 5 graden); Fijn voor netwerkbedrijf	• 50%-60% nog steeds aardgas (= CO₂-uitstoot) • Energierekening blijft vrij hoog
CO ₂ -wp (SPF 2,5)	125%	€ 10.000	• Geen andere radiatoren nodig	• Moet onder druk van 120 bar • Max. 4-5 kW dus niet voor grote huizen • Minder efficiënt
6 Infraroodpanelen (SPF 2)	100%	€ 7.000 voor 5 infraroodpanelen plus elektrische boiler	• Zeer geschikt voor appartementen • Snel en betaalbaar te realiseren	• Minder geschikt voor grotere woningen • Verbruikt dan veel stroom
Zonneboiler	1500%	€ 4000	• Zeer hoog rendement	• Relatief duur • Minimale bijdrage verwarming

*Bij rendement elektriciteitsopwekking van circa 50%

3.5 Hoe je een huis energieneutraal maakt

De basis-isolatie op orde

Voor warmtepompen én voor infraroodpanelen is goed dubbel glas noodzakelijk. Natuurlijk is het fijn en comfortabel voor mensen als ze ook de spouwmuur en de vloer op de begane grond isoleren, als er bijvoorbeeld een kruipruimte is. Voor € 2.000 tot € 2.500 heb je dat gedaan en dat betaalt zich altijd uit in comfort en een lagere energierekening. Het is wenselijk om dat te doen, maar niet noodzakelijk. Dubbel glas is wel echt noodzakelijk. 80% van de huizen heeft al goed dubbel glas. Begin daar.

De ervaring met vele honderden huizen leert dat ze niet extreem geïsoleerd hoeven te worden om toch kostenneutraal energieneutraal te kunnen worden.

De ervaring met vele honderden huizen leert dat ze niet extreem geïsoleerd hoeven te worden om toch kostenneutraal energieneutraal te kunnen worden. Voor de vakmensen: een isolatie met een RC-waarde van 2 tot 2,5 blijkt goed genoeg te zijn in de praktijk. Een RC van 6 is zeker niet nodig en kost relatief veel geld. Veel mensen, inclusief onderzoekers, menen dat een veel hogere isolatiegraad noodzakelijk is, maar dat is vaak niet waar. Het schrikt mensen af als ze eerst hoge kosten moeten maken voor een nieuw dak of andere stevige ingrepen. Dat is jammer, want het is echt niet nodig. Het idee dat extremere isolatie noodzakelijk is bij de inzet van warmtepompen maakt ook dat veel onderzoekers warmtepompen onnodig afserveren als te duur. De praktijk laat iets anders zien.



Veel mensen vinden de moderne convectoren mooier dan de oude radiatoren.

Een woning energieneutraal zonder hogere maandlasten

Sinds 2012 maakt Thuisbaas, een initiatief van Urgenda, huizen energieneutraal: van huurhuizen tot boerderijen. Een doel is om dat zo veel mogelijk te doen zonder dat de maandlasten van mensen omhoog gaan. Inmiddels zijn er al honderden woningen aangepakt, zowel van huurders/woningcorporaties¹³ als van particulieren.¹⁴ In al die jaren is heel veel geleerd. Bij veel apparaten bleken de mooie getallen uit de specificaties of uit tests onder perfecte omstandigheden in de praktijk minder mooi te zijn.

Toch durven we inmiddels wel te zeggen dat je met een all-electric oplossing huizen vaak zonder hogere maandlasten energieneutraal kunt maken, of als er geen eigen dak is in ieder geval betaalbaar van het gas af kunt halen. Dan hebben we het nog niet gehad over de waardevermindering van het huis.

Het verbaast ons dat er veel meer aandacht is voor collectieve oplossingen dan voor individuele, terwijl individuele oplossingen het voordeel hebben dat je kunt beginnen met de mensen die willen en kunnen. Je hoeft niemand te dwingen. Ook voor netwerkbedrijven is het prettig als niet meteen hele wijken tegelijk aangepakt worden. Dat geeft ze de tijd om daar te gaan verzwaren als dat nodig is. **Laten we niet focussen op de moeilijkste gevallen of op mensen die niet willen, maar op degenen die wél willen. Die zijn er genoeg!**

Huidige energielasten	
12 maanden à € 165	€ 32.500
gemiddeld, gedurende 15 jaar, inclusief prijsstijgingen	
TOTAAL	€ 32.500

Kosten energieneutraal maken	
Investerings in warmtepomp, convectoren, zonnepanelen, inductiekookplaat en meterkast	€ 27.400
Projectbegeleiding, onvoorziene kosten	€ 4.000
Af: subsidies	- € 2.000
Af: teruggave BTW zonnepanelen	- € 1.300
Subtotaal	€ 28.100
Rentekosten 15 jaar duurzame lening	€ 4.400
TOTAAL	€ 32.500

ThuisBaas als voorbeeld: betaalbaar energieneutraal¹⁵

Een gemiddelde rijtjeswoning of kleine twee-onder-een-kap woning met goed dubbel glas (al dan niet huur) is betaalbaar energieneutraal te maken. Oplossingen zijn vaak:

- 20 tot 22 zonnepanelen op het dak of de schuur of nog creatievere plekken voor alle elektriciteit.
- Lucht-water warmtepomp voor verwarming en warm water, met een stille buiten-unit en een binnen-unit plus een boilervat.
- 3 tot 5 convectoren in plaats van radiatoren; andere radiatoren mogen blijven hangen.
- Koken op inductie.
- Verzwaring van de aansluiting naar 3 x 25 ampère, extra groepen in de meterkast en extra kabels naar de keuken en doorgaans naar de zolder of de bijkeuken.
- Soms een extra infraroodpaneel op een studeerkamer of slaapkamer of boven de werkbank in de schuur of in de bijkeuken, indien gewenst.
- Soms vloerisolatie en/of spouwmuurisolatie.

Gemiddeld kost dit netto zo'n € 30.000. Dat is veel. Maar dat geven veel mensen normaal gesproken de komende 15 jaar ook uit aan energie. Dus als je dat bedrag naar voren haalt (deels subsidie, deels lening, misschien deels spaargeld), kun je deze investering doen. En als je het grootste deel leent, kun je dat in 15 jaar terugbetalen voor hetzelfde maandbedrag als je kwijt zou zijn aan energie. Na 15 jaar gaan je maandlasten flink omlaag. Ook voor verhuurders is dit een goede investering die voor huurders de woonlasten omlaag brengt.¹⁶

13. Zie <https://thuisbaas.nl/wp-content/uploads/Thuisbaas-brochure-deel-4.pdf>
14. Zie <https://thuisbaas.nl/jouw-woning-duurzaam/ervaringen/>

15. Zie <https://thuisbaas.nl>
16. Zie <https://thuisbaas.nl/wp-content/uploads/Thuisbaas-brochure-deel-4.pdf>



WE GAAN STEEDS MEER ELEKTRIFICEREN

3.6 Elektrificeren en de netwerkbedrijven

Het hele energiesysteem gaat zo min mogelijk draaien op aardolie, steenkool en aardgas, maar wordt voor een groot deel geëlektrificeerd. Daarbij kun je denken aan:

- We gaan elektrisch rijden. Dat geldt voor personenwagens en bestelbussen en ook voor vrachtwagens.
- In de industrie gaan we steeds meer industriële warmtepompen gebruiken om water met een lage temperatuur weer naar een hogere temperatuur te brengen.
- We gaan waterstof maken met behulp van elektrolyse en dat vraagt veel extra duurzame elektriciteit.
- Ook de gebouwde omgeving wordt steeds meer geëlektrificeerd.

We hebben dus steeds meer elektriciteit nodig. Het hele netwerk verbeteren en soms verzwaren zal sowieso moeten.

Salderen, opslag en back-up en smart grid

Zelf opgewekte stroom die je niet meteen gebruikt, kun je aan het elektriciteitsnet leveren. Die energie mag je dan op een later tijdstip weer van het net afhalen. Je eigen opgewekte energie wordt op jaarbasis weggestreept tegen de energie die je gebruikt. Dit heet salderen. Zolang de salderingsregeling bestaat, hebben huizen met 20 tot 24 zonnepanelen op het dak bij een gemiddeld energieverbruik geen energierekening. Het salderen wordt vanaf 2023 langzaam afgebouwd tot 2031. Tegen 2030 verwacht men dat er betaalbare opslagmethoden zijn voor huizen of wijken. Denk aan (buurt)batterijen waarmee zonne-energie wordt opgeslagen die overdag is opgewekt, terwijl mensen vooral 's avonds elektriciteit verbruiken. Ook een weekend kun je zo nog wel overbruggen. Natuurlijk niet een hele winter, maar dat hoeft ook niet, want de huizen blijven aangesloten op het net en daar betalen de bewoners ook netwerkkosten voor.

Van de netwerkkosten van gas ben je af. Het is niet onredelijk dat de netwerkkosten van elektriciteit in de toekomst stijgen. Het net krijgt in de winter relatief veel stroom uit windenergie, veelal van zee. En voor het geval die stilvalt, moet er naast de opgewekte zonne-energie en aardwarmte ook energie opgeslagen zijn, bijvoorbeeld in de vorm van waterstof of ammoniak. Voor het zeer zeldzame geval dat de temperatuur wekenlang onder de min 10 graden blijft en er geen wind of zon is, is het zelfs denkbaar om een gas- of resthoutcentrale (afvalhout) stand-by te houden om elektriciteit te maken. Dat is natuurlijk niet rendabel te maken, dus die kosten worden dan 'gesocialiseerd', oftewel op het totale systeem afgewenteld. Naar verwachting is dat slechts sporadisch en steeds minder vaak nodig.

a. Netwerken verzwaren plus werk maken van 'smart grids'

Het aardgasnetwerk kan er op veel plaatsen uit en het elektriciteitsnetwerk heeft op veel plekken verbetering nodig. Daar moeten we op anticiperen en het liefst willen we dit proces versnellen. We hoeven dan één netwerk minder te onderhouden, en het overblijvende netwerk kan dan daar waar nodig verzwaard worden.

Er hoeft minder verzwaard te worden als we slimmer omgaan met elektriciteit. Daar hoort bij:

- In de toekomst kunnen de prijzen van elektriciteit variëren, ook voor particulieren. Dan is er een prikkel om niet alles tegelijk te doen. Je zet dan de wasmachine en de vaatwasser pas later op de avond of midden op de dag aan. Je auto laad je op als het goedkoper is ('s nachts). Mensen die niet per se tussen 17:00 en 19:00 uur hoeven te koken op hun inductiefornuis, doen dat op een ander moment. Dat haalt op het net al een deel van de pieken in de ochtend en avond weg.

- Er komen de komende 10 jaar steeds meer betaalbare (buurt)batterijen. Daarin wordt een deel van de zonne-energie op zonnige dagen opgeslagen, zodat het net niet overbelast wordt.
- Dat geldt ook voor elektrische auto's: die gaan we vooral overdag opladen als ze stilstaan en als de zon schijnt. Diezelfde auto's kunnen in de avond een deel van hun elektriciteit in de batterij afstaan aan huizen. Daarvoor zou het goed zijn als de overheid de aankoop stimuleert van laadpalen en auto's die dat kunnen (vehicle to grid oplossingen).
- Op dit moment is toegang tot het net een recht. Iedereen met een project – ook al is dat een zonneveld 'in the middle of nowhere' – moet aangesloten worden. Er is ook een verplichting voor netwerkbedrijven om de partij die zich het eerst meldt het eerst te behandelen. Ze mogen dus geen strategische afwegingen maken. Ze mogen dus niet eerst een woonwijk verzwaren of een nieuwe wijk aansluiten als dat te prefereren is boven zo'n zonneveld in een afgelegen weiland. Vanuit de energietransitie gedacht is het veel verstandiger als ze daar wel logische keuzes in mogen maken. Eigenlijk zouden we dat de publieke netwerkbedrijven ook gewoon moeten toevertrouwen. Maar als het beeld is dat zij die afwegingen niet goed kunnen maken, zet er maar een onafhankelijk adviesorgaan bij in dat mee helpt bepalen wat vanuit de energietransitie-doelen de beste keuzes zijn. Maak strategische keuzes wettelijk mogelijk, laat netwerkbedrijven bepalen wat de handigste volgorde van aansluiten of versterken is, en stap af van 'wie het eerst komt, het eerst maalt'. Er moet ook gezegd kunnen worden dat projecten op sommige plekken gewoon niet mogelijk zijn omdat het te duur is om daar voor één project zware infrastructuur aan te leggen.

b. Netwerkbedrijven meer juridische ruimte en meer werknemers geven

Netwerkbedrijven zoals Alliander, Enexis en Stedin zijn publieke bedrijven die door de wet sterk beperkt worden in wat ze mogen doen. Het zou goed zijn als de wetgever hun mogelijkheden verruimt, zodat ze de energietransitie beter kunnen dienen.

Samen bepalen wat wanneer gedaan moet worden, op basis van wat maatschappelijk nodig is.

- Nu is het zo dat de netwerkbedrijven jaarplannen maken, die worden beoordeeld door de Autoriteit Consument & Markt (ACM). De ACM stuurt op de laagste kosten. Het zou beter zijn als onafhankelijke deskundige partijen (al dan niet met de ACM) bekijken wat het meest nodig is, ook bijvoorbeeld vanuit de RES'en en het Klimaat- en Energieakkoord, en dan strategisch bepalen waar geld voor uitgetrokken wordt. Dat is niet altijd de goedkoopste weg. Er is veel meer een programmatische aanpak nodig, gebaseerd op de benodigde transitie. Als de netwerkbedrijven niet voldoende geld en mensen hebben, dan zou het een gezamenlijke opgave met het rijk moeten zijn om daarvoor te zorgen. Dit zijn geen gewone tijden meer, er is een enorme versnelling nodig en die zal meer vragen dan 'gewoon' is. De rol van netwerkbedrijven is cruciaal.
- De energietransitie vraagt om elektrificering. Daarvoor zijn meer transformatorhuisjes en onderstations nodig die soms zo groot zijn als voetbalvelden. Het is dus ook een vraagstuk van ruimtelijke inpassing. Dat vraagt meer aandacht, ook nationaal, opdat niet elke gemeente individueel die hete aardappel doorschuift en juist dit soort aspecten de transitie niet te veel vertragen. De netwerkbedrijven hebben meer steun nodig om dit goed te agenderen.
- Netwerkbedrijven hebben meer juridische ruimte nodig om mee te denken en te doen op het gebied van opslag en slimme flexibele netten. Dat element is cruciaal om de transitie behapbaar te maken. Het zou



niet exclusief aan de markt overgelaten moeten worden. Juist om het systeem goed te laten werken, zou deze taak ook bij netwerkbedrijven moeten liggen. Wie uiteindelijk de investeringen doet, is weer een ander verhaal, maar de keuzes rond slimmere systeemoplossingen zouden ook bij de netwerkbedrijven moeten mogen liggen.

c. Slim opschalen: juist niet hele straten en wijken tegelijk

Het lijkt logisch om wijk voor wijk, met grote stappen, de gebouwde omgeving te verduurzamen. Huis voor huis klinkt ook niet heel daadkrachtig. In de nieuwbouw kan het ook en gaat het wijk voor wijk. Maar in de bestaande bouw is het gezien vanuit het netwerk en vanuit de roep om draagvlak misschien wel slimmer om te beginnen met de mensen die willen in een wijk, en om niet meteen een hele straat tegelijk te doen.

Als je begint met de mensen die willen en daar een bord in de tuin zet met 'Wéér een huis zonder energierekening!' en de buurt uitnodigt, kun je huis voor huis een wijk of gebied langzaam inkleuren met zo veel mogelijk

energie- of klimaatneutrale huizen. Dat geeft het netwerkbedrijf de tijd om zich daarop aan te passen en zo nodig het netwerk te versterken. Je hoeft in dat gebied niet te wachten totdat dat gedaan is, want als je hier en daar een huis aanpakt en die huizen staan juist niet pal naast elkaar, dan kan het netwerk dat beter accommoderen. Wel moet het netwerkbedrijf vanaf het begin weten dat er wel opgeschaald gaat worden, maar op een iets behapbaardere manier. Je hoeft dan ook niemand te dwingen. Hoe meer mensen een huis zonder of met een hele lage energierekening hebben, hoe meer anderen met een hoge rekening in de verleiding zullen komen om ook stappen te zetten. Maar ieder op zijn of haar tijd. Dat roept minder weerstand op dan iedereen te dwingen mee te doen.

En zolang de netten niet voldoende zijn verzaamd, zullen we moeten accepteren dat op de zonnigste momenten soms de zonne-energiesystemen even afgeschakeld worden om overbelasting van het net te voorkomen. Dat kan ook gefaciliteerd worden met een flexibele tariefstructuur. Hiervoor dient wetgeving aangepast te worden.

ACTIEPLAN HUIZEN VERDUURZAMEN MET DRAAGVLAK

Start met rijtjeshuizen, twee-onder-een-kap en vrijstaande woningen

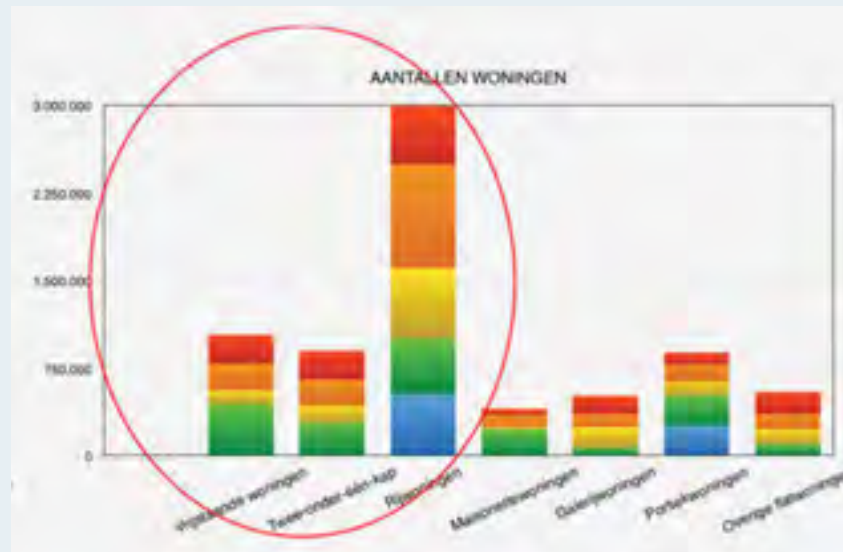
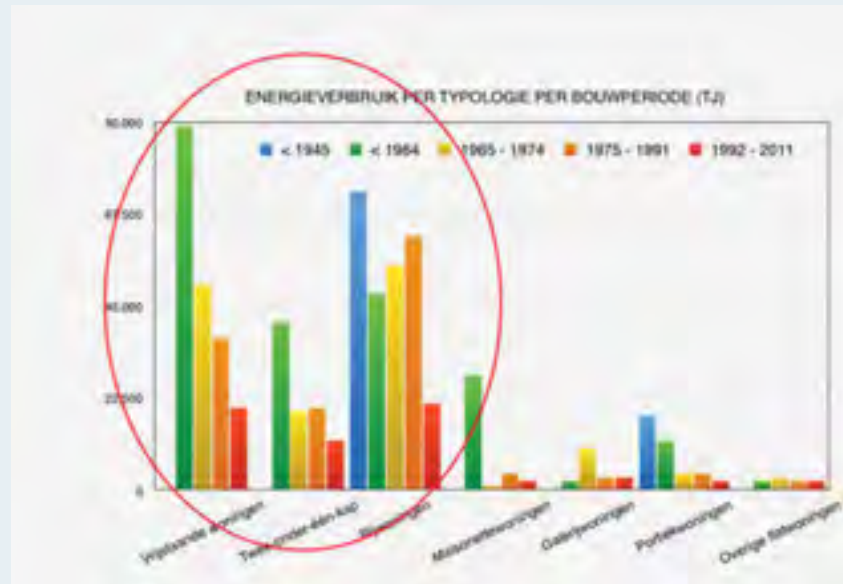
In Nederland staan veel rijtjeswoningen en ook behoorlijk veel twee-onder-een-kap en vrijstaande woningen (zie in de figuur rechts-onder het omcirkelde deel: de hoogste balk geeft het aantal de rijtjeshuizen weer). Dit zijn ook precies de types huizen waarin het energieverbruik relatief hoog is (zie de omcirkeling in de bovenste figuur hiernaast). Dat zijn dus ook de huizen waarbij het meer loont om ze van het gas af te halen en zo veel mogelijk energieneutraal te maken dan bij de galerij-, portiek- en flatwoningen (zie de staven en balkjes rechts buiten de cirkels). Het lijkt dus logisch om juist te beginnen met die huizen van particulieren en eventueel met de rijtjeswoningen van woningcorporaties.

Sinds 2012 heeft Urgenda met het project Thuisbaas¹⁷ honderden woningen energieneutraal gemaakt, zowel huurwoningen als koopwoningen. In algemene zin bleek het bedrag dat veel mensen de komende 15 tot 20 jaar aan energie uitgeven vaak genoeg om de woning (bijna) energieneutraal te maken.

Stel dat je dat bedrag moet lenen, dan kun je het in 15 jaar terugbetalen voor hetzelfde maandbedrag dat je daarvoor kwijt was aan energie. De maandlasten gaan niet omhoog voor die mensen in de miljoenen woningen waar de bewoners € 150 tot € 200 of meer per maand uitgeven aan energie. Laten we met die groep beginnen.

Als de financiering georganiseerd kan worden, kunnen mensen dus zonder extra maandlasten van het gas af en kunnen

ze zo veel mogelijk duurzame energie zelf opwekken op eigen (schuur)dak of ander oppervlak. Dit kan voor particulieren met speciale leningen (bijvoorbeeld via het Stimuleringsfonds Volkshuisvesting, SVn), met een extra hypotheek en voor een deel met de nu bestaande subsidies. De regering zou moeten regelen dat iedereen zo'n bedrag kan lenen, gekoppeld aan het huis, en dit bijvoorbeeld via het netwerkbedrijf laten innen totdat het afbetaald is door degenen



Boven: energieverbruik naar type woning tussen 1945 en 2011
Onder: aantallen woningen per type woning Bron: Jan Willem van de Groep

die in dat huis wonen. Decentrale overheden kunnen ook ondersteuning geven met behulp van Energy Service Companies (ESCO's), woonabonnementen of nog creatievere oplossingen.

Als de financiering georganiseerd kan worden, kunnen mensen zonder extra maandlasten van het gas af.

Ook draagvlak bij huurders

In rijtjeswoningen van verhuurders heeft Thuisbaas ook woningen energieneutraal gemaakt. De huurders gingen gemiddeld € 120 in de maand minder betalen voor energie. Zelfs met een huurverhoging van € 50 hielden ze per maand gemiddeld € 70 over. Er is veel enthousiasme en draagvlak voor die aanpak. Vooral ook omdat je kunt beginnen met degenen die willen. Dan volgen er vanzelf steeds meer mensen. Aangezien je op die manier ook een natuurlijke spreiding krijgt, is het voor het netwerkbedrijf goed te behappen. En de corporaties hoeven niet eerst 70% van de bewoners mee te krijgen. Ze beginnen gewoon bij de mensen die enthousiast zijn. Geen dwang.



17. Thuisbaas staat inmiddels op eigen benen, zie www.thuisbaas.nl



Actieplan All-Electric: 2,5% woningen aanpakken per jaar per provincie of RES

Zeker de helft van de woningvoorraad is rijtjeswoning, twee-onder-een-kap of vrijstaand en heeft goed dubbel glas. Laten we met die ruim 4 miljoen woningen beginnen en een actieplan maken per provincie of per regio.

Voorbeeld: Gelderland

Als voorbeeld nemen we Gelderland. Daar hebben we het al eens voor uitgerekend. Dit is een van de 4 grootste provincies met ruim 2 miljoen inwoners. Iedere provincie kan eenzelfde plan maken, naar rato. Dus Drenthe hoeft maar een kwart te doen van wat Gelderland zou doen. Het doel voor Gelderland: 500.000 woningen all-electric in 2030, dus per jaar ongeveer 50.000.

Dat klinkt natuurlijk als heel veel, maar in 2019 namen ongeveer 275.000 huishoudens in Nederland al zonnepanelen. Naar rato van het aantal inwoners heeft Gelderland er dan al rond de 30.000 woningen met zonnepanelen bij gekregen. In 2020 nam dat aantal weer verder toe, dus meer dan 50.000 huishoudens hebben al zonnepanelen.

De eerste uitdaging is dan om die mensen te verleiden om niet alleen zonnepanelen te nemen, maar ook een warmtepomp, en om op inductie te gaan koken en de gasaansluiting op te zeggen. De tweede uitdaging is om dit te organiseren: de handen om alles te installeren en het netwerk op orde te krijgen. Tot slot moeten de financiën geregeld worden om dit mogelijk te maken.

Een actieplan Huurhuis E-neutraal met de corporaties is nuttig om de vaart erin te krijgen. Het afschaffen van de verhuurdersheffing zou enorm helpen om middelen vrij te maken voor deze opgave.

Na 10 jaar zullen prijzen zijn gedaald door ervaring en opschaling en kunnen ook volgende groepen aanhaken.

Een actieplan Huurhuis E-neutraal met de corporaties is nuttig om de vaart erin te krijgen.



A. Een zeer aantrekkelijk aanbod: kostenneutraal en ontzorgen

In § 3.5 beschreven we dat veel huizen energieneutraal kunnen worden zonder dat de maandlasten omhoog gaan. De energierekening gaat naar nul, en in plaats daarvan betaal je voor hetzelfde bedrag per maand de investering in de warmtepomp en andere zaken af.

1. Begin met particulieren die een energie-rekening hebben van € 150 per maand of meer.

2. En start met woningcorporaties die hun huurders willen helpen met betaalbaar wonen en willen verduurzamen.

3. Bied betaalbare oplossingen aan. Voor een groot deel van deze groep zijn er betaalbare oplossingen die leiden tot een (bijna) energieneutraal huis waarbij de maandlasten de komende 15 jaar niet of nauwelijks stijgen. Daarna gaan ze stevig omlaag.

4. Ontzorg mensen. Er moeten voldoende bedrijven komen die dit voor mensen organiseren, zodat ze er zelf niet al te veel moeite voor hoeven te doen: zo veel mogelijk wordt hen uit handen genomen. Dat kan.

5. Goede communicatie en uitleg en bijvoorbeeld een website waarop capabele installateurs staan, complementeren het aanbod aan huiseigenaren.

B. Opschalen: voldoende technici en mensen voor het keukentafelgesprek

Gemiddeld 50.000 woningen per jaar (bijna) energieneutraal maken in een provincie is natuurlijk heel veel. Dat lukt ook niet meteen in jaar 1, maar dat kan wel opgebouwd worden, zoals de ervaring van Thuisbaas leert.

Als een klein bedrijfje met minder dan 10 mensen nu al 100 woningen en appartementen per jaar van het gas af kan halen en zo veel mogelijk energieneutraal kan maken, en dat huis voor huis, dan moet dat met een slimme opschalingsstrategie en steun van overheden straks sneller kunnen. Grotere installateurs met meer mensen in dienst moeten dat ook sneller kunnen. En er komen nieuwe marktpartijen

en nieuwe samenwerkingspartners zoals coöperaties en andere burgerinitiatieven.

Het is wel een enorme klus en mensen moeten worden opgeleid. Dus waarschijnlijk doe je de eerste jaren iets minder huizen en de laatste jaren tot 2030 iets meer. Net zoals in de jaren 1950-1960 alle huizen binnen 10 jaar een gasaansluiting kregen, moeten nu in bijvoorbeeld Gelderland 50.000 huizen per jaar van het gas af naar een warmtepomp en gemiddeld 20 tot 22 zonnepanelen. Dat is een enorme groeiemarkt met veel extra banen, veelal voor mensen met een vmbo- of mbo-diploma.

Goed voorbeeld: markt van zonnepanelen

De markt van zonnepanelen is na 10 jaar in staat gebleken om zichzelf goed te organiseren. Daarin werken inmiddels bijna 25.000 mensen, met indrukwekkende groeicijfers:¹⁸ er zijn 8,9 miljoen zonnepanelen geïnstalleerd in 2020 (tegen 4,6 miljoen in 2018), waarvan ongeveer 37% bij particulieren.

Dus dat deel van de markt kan nu al snel opschalen en dit voor elkaar krijgen als men weet dat er een actieplan komt voor snelle opschaling.

Opschalen en opleiden voor warmtepompen

Voor het plaatsen van warmtepompen moeten veel meer mensen opgeleid worden. Het energieneutraal maken op deze betaalbare manier is in de bestaande bouw vooral een installatieklus en geen bouwklus. Het is dus nodig om de samenwerking te zoeken met installatiebedrijven, groot en klein. Die kunnen lokaal werken en geven vertrouwen. Er is nu een tekort aan installateurs en vooral aan mensen die warmtepompen kunnen installeren (w-monteurs) en aan mensen die installaties goed waterzijdig kunnen inregelen zodat ze meer rendement opleveren. Gezien de krappe arbeidsmarkt lijkt het

raadzaam om ook krachten te zoeken op andere plekken, zoals mensen die nu werken in de fossiele industrie of in garages (elektrische auto's vergen minder onderhoud, dus die monteurs zitten straks zonder werk). Denk verder ook aan statushouders (vluchtelingen) en mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt. Er is een goede opleiding nodig voor de mensen die warmtepompen op de juiste manier gaan installeren. Voor het inregelen van het systeem is geen hoge opleiding nodig, maar vooral training en daarna ervaring.

Er zijn in Gelderland nu ongeveer 113 cv-bedrijven. Ongetwijfeld zijn er nog andere bedrijven die ook dit soort diensten kunnen en willen leveren, van Thuisbaas-achtige partijen tot andere nieuwkomers op deze markt. Stel dat er samen 150 van dit soort bedrijven zijn, dan zou ieder bedrijf gemiddeld 330 woningen per jaar moeten doen om tot 50.000 woningen per jaar te komen. Kleine bedrijven iets minder, grote iets meer. Elke week 7 woningen per bedrijf is genoeg.

Elke week 7 woningen per bedrijf is genoeg. Onervaren bedrijven beginnen met 1 of 2 woningen per week en eindigen met 10 per week in 2030.

Onervaren bedrijven beginnen met 1 of 2 woningen per week en eindigen met 10 per week in 2030. Bedrijven die zonnepanelen leggen, kunnen dit al. Een eenmanszaak doet er iets minder, een groter bedrijf iets meer. Als de cv-bedrijven (installateurs die nu vooral cv op aardgas doen) gaan samenwerken met bedrijven die zonnepanelen installeren, dan doet iedereen waar hij of zij goed in is en moet het zeker kunnen. **Het is dan wel noodzakelijk dat cv-bedrijven wp-bedrijven worden en die kennis snel verwerven.**

¹⁸ Nationaal Solar Trendrapport 2021 (een publicatie van Dutch New Energy Research)

Om bij het voorbeeld van Gelderland te blijven: daar zijn ongeveer 50 woningcorporaties met bijna 250.000 huurwoningen, en meer dan 300.000 particulieren met een vrijstaand huis of twee-onder-een-kapwoning. Bij die corporaties en die particulieren zijn voldoende woningen geschikt om de komende 10 jaar energieneutraal te laten maken door die 150 bedrijven die kunnen zorgen voor warmtepompen en zonnepanelen.

Er zijn al partijen die de kennis hebben om huizen betaalbaar energieneutraal te maken met een all-electric concept. Laat die helpen om die kennis te verspreiden. Denk aan:

- workshops voor installateurs;
- gevolgd door training on the job;
- een telefonische vraagbaak voor installateurs
- daarna zelfstandig aan de slag gaan.

Dit alles naast het verder opschalen van kennisverspreiding via het reguliere onderwijs en cursussen van onder andere Techniek NL.



Het energieneutrale hoekhuis van Cecile en Dirk-Jan

C. Zorg voor financiële mogelijkheden om te investeren

Een huis helemaal energieneutraal maken kost vaak rond de € 30.000 tot € 35.000. Dat is veel geld, maar dat geef je normaal in 15 jaar tijd uit aan energie. De meeste mensen hebben het echter niet op de plank liggen, dus overheden kunnen helpen om die investering mogelijk te maken. Het begint met uitleggen welke mogelijkheden er zijn om dit te financieren.

500.000 woningen
zo veel mogelijk energie-
neutraal maken leidt tot
2 Mton CO₂-reductie.

- Er zijn veel subsidies, zoals voor warmtepompen en isolatie, en je krijgt de btw op zonnepanelen terug als je erom vraagt. Dat is in totaal per huis vaak al rond de € 5.000.
- Er zijn verschillende relatief goedkope leningen speciaal voor het verduurzamen van huizen.
- Verschillende banken geven korting op de hypotheekrente of hebben extra financiële mogelijkheden om de hypotheek iets op te hogen speciaal voor het nemen van duurzame maatregelen.¹⁹

Energiebespaarlening van het Nationaal Warmtefonds

Voor particulieren is er de energiebespaarlening voor investeringen in of aan het eigen huis. In veel gevallen is de besparing genoeg om de maandelijkse betaling van de energiebespaarlening te dekken. Deze lening wordt verstrekt via het Stimuleringsfonds Volkshuisvesting Nederland (SVn) met gunstige voorwaarden en een rente tussen de 1,7% en

2,2% afhankelijk van het bedrag en de looptijd. Iedereen kan tot € 25.000 lenen, en als je extreem isoleert (meer dan strikt noodzakelijk), dan kun je zelfs tot € 65.000 lenen. Tot 75% van de lening mag ook voor zonnepanelen worden gebruikt.²⁰

SVn heeft ook andere leningen die je kunt krijgen als de lokale overheid die lening via SVn aanbiedt. Deze Duurzaamheidslening²¹ is dus niet voor iedereen beschikbaar, maar alleen daar waar een provincie of gemeente die aanbiedt via SVn. Gelderland heeft zo'n lening bijvoorbeeld wel.

De gemeenten en provincies kunnen particulieren helpen door hen in communicatiecampagnes te wijzen op de SVn-lening en daarnaast op de subsidies (inclusief de btw-teruggave op zonnepanelen) die een deel van de kosten dekken.

De provincie hoeft dus niet de investering te financieren, maar kan wel – al dan niet samen met gemeenten – de bewoners wijzen op de financiële mogelijkheden en die informatie makkelijk vindbaar maken. Heel nuttig is een website waarop partijen staan die het betrouwbaar kunnen uitvoeren en die ook de betrouwbare financiële opties weergeeft.

500.000 woningen zo veel mogelijk energieneutraal maken leidt tot 2 Mton CO₂-reductie per jaar.

19. <https://www.eigenhuis.nl/energie/financieel/geld-lenen-voor-energiebesparing>
<https://www.consumentenbond.nl/energiebesparende-maatregelen/financieren-met-je-hypotheek#no4>
20. Zie verder <https://www.energiebespaarlening.nl/particulieren/voorwaarden-energiebespaarlening/>
21. <https://www.svn.nl/duurzaamheidslening>

3.7 Nieuwbouw: biobased en natuurinclusief

Er is een Woonakkoord gesloten door meer dan 20 partijen, waaronder alle verhuurders en vele bouw- en investeringspartijen. Ze willen de komende 10 jaar elk jaar 100.000 nieuwbouwwoningen afleveren. Ze beloven dat dit gasloze woningen zijn. Hopelijk krijgen ze ook allemaal daken met minstens 20 zonnepanelen, opdat ze zo veel mogelijk energieneutraal zullen zijn. Dat zet veel zoden aan de dijk.

Bouwmaterialen die CO₂ vastleggen

Behalve dat ze energieneutraal zijn, maakt het ook uit waar woningen van worden gemaakt, want bij veel producten gaat het maken ervan gepaard met veel uitstoot van broeikasgassen. Denk aan beton en cement en aan isolatiemateriaal van fossiele oorsprong. Het wordt tijd dat we ook kijken naar de *embedded energy*: de hoeveelheid energie die het heeft gekost om producten te maken. Vanwege die manier van kijken is een 'theemuts' van extra dak en muren om een bestaande woning heen niet heel duurzaam, want daarmee gebruik je onnodig materialen voor een schil om een huis.

Het kan zelfs positief uitwerken om bouwmaterialen te gebruiken waarin koolstof (uit CO₂) opgeslagen ligt. Hout, hennep en vlas zijn bouwmaterialen die positief bijdragen doordat ze langjarig koolstof vastleggen. Het is een vorm van negatieve emissies, zolang je ze niet later alsnog verbrandt. Hennep heeft de voorkeur, omdat het veel sneller groeit. Woningen gemaakt van hout, houtbouw of van hennep veroorzaken niet de uitstoot die een huis veroorzaakt dat gemaakt is van beton en cement. De uitstoot van beton had in 2014 in de hele keten een klimaatimpact van 3,5 Mton CO₂ (dat is 1,7% van de Nederlandse nationale emissie).²²

22. Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw – CE Delft

23. <https://www.nlgebiedslabel.nl/nieuws/minister-verhef-natuurinclusief-bouwen-tot-norm/>



Natuurinclusief bouwen

Het is goed om bij nieuwbouw altijd tuinen aan te leggen als groen-blauwe aders door een wijk, voor veel biodiversiteit en optimaal watermanagement. Bij natuurinclusief bouwen houdt men ook rekening met soorten als vogels en vleermuizen.²³ De opdrachtgever moet dat wel expliciet benoemen en eisen, want het is niet de natuurlijke neiging van de meeste projectontwikkelaars om daar rekening mee te houden.

Voorstel: oude VROM-norm in ere herstellen voor 75 m² groen in de buurt per woning

Om meer CO₂ op te slaan en om te verkoelen, en voor een leefbare omgeving die makkelijker overvloedig water opneemt, zou het goed zijn als bij nieuwbouw de oude VROM-norm weer gehanteerd wordt. Dit betekent dat voor elke woning die gebouwd wordt, in de buurt 75 m² aan groen wordt gerealiseerd (exclusief de tuinen, het gaat dus om groen in de buurt). Dat kan ook een invulling geven aan het Klimaatakkoord waarin staat dat er 'meer bos' moet komen, maar dat is niet geconcretiseerd.

Hout, hennep en vlas zijn bouwmaterialen die positief bijdragen doordat ze langjarig koolstof vastleggen.



Bouwen met hennep

Het gebruik van beton in de Nederlandse bouw leidt tot ruim 2 Mton aan CO₂-uitstoot.²⁴ Dat kan anders, want sinds kort is het mogelijk om in grootschalige woningbouwprojecten beton te vervangen door hennepbeton. Dat laat de Groningse pionier Dun Agro zien. Op de foto staat zo'n hennephuis. Dun Agro kan met de huidige fabriek en met 1.100 hectare landbouwgrond jaarlijks 500 prefab hennepwoningen realiseren. En opschalen is mogelijk. Het klimaat is zeer gebaat bij bouwen met hennep. Deze plant neemt tijdens het groeien per hectare 13,5 ton CO₂ op. En deze CO₂ blijft opgeslagen tijdens de hele levensduur van het huis. Een hennephuis heeft daardoor een negatieve CO₂-footprint. 1.000 hectare hennep verwerkt in de bouw betekent 0,01 Mton vastgelegde CO₂ plus de besparing van niet-gebruikt beton.

Hennep heeft nog meer voordelen. Lokale boeren kunnen het verbouwen. De plant is een bodemverbeteraar en is geschikt als tussengewas en de teelt stimuleert de circulaire economie.

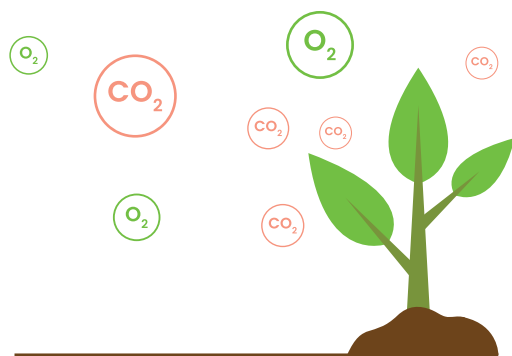
De overheid kan dit ondersteunen door het gebruik van duurzame materialen te stimuleren. Bijvoorbeeld met een CO₂-toeslag of door bij eigen aanbestedingen voorrang te geven aan het bouwen met hennep. Dat hoeft niet alleen bij huizen, ook isolatie met hennep is goed mogelijk, en het is zelfs geschikt voor betonblokken, fietspaden en wegen.

24. <https://www.ce.nl/publicaties/1374/milieu-impact-vanbetongebruik-in-de-nederlandse-bouw>



Groen dak onder de zonnepanelen

Onder zonnepanelen kun je heel goed een groen dak aanleggen. Dat helpt, want groen verkoelt, en zonnepanelen doen het in de zomer beter als het dak niet te warm wordt. Groene daken leiden dus tot minder gebruik van airco's met schadelijke F-gassen en tot minder energieverbruik. En ze zorgen ervoor dat zonnepanelen meer energie geven. Daarnaast leiden groene daken tot minder rioolkosten, want ze vertragen de regenafvoer. Groene daken zijn er in vele soorten en maten. Het ene doet meer voor biodiversiteit dan het andere.



Meer bomen en planten

Bomen nemen CO₂ op, verkoelen en hebben een positief effect op de leefomgeving en de volksgezondheid. Het is verstandig als gemeenten bomen opnemen bij het ontwerpen van nieuwbouwplannen. Ook in de bestaande bouw kan er nog veel meer groen bij. Zie de acties van www.meerbomen.nu, waar gemeenten gratis bomen kunnen krijgen en ook zelf actief bomenhubs kunnen aanwijzen die gratis bomen aan bewoners uitdelen. Daarnaast zijn er organisaties die acties voor onttogen op poten zetten. Als iedereen 2 m² van zijn of haar tuin weer groen maakt, krijgen we er een gebied ter grootte van de Veluwe bij!

Nieuwe duurzame woonvormen

Er zijn steeds meer mensen die willen 'ontspullen' en die kleiner, maar groener willen wonen. Er is een groeiende markt voor tiny house-parken met voedselbossen. Een ander idee is wooncommunities opzetten op het platteland op de plek van lege stallen, met een mix van senioren en jongeren. Dat verkleint ook de kloof tussen boer en burger (Zie hoofdstuk 6).²⁵

25. <https://www.vhg.org/kennisbank/het-levende-gebouw/digitaal-het-levende-gebouw-bladerbaar>
<https://www.vhg.org/domeinen/tuinen/de-levende-tuin>



3.8 Kantoren en andere gebouwen verduurzamen

Kantoren

Veel kantoren kunnen heel goed energie-neutraal gemaakt worden. De overheid zou dat eigenlijk moeten verplichten voor 2030 om te zorgen dat er meer vaart in komt.

De verhouding tussen elektriciteit en warmte is bij kantoren precies andersom dan bij woningen. Dus bij kantoren wordt 2/3 tot 4/5 van de energie gebruikt voor elektriciteit, onder andere doordat er veel meer gekoeld wordt. Het omlaag brengen van de elektriciteitsvraag (verlichting, ICT, ventilatie, koeling) in combinatie met het opwekken van eigen duurzame energie zet dus de meeste zoden aan de dijk. Een dak met zonnepanelen met een groen dak eronder levert behalve stroom ook extra koeling, en het dak gaat langer mee. Dat zijn dus 3 vliegen in één klap: besparing, opwekking en een beter dak.

Voor warmte en koeling is warmte-koudeopslag (een WKO-installatie) vaak een goede oplossing. En voor kleinere kantoren kan een lucht-water warmtepomp een goede oplossing zijn. Dat levert energiebesparing op en het aardgas wordt vervangen.

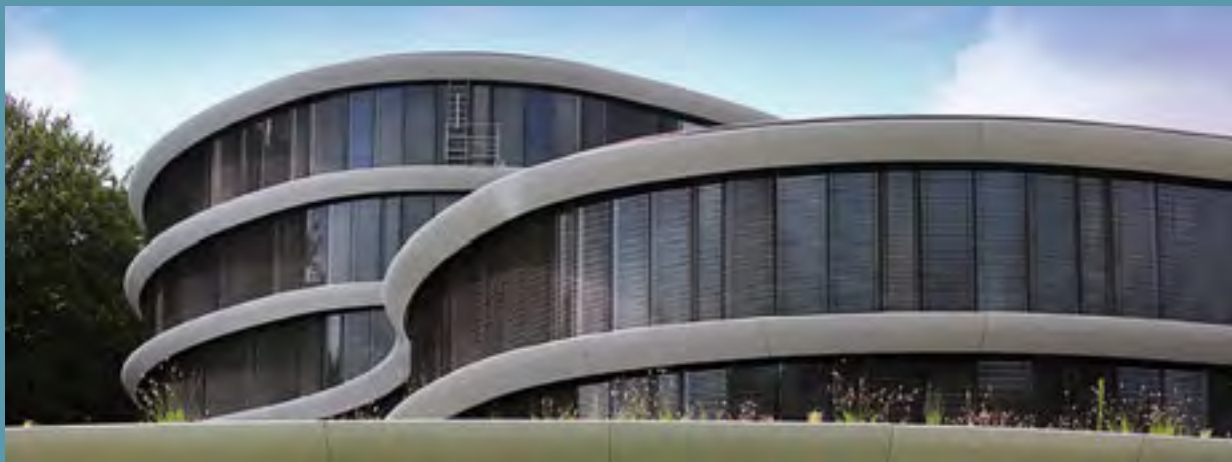
Wat de meest geschikte oplossing is, hangt samen met de grootte en het gebruik van het pand, maar bijna elk pand kan heel ver komen in het energieneutraal worden. Mocht het laatste stukje niet lukken, dan kan men in ieder geval klimaatneutraal worden door alleen duurzame energie af te nemen bij een energiebedrijf.

Bij de renovatie van kantoren gaan Energy Service Companies (ESCO's) een steeds belangrijkere rol spelen. Die nemen de investeringen en vaak ook het onderhoud voor bijvoorbeeld de energie-installaties voor hun rekening. Ze krijgen een bedrag per maand van de gebruiker van het kantoor. Als het goed is, heeft de gebruiker na de aanpassingen geen of heel lage energierekening, zonder dat die zelf de investeringen hoeft te doen. Het energieneutraal maken van fabriekspanden en de industriële processen daarbinnen komt aan bod in hoofdstuk 4.

Elk kantoor heeft andere oplossingen nodig. Maar een lagere elektriciteitsvraag door energiebesparing op verlichting, ICT, ventilatie en koeling is bijna overal een goed idee. Zie het voorbeeld van Geelen Counterflow op pag. 170.

Energieneutrale gebouwen

Een van de meest opvallende en gelauwerde kantoorrenovaties is die van netbeheerder Alliander in Duiven. Het gebouw van architect Thomas Rau gebruikt heel weinig energie en heeft een hoog comfort. Dankzij de zonnepanelen en het gebruik van grondwater voor warmte-koudeopslag is het gebouw CO₂-positief en voorziet het in de eigen energiebehoefte. De overcapaciteit gaat naar omliggende bedrijven uit het samenwerkingsverband Stichting Groene Alliantie. Het meest bijzonder aan het gebouw is dat het circulair is gerenoveerd: de materialen van het oude pand zijn veelal hergebruikt voor het nieuwe.²⁶



Thomas Rau is ook de architect die daarna het pand van de Triodosbank in Zeist energieneutraal en zo veel mogelijk circulair heeft gebouwd. Triodos zegt daarover op de website: "Het innovatieve ontwerp is gebaseerd op principes uit de circulaire economie en biomimicry. Dat betekent bijvoorbeeld dat het ontwerp en de productie van materialen zijn gebaseerd op structuren uit de natuur. En dat het gebouw remontabel en modulair is en gemaakt van duurzame en hergebruikte materialen. Verder is het energieneutraal dankzij de toepassing van warmte- en koudeopslag en het gebruik van zonnepanelen. De groene daken op het kantoor hebben een isolerende en verkoelende werking en zijn bovendien insectvriendelijk. De daken vangen regenwater op dat een nuttige bestemming krijgt, zoals voor het doorspoelen van toiletten en bewatering van het landgoed." ²⁷ Het pand is al 4 keer bekroond.

26. Meer informatie op <https://www.lente-akkoord.nl/gebouwen-alliander-duiven-gegarandeerd-15-jaar-energieneutraal/>

Zie ook <https://www.groeneallianties.nl/stichting-groene-allianties/>

27. <https://www.triodos.nl/reehorst>

Bijzondere oplossingen



School krijgt duurzame warmte uit horizontaal ondergronds buizenstelsel

Oplossingen zoals warmte-koudeopslag en water-water warmtepompen gaan verticaal de grond in. Maar je kunt ook horizontaal 'warmte oogsten' met een buizenstelsel in de grond op minstens 1,5 meter diepte, vorstvrij. Voor een pand met 100 m² oppervlak is er 200 m² tuin of sportveld nodig. Basisschool de Blokwhere in Volendam heeft met steun van Stichting Duurzaam Waterland een bodemlussensysteem gekregen waar water doorheen loopt. Een warmtepomp onttrekt warmte aan het water in de lussen en verwarmt daarmee de klaslokalen. 's Zomers kan het systeem koelen, dit scheelt veel aardgas.

Door het onttrekken van warmte aan de bodem bestaat de kans op uitkoeling (bevriezing) van de bodem. Om dit te voorkomen, moet je de bodem(bron) 'regenereren'. Dit gebeurt door 's zomers het gebouw te koelen en warmte uit het gebouw via heatpipes of zonnecollectoren in de grond te brengen. Dit maakt het systeem betrouwbaar en voorspelbaar. Het is een efficiënt systeem (de SPF is ± 4). Hiermee (en met regenereren) is zo'n 25 watt per m² uit de grond te halen.

28. <https://ibisper.eu/powernest-2/>



PowerNest voor zonne- en windenergie op flats en andere hoge gebouwen

De PowerNest van IBIS Power²⁸ is een constructie voor boven op hoogbouw, zoals een flat of kantoor, die duurzame energie maakt uit zowel wind als zon. De turbine draait al vanaf een windsnelheid van 2 meter per seconde. Technisch zou dat pas bij 3 meter per seconde zijn, maar de constructie van de lamellen en de plaatsing over de dakrand laten hier hun gunstige effect zien. De beveiliging schakelt de turbine uit bij meer dan windkracht 6. De opbrengst is afhankelijk van de locatie, met name het windgebied.

In totaal levert een PowerNest pal aan de kust ongeveer 30 MWh per jaar op, en in bijvoorbeeld Breda 20 MWh. De opbrengst van zonnepanelen is daarbij min of meer gelijk; de opbrengst uit windenergie verschilt.

Een PowerNest van 7,2 x 10,8 meter met 40 zonnepanelen van 295 Wp kost circa € 55.000 en zou in Scheveningen in ongeveer 8 jaar terug verdiend zijn.

3.9 Actieplan Energiebesparing: van sportclubs tot zorghuizen

Voor velen is energie besparen minder ‘sexy’ dan bijvoorbeeld duurzame energie opwekken of allerlei hippe innovaties toepassen. Toch is energie besparen vaak het meest kostenefficiënt. En energie die niet nodig is, hoeft je ook niet op te wekken of te transporteren.

Dus vanuit het systeem gedacht mag energiebesparing veel meer prioriteit krijgen.

Een Actieplan Energiebesparing zou bovenaan in het energietransitieplan van elke gemeente mogen staan. Er zijn honderden manieren om energie te besparen. We lichten er ter inspiratie een aantal uit.

Als de gemeenten en provincies de komende 2 jaar energiebesparing prioriteit maken, kan er elk jaar 3 tot 5 Mton uitstoot van CO₂-eq bespaard worden per jaar, zowel in de industrie als in utiliteitsbouw (zorghuizen, grote kantoren, etc).

a. Bedrijfspannen en overige gebouwen

Op grond van de Wet milieubeheer (en achterliggende Europese regelgeving) hebben veel bedrijven al een energiebesparingsplicht. Bedrijven die per jaar meer dan 50.000 kWh aan elektriciteit of 25.000 m³ aardgas verbruiken, moeten alle besparingsmaatregelen die zich binnen 5 jaar terugverdienen volgens de wet ook nemen. Dat gebeurt helaas vaak niet, omdat er nauwelijks op gehandhaafd wordt. Omgevingsdiensten kunnen en moeten deze handhavende taak uitvoeren.

Ledverlichting in gebouwen

Het is aan te bevelen om voor 2030 alle conventionele tl-buizen te vervangen door een led-variant. Dit is in 5 jaar terug te verdienen en dit moeten veel bedrijven dus volgens de wet al uitvoeren. Ook voor gebouwen met een laag verbruik en panden waarop die wet niet van

toepassing is, is overgaan naar ledverlichting een rendabele investering. Er zijn geschikte vervangende ledlampen voor bijna elk type lamp te vinden. Voor bedrijven zijn er ook Energy Service Companies (ESCO's) die helemaal gespecialiseerd zijn in verlichting en die voor bedrijven bereid zijn de investering over te nemen in ruil voor een maandelijkse bijdrage. Men belooft dat vanaf de eerste maand de kosten al omlaag gaan. Na een paar jaar is de ESCo afgelost en zijn de kosten definitief nog veel verder gedaald.

Voor al op verlichting, koeling, het upgraden van alle soorten elektromotoren en beter afstellen van apparaten is veel te besparen

Isolatie

Alle nieuwe gebouwen moeten sowieso energielabel A krijgen. De uitdaging zit dus ook hier in het beter isoleren van bestaande kantoren. Veel isolatiemaatregelen verdienen zichzelf ver voor 2030 ruimschoots terug.

Voor al op verlichting, koeling, het upgraden van alle soorten elektromotoren en beter afstellen van apparaten is veel te besparen. Als 2/3 van de gebouwen in de overige gebouwde omgeving – dus exclusief de woningen – aan de wet voldoet, kan er zeker 3 tot 5 Mton per jaar bespaard worden. Zie maatregelen 4, 8, 13, 24, 28 en 30 uit het 54-puntenplan van Urgenda.²⁹

29. <https://www.urgenda.nl/themas/klimaat-en-energie/40-puntenplan/>



Er zijn verschillende subsidies voor sportclubs om te verduurzamen. De Groene Club helpt sportverenigingen daarbij voor een volle clubkas en lage broeikas!

b. Alle sportclubs duurzaam in 2030

Het initiatief De Groene Club³⁰ is een samenwerking van de KNVB (voetbal), KNLTB (tennis) en KNHB (hockey). De begeleidingstrajecten om clubs te verduurzamen worden gefinancierd vanuit het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS). De Groene Club is nu vooral actief in de provincies Overijssel, Gelderland en Zuid-Holland.

Na zo'n 7,5 jaar is de investering terugverdiend en heeft de club een enorm lage energierekening.

De besparing per club per jaar is gemiddeld 39.000 kWh en 1.750 m³ gas. De investering per club is netto gemiddeld € 55.300, waarbij jaarlijks € 7.450 bespaard wordt. Na zo'n 7,5 jaar is de hele investering terugverdiend en geniet de club van een duurzame sportaccommodatie en met een enorm lage energierekening. Er zijn verschillende subsidies voor sportaccommodaties beschikbaar, zoals de Subsidieregeling BOSA (Bouw en onderhoud sportaccommodaties) en de SDE++. De Groene Club overlegt met de sportclubs en past de subsidies waar mogelijk toe. De duur van de subsidie en het begeleidingstraject vanuit het ministerie VWS is onzeker, dus haast is geboden. Dit initiatief verdient verdere opschaling!

30. De Groene Club, <https://www.degroeneclub.nl>



c. Energiebesparing in zorgorganisaties

In de sector zorg en welzijn werken in heel Nederland 1.293.200 mensen.³¹ Volgens het rapport van Gupta Strategists over duurzame zorg³² is de CO₂-uitstoot door het energiegebruik van gebouwen in de zorg het hoogst: de zorg is verantwoordelijk voor 4,3 Mton CO₂-emissie landelijk. Via Zorgkaart Nederland waren er in 2018 in Nederland in totaal 2465 verpleeg- en verzorgthuizen bekend.³³ Daarnaast waren er dat jaar 120 ziekenhuislocaties.³⁴

Uiteraard is bestaat er veel verschil tussen grote ziekenhuizen en relatief kleine verzorgingshuizen. Vandaar dat het ook interessant is om te weten welke grote zorgorganisaties de grootste energieverbruikers zijn.



31. <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/arbeidsmarkt-zorg-en-welzijn/hoofdcategorieen/wie-werken-er-in-de-sector-zorg-en-welzijn>

32. https://gupta-strategists.nl/storage/files/1920_Studie_Duurzame_Gezondheidszorg_DIGITAL_DEF.pdf

33. Zorgkaart, <https://www.zorgkaartnederland.nl>

34. VZinfo, 2019: <https://www.volksgezondheidenzorg.info/onderwerp/ziekenhuiszorg/regionaal-internationaal/locaties#node-algemene-en-academische-ziekenhuizen>

35. Ervaringen met de Energiestrijd Zorghuizen <https://energiestrijd.nl/> en <https://www.urgenda.nl/themas/bouw/energiestrijd-zorghuizen/>

Energiestrijd Zorghuizen

Al jaren organiseert Urgenda de Energiestrijd Zorghuizen. Landelijk hebben al meer dan 80 zorgorganisaties meegedaan aan deze wedstrijd die 3 maanden duurt. Uit de Energiestrijd blijkt dat gemiddeld 10 tot 15% van het energieverbruik valt te besparen in één winterseizoen.³⁵

De besparing wordt bereikt met kleine technische verbeteringen.

Een paar voorbeelden:

- cv-installaties waterzijdig inregelen waardoor ze meer rendement opleveren;
- dag- en nachtinstellingen controleren;
- installaties optimaal instellen.

Die technische aanpassingen gebeuren in combinatie met een campagne voor bewoners en personeel over energiebesparing. Uiteraard kan de zorgorganisatie ook op een andere manier het energieverbruik met 10 tot 15% reduceren, maar vaak blijkt een gemeenschappelijk programma met een wedstrijdelement beter te werken en langer te beklijven.

Gemiddeld stoot een zorgorganisatie jaarlijks 1.700 ton CO₂ uit. Dat kan gereduceerd worden naar 1.445 tot 1.530 ton. Een besparing van 170 tot 255 ton per jaar.

De ervaring leert dat mensen tijdens een Energiestrijd ook gaan letten op andere thema's, zoals afval en waterverbruik. Het competitie-element en de informatieve energiebesparende tips leiden ook tot meer bewustwording: medewerkers en bezoekers gaan ook vaak thuis maatregelen nemen.

d. Energiebesparing in huishoudens via de gemeente

Overheden kunnen samen met lokale duurzame energiecoöperaties acties op touw zetten om meer energie te besparen. De nationale overheid heeft afgelopen jaar met twee regelingen (RRE en RREW) al via gemeenten subsidies gegeven voor besparingsmaatregelen voor huiseigenaren en later ook voor huurders. Daarop kan voortgeborduurd worden, want er kan nog heel veel meer. We noemen wat voorbeelden.



Bespaarpakket

Waarom zou je Nederlanders niet verrassen met een energiebespaarpakket? Nu niet van een loterij, maar van de eigen overheid.

Ter inspiratie:

- Een besparende douchekop die warm water bespaart en daarmee op dit moment in de meeste huizen ook aardgas. Voor de bewoner scheelt het € 50 per jaar.
- 3 ventilatorsetjes voor verbetering van de luchtdoorstroming bij radiatoren. Een ventilator plaats je onder de radiator, waardoor de warmte beter wordt verspreid en je minder hoeft te stoken. Dit kan 30% in de stookkosten schelen, zo'n € 300 per jaar.
- Radiatorfolie die je achter radiatoren plaatst, zodat je niet de wand warm stookt, maar de ruimte.

- Radiatorfolie om de close-in-boiler in te pakken. Die verliest permanent warmte door uitstraling aan de omgeving, ook als er geen warm water wordt getapt. Een besparing van 100 kWh op jaarbasis per boiler wordt gemeten. Naar schatting staan er meer dan een miljoen van deze boilers in woningen en bedrijven. Het besparingspotentieel met deze Nederlandse innovatie komt daarmee op zo'n 0,06 Mton CO₂ per jaar.
- Zie ook de voorbeelden op de volgende pagina's.

Een bespaarpakket kan op centrale punten worden afgehaald, bijvoorbeeld in samenwerking met supermarkten en postafhaalpunten. worden verspreid, dan kan er 0,5 Mton CO₂-uitstoot bespaard worden.



Extra ledverlichting in huishoudens

Uit onderzoek van Milieu Centraal blijkt dat er gemiddeld per huishouden nog steeds zo'n 24 gloei- en halogeenlampen in gebruik zijn.³⁶ Als deze lampen worden vervangen door ledlampen is het besparingspotentieel groot. Door een voorlichtingscampagne in combinatie met gratis ledlampen voor mensen met lage inkomens moet men voor 2030 toch zeker 80% van de onzuinige lampen hebben vervuild voor duurzame.³⁷



Doorvoerstekkers tegen sluipverbruik

Driekwart van alle apparaten staat niet echt uit als ze niet in gebruik zijn. Het sluipverbruik van energie in huishoudens is zo'n 450 kWh per jaar, aldus Milieu Centraal. Dat komt neer op zo'n € 100 per jaar per gezin en 1,5 Mton aan CO₂-uitstoot voor heel Nederland. Driekwart van dit sluipverbruik is makkelijk te voorkomen met goede voorlichting en simpele doorvoerstekkers: een stekker met een aan-uit-schakelaar. Daarmee kun je apparaten zoals pc's, tv's, koffieapparaten, printers en opladers die niet in gebruik zijn echt uitzetten. Als die apparaten op stand-by blijven staan of zelfs uit staan, maar de stekkers wel in het stopcontact zitten, verbruiken ze toch nog een beetje stroom. Met een doorvoerstekker – een stand-by killer – zet je ze wél echt uit. Twee stekkers kosten ongeveer € 3. Dat is snel terugverdiend.³⁸

36. <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zuinige-lampen/gloeilamp-en-halogeenlamp-bijna-uitgedoofd/>

37. Zie maatregel 41 van het 54-puntenplan van Urgenda en partners: www.urgenda.nl/themas/klimaat-en-energie/40-puntenplan

38. Zie maatregel 42 van het 54-puntenplan van Urgenda en partners: www.urgenda.nl/themas/klimaat-en-energie/40-puntenplan

39. <https://www.klimaatzuster.nl/projecten/licht-uit-deur-dicht>

40. <https://www.dutchdatacenters.nl/thema-energie/>



Winkeldeur dicht houden

"Open winkeldeuren in de winter verliezen evenveel energie als 180 duizend vliegertourtjes Hongkong", schreef *de Volkskrant* in 2016. Winkels kunnen door hun deur dicht te doen tot € 4.500 op de energierekening besparen³⁹ iets voor betere tijden, na corona.



Data opruimen is energie besparen

Het energieverbruik van datacenters in Nederland is in 2019 gestegen naar 2,7 TWh per jaar.⁴⁰ Dat komt neer op een uitstoot van 1,5 Mton CO₂ per jaar rekenend met 0,556 kg/kWh. Tel je daarbij de uitstoot op van alle servers op kantoren, dan is de uitstoot van ons dataverkeer nog veel groter. Het dataverkeer neemt toe met de stijgende populariteit van streamingdiensten. Toch kunnen we veel besparen: door servers op de eco-stand te zetten, door data op te ruimen én door websites groen te hosten.

Overheden zijn grote dataverbruikers en kunnen het goede voorbeeld geven. Ook een grote publiekscampagne voor Landelijke Data-opruimdagen kan een mooi initiatief zijn.

Energie besparen kan met de volgende acties:

1. Stimuleer dat meer servers op de eco-stand gaan.
2. Organiseer Landelijke Data-opruimdagen: elke opgeruimde 500 terabyte uit een clouddienst bespaart 0,1 Mton CO₂.
3. Vraag alle overheidsinstanties met regelmaat data op te ruimen en zet weinig gebruikte data op stilstandende servers.
4. Voer voor alle overheidswebsites groen hosten in.
5. Installeer Ecosia als groene zoekmachine op overheidsservers.



© Chantal Bekker

SAMENVATTING GEBOUWDE OMGEVING

Miljoenen huizen energieneutraal maken in 10 jaar tijd is een enorme opgave. In de jaren 50 en 60 kregen alle woningen in Nederland in 10 jaar tijd een gasaansluiting. Nu willen we er in 10 jaar weer zo veel mogelijk vanaf. Dat is een grote klus, maar het kan.

Waarschijnlijk gaan veel huizen van aardgas over op een **combinatie van warmtepompen** (in allerlei soorten en maten, zie de bijlage Warmtepompen na dit hoofdstuk) en **infraroodpanelen, koken op inductie** en 20 tot 22 **zonnepanelen**. Mensen met een eigen dak en een energierekening boven de € 150 per maand kunnen veelal zonder hogere maandelijkse lasten de overstap maken. Dat is een goede groep om mee te beginnen. De daadwerkelijke uitvoering kan nu al in een ruime week met een paar mensen en gaat straks nog sneller. Als elke installateur of gespecialiseerd bedrijf elke week 7 woningen (bijna) energieneutraal kan maken, hebben we 25% van de bestaande woningen in 2030 aangepakt. Daar komen nog een miljoen duurzaam gebouwde nieuwbouwhuizen bij. En dan verder versnellen!

Het is nodig om **betere voorlichting** te geven over dit onderwerp en meer mensen op te leiden tot energieadviseur en installateur. Ook moet iedereen weten dat de **maandlasten niet omhoog** hoeven te gaan voor huishoudens en dat investeringen mogelijk zijn via speciale leningen en andere faciliteiten.

Ook voor kantoren zijn er legio mogelijkheden om energieneutraal te worden.

Naast overgaan naar **all-electric oplossingen** en zo veel mogelijk **duurzame energie opwekken** op het eigen oppervlak blijft het

natuurlijk raadzaam om ook **zo veel mogelijk energie te besparen**. In dit hoofdstuk reiken we een aantal oplossingen aan. Nog veel meer oplossingen die ook al binnen een jaar resultaat kunnen hebben, staan in het 54-puntenplan dat Urgenda samen met 800 organisaties maakte om de overheid te helpen bij het terugdringen van de CO₂-uitstoot.⁴¹

Door gebruik te maken van warmtepompen en hard te trekken aan verdere energiebesparing, kan de hoeveelheid energie die we uiteindelijk nodig hebben nog flink omlaag. Dat scheelt zonnepanelen en windmolens!

In steden en bij industrieën die warmte over hebben, kunnen ook **lokale warmtenetten** voorkomen die aan huishoudens warmte leveren. Het is zaak dat die draaien op duurzame bronnen.

Het is **belangrijk dat netwerkbedrijven meer armslag krijgen** en een iets bredere rol, zodat ze keuzes mogen maken die de energietransitie het beste dienen. Dus bijvoorbeeld: niet altijd de eerste die zich meldt aansluiten.

De ideeën die worden aangereikt, zijn ook van verschillende orde. Je kunt ze niet allemaal goed bij elkaar optellen. 500.000 bestaande woningen zo veel mogelijk energieneutraal maken kan 2 Mton CO₂-eq besparen. Bouwen met hennep en hout is een vorm van negatieve emissies: we slaan koolstof langjarig op in materialen.

41. <https://www.urgenda.nl/themas/klimaat-en-energie/40-puntenplan/>

BIJLAGE WARMTEPOMPEN

Soorten, technische kenmerken, voor- en nadelen

Er zijn 3 hoofdsoorten warmtepompen:

1. **Water-water warmtepomp**, in 3 typen:
 - a. gebruikt water uit de bodem
 - b. gebruikt stromend water in de buurt (ook aquathermie/ TEO)
 - c. haalt warm water van het dak via PVT-panelen (panelen die warm water en elektriciteit leveren)
2. **Lucht-water warmtepomp**
3. **Lucht-lucht warmtepomp** (airco die ook kan verwarmen)

SPF = Seasonal Performance Factor
Voor de technisch geïnteresseerden: meestal spreken we in projecten over de SPF-waarde. De SPF (Seasonal Performance Factor) houdt rekening met alle energie die nodig is om een systeem te laten functioneren, zoals een extra pomp, kleppen en regelingen. De SPF is een gemiddelde over een heel jaar. De waarden die we hierna noemen, zoals SPF 4,0 voor een water-water warmtepomp en SPF 3,2 voor een lucht-water warmtepomp, zijn typische SPF-waarden die je ziet in de praktijk.

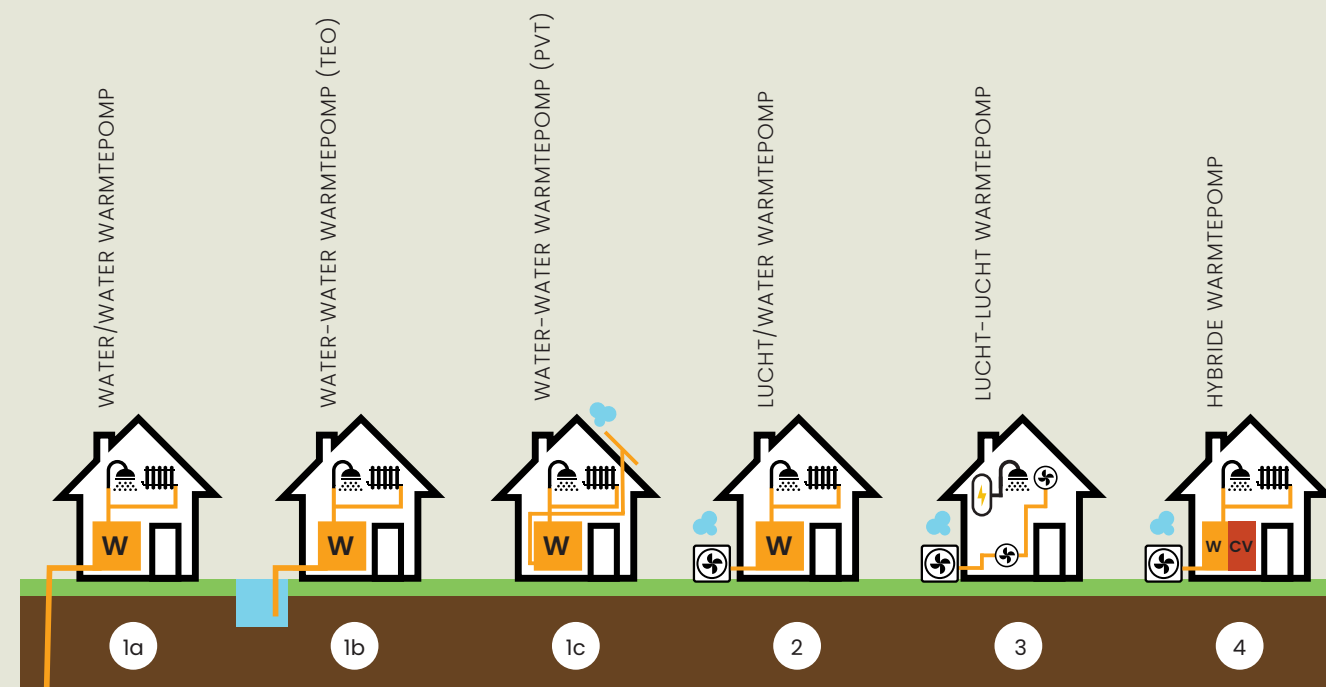
1. Water-water warmtepomp

Alle vormen van water-water warmtepompen gebruiken lagetemperatuur warmte (LT) voor de verwarming van het huis, waardoor er ofwel speciale convectoren nodig zijn in plaats van klassieke radiatoren, ofwel vloerverwarming nodig is. Dit geldt ook voor de lucht-water warmtepomp (zie pag. 128 voor uitleg).

a. Warmtepomp met bodemwarmte (SPF 4,0)

Deze warmtepomp maakt gebruik van ondiepe bodemwarmte. Een verticale bodemlus die tussen de 25 en 150 meter diep gaat, haalt warmte uit de bodem. Met een warmtepomp kun je hiermee de ruimte verwarmen en warm tapwater maken. Hoe langer de bodemlus, hoe meer warmte je uit de bodem haalt. Dat kan door 1 diepe lus te maken, of door meerdere ondiepe lussen. Dan heb je dus meer boringen naast elkaar nodig, die minstens 6 tot 8 meter uit elkaar moeten liggen. Het is vaak handiger om één boring van 120 meter diep te doen dan 4 van 30 meter diep, maar alles hangt af van de samenstelling van de bodem.⁴² Als er dieper dan 100 meter alleen maar klei of droog zand zit, heeft het weinig zin om dieper te boren.

De water-water warmtepomp met een verticale bodembron is een relatief dure installatie, omdat je 25 tot 150 meter de grond in moet. De boringen maken de installatie duurder dan de andere varianten van warmtepompen. Maar deze variant heeft wel een aantal voordelen: er is geen buiten-unit, dus geen geluid buiten, en in de zomer krijg je er (bijna) gratis (top)koeling bij. Ook is de installatie heel efficiënt (SPF 4,0). Hoe groter het huis en hoe hoger de kosten voor aardgas voorheen waren, hoe geschikter deze oplossing is. **Daarom zie je die vaker bij grote vrijstaande woningen, landhuizen en boerderijen met bijgebouwen.** De installatie kost zo'n € 15.000 tot € 25.000. Maar de aardgasrekening bij grote huizen loopt al gauw op van € 200 tot € 300 per maand, en dat is in 10 jaar ook al € 24.000 tot € 36.000. Dan is zo'n warmtepomp een goede investering.



b. Warmtepomp met gebruik van oppervlaktewater (TEO) (SPF 4,0)

Thermische energie uit oppervlakte water (TEO) mag zich in steeds meer aandacht verheugen. De bron waaruit warmte wordt onttrokken is oppervlaktewater, dus een sloot of kanaal vlakbij. Dat water moet wel stromen en minstens 1,5 meter diep zijn. Doordat er energie uit het water wordt gehaald, wordt het water kouder. Als het te ondiep en niet stromend zou zijn, zou het water rondom de warmtewisselaar op den duur bevriezen en gaat het rendement van de warmtepomp hard achteruit.

Er moet een leiding met water vanuit de sloot, de gracht of het kanaal naar de woning worden getrokken. Hoe langer die is, hoe duurder het wordt. Dit is te organiseren per huis, maar ook voor een wijkje. Dan wordt het een warmtenetje.

Een warmtepomp (met alleen een binnen-unit) werkt de lage-temperatuurwarmte van het water op naar warm water voor de ruimteverwarming en warm tapwater. De vraag

is of dit voor woningen met energierekeningen van rond de € 150 per maand niet te duur wordt in vergelijking met de kosten van lucht-water warmtepompen. Het heeft ook meer voeten in aarde om warmte uit water te onttrekken. Denk bijvoorbeeld aan vergunningen. En hoe verder weg het water ligt, hoe duurder en hoe meer gedoe. Het voordeel: geen buiten-unit die geluid maakt.

c. Warmtepomp met PVT-panelen die de warmtepomp voedt met warm water (SPF 4,5)

PVT-panelen halen warmte én elektriciteit van het dak. Die warmte kan benut worden als bron voor de warmtepomp. Let wel op dat je goede PVT panelen neemt die een hoge warmteopbrengst kunnen leveren, want er is veel kaf onder het koren. Binnen in huis is er een binnen-unit van de warmtepomp die water op temperatuur brengt voor de verwarming en die zorgt voor warm tapwater. Dit is een mooie oplossing, maar die is wel duurder dan een lucht-water warmtepomp.

42. <https://www.gawalo.nl/energie/artikel/2018/02/boren-naar-aardwarmte-hoe-dieper-hoe-beter-1015658>.

2. Lucht-water warmtepomp (SPF 3,2)

Als er tegenwoordig gesproken wordt over warmtepompen in de gebouwde omgeving, dan gaat het vaak over de zogenoemde lucht-water warmtepomp. Die zuigt lucht aan via een buiten-unit in de tuin of op het dak of het balkon. Er is ook een binnen-unit plus een boilervat voor douchewater in huis. Bij de meeste huizen komt de binnen-unit met boilervat op de plaats van de oude cv-ketel, in de bijkeuken of op zolder.



De lucht-water warmtepomp is goedkoper dan de water-water varianten en heeft gemiddeld een SPF van 3,2.

De lucht-water warmtepomp maakt warm water voor de douche (in het boilervat) en warm water voor de verwarming. Dit verwarmingswater is minder warm dan water van een cv-ketel, namelijk 35-40 graden versus 60-80 graden bij een cv-ketel. Dat betekent dat deze lagere warmte op een andere manier voor voldoende warmte in de ruimte moet zorgen. Dit kan het makkelijkst door een aantal radiatoren te vervangen door convectoren met ingebouwde ventilatoren. Convectoren zijn een soort moderne radiatoren die lagere temperaturen beter verspreiden, waardoor er een behaaglijke warmte ontstaat. Als je in de slaapkamers geen 20 graden nodig hebt, kun je rustig de oude radiatoren laten hangen.



Voorbeeld van een convector die nodig is bij warmtesystemen die lage temperaturen gebruiken voor de verwarming (onder de 60 graden).

Warmtepompen werken ook goed met vloerverwarming. Is die er nog niet, dan is dat vaak een grotere ingreep dan een paar radiatoren vervangen. Vloer- of wandverwarming zijn dus niet noodzakelijk, in tegenstelling tot wat het PBL schreef. Met 3 tot 5 convectoren (gemiddeld 2 in de woonkamer, 1 in de keuken, en afhankelijk van verdere wensen eventueel ook nog een paar boven) in de plaats van radiatoren (en de rest laten hangen) krijg je huizen goed warm met lucht-water warmtepompen. Dat zijn relatief snelle en simpele veranderingen.

Warmtepompen zijn vooral nodig in de winter als er niemand buiten zit, en veel minder in de zomer.

Hoe groter de afmetingen van de buiten-unit van de warmtepomp, hoe duurder, maar ook hoe minder geluid hij maakt. Er zijn ook mogelijkheden om in de zomer een paar graden te koelen. De warmtepompen mogen van de wetgever buiten overdag op de erfgrens niet meer dan 45 decibel geluid maken en 's nachts (19:00-7:00 u) niet meer dan 40 decibel. Dit is ingegaan op 1 april 2021.

Het is goed om te weten dat warmtepompen vooral nodig zijn in de winter als er niemand buiten zit, en veel minder in de zomer, als ze alleen maar warm water hoeven te maken en doorgaans niet gebruikt worden voor de verwarming. Je kunt ook instellen dat warmtepompen 's nachts stiller draaien dan overdag.

Een lucht-lucht warmtepomp is eigenlijk wat de meeste mensen een airconditioner zouden noemen.

3. Lucht-lucht warmtepomp (SPF 4,0)

Een lucht-lucht warmtepomp is eigenlijk wat de meeste mensen een airconditioner zouden noemen. Hij kan dus goed koelen, maar ook verwarmen! Wel ontstaat er meer luchtstroming, wat niet iedereen prettig vindt.

Lucht-lucht warmtepompen zijn het meest geschikt voor studio's en flats met weinig verschillende ruimten of om alleen een zolderkamer te koelen en eventueel te verwarmen. Er komt een buiten-unit aan de muur of op het dak en daar kunnen maximaal 5 binnen-units aan gekoppeld worden die de ruimte verwarmen of koelen. Dit is een relatief goedkope oplossing en een heel efficiënt systeem. Deze lucht-lucht warmtepomp zorgt alleen voor de verwarming en niet voor warm water. Er moet dus nog een aparte instant heater of elektrische boiler bij.

Voor de grotere zogenoemde grondgebonden woningen, zoals twee-onder-een-kap of vrijstaande huizen, zijn deze lucht-lucht warmtepompen meestal minder geschikt, omdat er twee sets nodig zijn plus een elektrische boiler. Dan kun je beter één lucht-water warmtepomp nemen voor alle verwarming en warm water.

4. Hybride warmtepomp: in praktijk minder goed dan in theorie

Er gaan veel stemmen op om 'tijdelijk' massaal over te stappen op hybride warmtepompen. Een hybride warmtepomp is een lucht-water warmtepomp met een relatief laag vermogen, gecombineerd met een losse of ingebouwde gasketel. Dus het huis moet aangesloten blijven op aardgas en de bewoner blijft ook de netwerkkosten en het vastrecht betalen van samen zo'n € 275 per jaar. Het idee is dat deze warmtepomp een groot deel van het jaar echt als een efficiënte warmtepomp opereert, en alleen als het heel koud is overgaat op aardgas. Het is geen apparaat dat altijd als warmtepomp opereert en af en toe een beetje gas erbij verbruikt: het apparaat werkt óf als een warmtepomp óf als een gasketel. Zodra de warmtepomp de ruimte niet genoeg opwarmt, gaat de gasketel aan en wordt de warmtepomp niet meer benut. Als het kouder is dan 5 graden, gaat meestal de gasketel aan. Doorgaans levert deze warmtepomp géén warm water voor de douche, dus dat gebeurt met aardgas. De besparing zal daarom in de praktijk ca 30-50% bedragen.

In de praktijk van gewone gezinnen blijkt dat deze hybridecombinatie zo'n 50 tot 70% van de tijd gewoon als gasketel opereert.

Theorie versus praktijk: geliefd als tussenoplossing

In theorie zou een hybride-combinatie zonder boilervat minimaal 70% van de tijd als warmtepomp moeten opereren als hij goed is ingeregeld en goed wordt ingezet. Maar in de praktijk van gewone huishoudens blijkt dat deze hybride-combinatie zo'n 50 tot 70% van de tijd gewoon als gasketel opereert. Bij technici die alles heel goed afstellen en er ook daarna veel tijd en aandacht aan blijven besteden, kan de warmtepomp best vaker draaien, maar

in de praktijk is dat meestal niet het geval. Als een hybride ketel 20 jaar meegaat en 50 tot 70% van de tijd gewoon op aardgas draait, dan is dat in het kader van 'zo veel mogelijk doen om ontwrichtende klimaatverandering te voorkomen' niet de gedroomde oplossing. Het halve land op hybride ketels overzetten leidt wel tot aanzienlijke energiebesparing (30 tot 50% minder aardgasgebruik in huis), maar haalt huizen niet van het gas af de komende 20 jaar.

Het is wel begrijpelijk dat de hybride ketel aantrekkelijk is, omdat je de radiatoren kunt laten hangen en er geen boiler vat nodig is. De gasketel van deze hybride oplossing kan namelijk het warme tapwater voor zijn rekening nemen. Het is ook een relatief goedkope optie: de kosten zijn € 5.000 tot € 6.000. Daarnaast ontlast deze optie het elektriciteitsnetwerk als het koud is, want juist dan gaat dit systeem over op aardgas. Zolang de elektriciteitsnetwerken nog niet overal goed genoeg zijn, vinden de netwerkbedrijven deze oplossing dus prettig.



CO₂-warmtepompen zijn alleen geschikt voor kleinere appartementen of ruimten, anders zijn er meerdere buiten-units nodig.

5. CO₂-warmtepomp (SPF 2,5)

Een CO₂-warmtepomp is ook een lucht-water warmtepomp. Het voordeel ervan is dat deze warmtepomp water van 70 tot 75 graden kan maken en dat de huidige radiatoren in de meeste gevallen kunnen blijven hangen en niet hoeven te worden vervangen door convectoren. De warmtepomp zelf is iets duurder, maar omdat er geen andere radiatoren nodig zijn, is het in totaal iets goedkoper dan een standaard lucht-water warmtepomp.

Deze warmtepomp heet een CO₂-warmtepomp, omdat CO₂ wordt toegepast als koudemiddel. In de huidige warmtepompen zit een koudemiddel dat beter niet vrij kan komen (F-gas), want dat is een sterk broeikasgas. Ook CO₂ kan deze functie als koudemiddel vervullen. Het moet alleen wel onder hogere druk van 120 bar in de warmtepomp zitten. Dat vereist dus een hoogwaardigere techniek. Zowel F-gassen als CO₂ wil je graag in de warmtepomp houden en niet per ongeluk laten ontsnappen.

Het nadeel van deze warmtepomp is dat de buiten-unit maar tot 4 of 5 kW kan leveren, dus die is alleen geschikt voor appartementen of kleine woningen. Of je moet meerdere buiten-units naast elkaar plaatsen (zie de afbeeldingen). Maar er wordt hard gewerkt aan nieuwe versies.



DE BUITEN-UNIT VAN DE WARMTEPOMP STAAT VAAK ACHTER IN DE TUIN

