



6 stappen naar een Klimaatneutrale Gebouwde Omgeving

Warmtevraag, elektriciteit,
personenvervoer en materialen



CE Delft

Committed to the Environment

6 stappen naar een Klimaatneutrale Gebouwde Omgeving

Warmtevraag, elektriciteit, personenvervoer en materialen

Delft, CE Delft, december 2015

Deze notitie is opgesteld in opdracht van HIER Klimaatbureau.

Publicatienummer: 15.3F13.102

Deze notitie is opgesteld door:
F.J. (Frans) Rooijers e.a.

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Samenvatting

Klimaatneutrale gebouwde omgeving, kan dat en zo ja, hoe?

De technieken om het energiegebruik in de gebouwde omgeving klimaatneutraal te maken bestaan al. Voor een deel gaat het om het verlagen van de vraag naar warmte en kracht/licht en hergebruik van materialen, maar voor het grootste deel gaat het om gebruik van hernieuwbare energiebronnen om warmte/elektriciteit mee te maken. Die technieken bestaan, maar zijn duurder dan de huidige fossiele brandstoffen, enerzijds omdat bij gebruik van fossiele brandstoffen niet alle kosten (vervuiling) worden toegerekend, anderzijds omdat hernieuwbare bronnen nog onvoldoende zijn ontwikkeld. Technisch is het geen probleem om de CO₂-emissie tot nihil terug te brengen, het brengt echter kosten en ongemak met zich mee, die ervoor zorgen dat dat niet vanzelf gebeurt. Een gebouwde omgeving met een fors lagere CO₂-emissie ontstaat dus niet vanzelf, laat staan als de gebouwde omgeving volledig klimaatneutraal moet worden.

De stappen naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving zouden de volgende zes¹ kunnen zijn:

1. De gebouwde omgeving wordt alleen klimaatneutraal als er generiek CO₂-instrumentarium komt en CO₂ een hoge prijs krijgt.
2. De warmtevraag kan nu snel veranderen door energiebesparing af te dwingen (verplicht label B in 2030) en daarnaast het aardgas te vervangen door groengas, elektriciteit en warmtelevering.
3. Elektriciteit voor de gebouwde omgeving is in 2023 klimaatneutraal door SDE+subsidie en de ODE-heffing.
4. Het personenvervoer zal zuiniger en schoner worden, niet alleen door elektrische auto's maar ook door zuinigere benzine en dieselauto's.
5. De belangrijkste bouwmaterialen kunnen stapsgewijs klimaatneutraal worden door afspraken te maken met de Nederlandse producenten.
6. Gewoon doen!

Warmtevraag

De huidige lage temperatuur warmtevraag voor verwarming en warm tapwater van gebouwen wordt op dit moment voor het overgrote deel voorzien door aardgas. Het is niet mogelijk om in een gebouw de CO₂ af te vangen die vrijkomt bij de verbranding van aardgas en te verzamelen om het niet in de atmosfeer te laten komen. Daarom zal een klimaatneutrale gebouwde omgeving betekenen dat er geen aardgas meer gebruikt wordt, wel groengas omdat dit op dezelfde manier gebruikt kan worden als aardgas, maar gemaakt wordt van biomassa en dus geen CO₂-bijdrage heeft. Maar groengas is drie keer zo duur als aardgas.

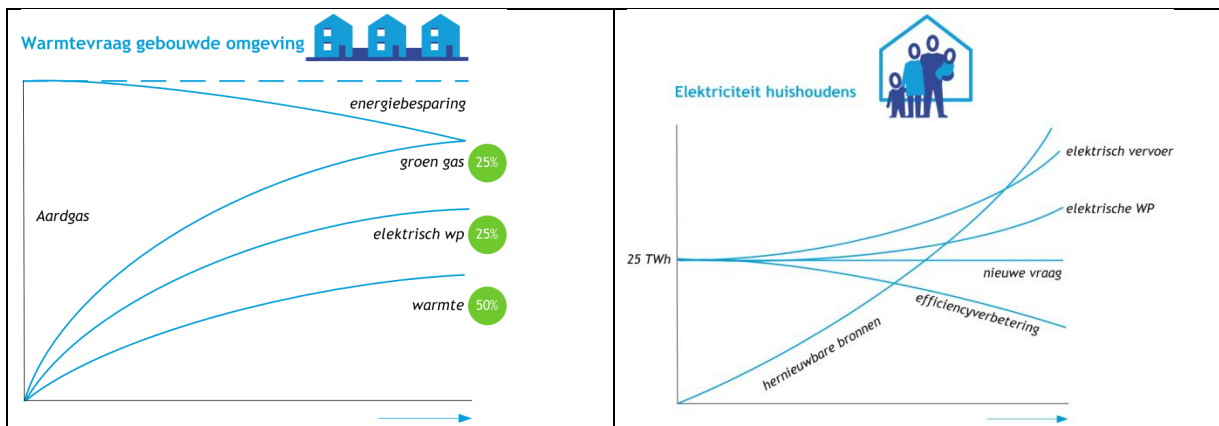
CE Delft heeft berekeningen uitgevoerd waaruit blijkt dat als alle kosten worden meegenomen, dus niet alleen de brandstof maar ook de gebouwinstallaties, de infrastructuur voor gas/elektriciteit of warmte, met de huidige kennis en kosten, de goedkoopste optie is (exclusief belastingen):

- energiebesparing in alle gebouwen (circa 25% reductie);
- duurzame warmtelevering met grote en kleine systemen in ongeveer de helft van de gebouwen van warmte/koude voorziet;
- groengas in een kwart van de gebouwen;
- elektrische warmtepompen in het resterende kwart.

¹ Gebaseerd op jarenlange ervaring van CE Delft over effectieve beleidsinstrumenten en technische maatregelen, welke zijn gedocumenteerd in diverse studies, zie bijlage C.



Deze verdeling is afhankelijk van kenmerken van de gebieden waar de gebouwen staan, en van de gebouwen zelf (oud, monument, groot/klein).



Elektriciteit

In de huishoudens wordt ongeveer 25 TWh elektriciteit per jaar gebruikt. Enerzijds zullen in de komende jaren zuinigere apparaten worden gebruikt, anderzijds zullen nieuwe behoeften aan kracht/licht ontstaan (robotisering, ICT). Met zon, wind en biomassa wordt de elektriciteit in 2023 voor 35% hernieuwbaar (SER-akkoord), van de 120 TWh die in Nederland jaarlijks wordt gebruikt, oftewel 45 TWh. Dat is al meer dan 100% voor de huishoudelijke kleinverbruikers. Alle elektriciteit in 2030 zal tot een jaarverbruik van 50.000 kWh klimaat neutraal zijn. Alle SDE+ subsidies worden in 2030 betaald uit de ODE-opslag op de energierekening voor alle elektriciteit tot 50.000 kWh en gas tot 170.000 m³. De huishoudens betalen 2/3 deel van de totale heffing dus gebruiken dan volledig elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.

Personenvervoer

Het personenvervoer in de gebouwde omgeving kan volledig klimaatneutraal worden door schone auto's (elektrische of waterstof), toepassing van biobrandstoffen en een verschuiving naar fiets en (elektrisch) openbaar vervoer. De laatste twee zijn vooral ook interessant omdat ze naast klimaat ook bijdragen aan andere uitdagingen in de gebouwde omgeving zoals het tegengaan van luchtvervuiling en geluidsoverlast, het stimuleren van een gezonde leefstijl en *last but not least*, de kwaliteit van de openbare ruimte.

Naast de inzet op volledig klimaatneutraal vervoer kan met name op de korte en middellange termijn een omslag naar veel zuinigere personen- en bestelauto's een belangrijke bijdrage leveren. Hiervoor is het Europese bronbeleid de belangrijkste aanjager, wat versterkt kan worden met verschillende vormen van (fiscale) stimulering.

Duurzame materialen

Het meest lastige is om alle gebruikte materialen voor de gebouwen klimaatneutraal te maken, wel is een forse besparing mogelijk. De GWW-sector heeft nog geen klimaatneutrale bouwmaterialen ontwikkeld. De grootste CO₂-emissies komen van beton en bakstenen. Hier wordt nu een eerste vergroeningslag gemaakt. Op termijn is klimaatneutraal zeker mogelijk door gebruik van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, maar ook gas uit biomassa of aardgas met CO₂-opslag. Het kostenniveau is vooral voor de industrie fors hoger maar als dat doorberekend kan worden hoeft dit geen probleem te zijn.

Gewoon doen!

Acties: Op lokaal niveau ontstaan steeds meer initiatieven die uit hernieuwbare bronnen (zon, wind, bodem) elektriciteit en warmte produceren. Door de sterk gedaalde prijs van zonnecellen en het systeem van salderen en het systeem van de postcoderoos, is het financieel haalbaar om kleine en grote collectieve projecten op te zetten. Slechts in enkele gevallen wordt ook een lokaal warmteproject opgezet op basis van een aquifer (Groningen) of bodemwarmte (wko in diverse locaties zoals Culemborg).

Lokale warmteprojecten in Denemarken laten zien dat vooral in de warmtemarkt nog veel rendabele en relevante mogelijkheden zijn, zeker als er een krachtig CO₂-beleid wordt gevoerd. Dan zullen niet alleen de koplopers maar ook commerciële partijen het gewoon gaan doen.

Beleid: Een brede coalitie van partijen die zich richten op specifieke maatregelen zal zich hard moeten maken voor generiek beleid. Zonder CO₂-beleid verandert er weinig in de gebouwde omgeving en zijn slechts kleine stapjes mogelijk.

Pas als CO₂ een forse prijs krijgt en/of als er een hard plafond komt voor CO₂-emissie uit de gebouwde omgeving en/of er harde regels komen voor verplichtingen (bijvoorbeeld label B voor alle gebouwen), kunnen CO₂-loze alternatieven tot wasdom komen.

Beleid en acties per sector >> 2030





Warmtevraag	Personenvervoer	Bouwmaterialen	Elektriciteit
			
Heffing van € 250 per ton op alle CO ₂ voor de gebouwde omgeving			
<ul style="list-style-type: none">- 25% Energiebesparing- Aardgas € 1 per m³- 100% groengas- Stadsverwarming- Lokale warmte-coöperaties- Minimaal Label B	<ul style="list-style-type: none">- Waterstof / elektrische auto's door beprijzing- Geen benzine en dieselauto's in steden- meer fietsen	<ul style="list-style-type: none">- Afspraken voor beton en bakstenen	<ul style="list-style-type: none">- Zonne- en windprojecten- Elektriciteit tot 50.000 kWh verplicht CO₂-vrij in 2030- Via SDE+ of via verplichting

1 Energievraag

In Nederland gebruiken we nu ongeveer 2.700 PJ aan fossiele brandstoffen en een klein beetje hernieuwbare bronnen (4%) om in de energievraag bij huishoudens en bedrijven te voorzien.

In de gebouwde omgeving wordt ongeveer een derde van de Nederlandse energie gebruikt, namelijk voor verwarming, voor licht en computers, voor mobiliteit. Daarnaast wordt ook nog een groot deel van de energie indirect gebruikt door de energie die gebruikt is voor de productie van allerlei producten en diensten, van tomaten tot auto's.

Figuur 1 Brandstof verbruik (primaïr) per sector

Verwarming	Vervoer	Industrie	Kracht & Licht
			
<ul style="list-style-type: none"> - LT-warmte - Vooral aardgas - 45 Mton CO₂ - 20 miljard m³ - 800 PJ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vracht en personen - Benzine en diesel - Elektriciteit voor tram en trein - 40 Mton CO₂ - 650 PJ 	<ul style="list-style-type: none"> - HT-warmte - Aardgas + olie - 15 miljard m³ - 40 Mton CO₂ - 500 PJ - excl feedstock 	<ul style="list-style-type: none"> - 110 TWh - kolen, aardgas, wind - 10 bcm aardgas - 45 Mton CO₂ - 800 PJ
Vooral gebouwde omgeving; 15 Mton CO ₂ huishoudens	Driekwart personen- en bestelvervoer	Bouwmaterialen voor gebouwen	25 TWh voor huishoudens

Hierbij komt 170 Mton CO₂ vrij die in de komende 35 jaar verlaagd moet worden naar circa 15 Mton om de maximaal 2 graden doelstelling zoals die in Parijs is vastgesteld door 195 landen, te kunnen halen. Dit vergt een grote krachtinspanning die technisch mogelijk is door op alle niveaus andere energiebronnen en technieken te gebruiken.

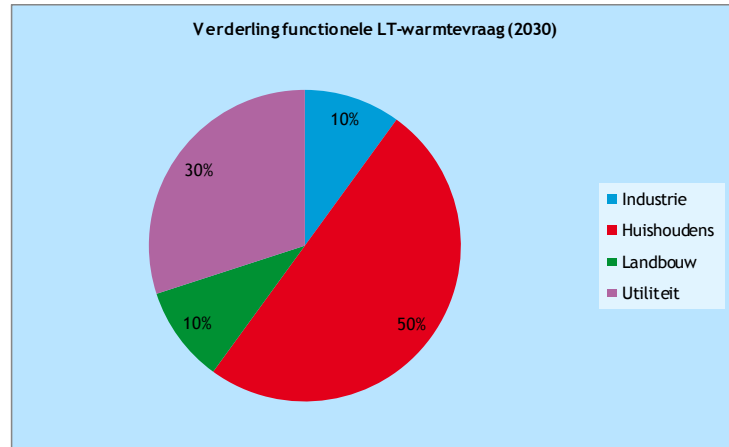
2 Warmtevraag

Ongeveer een kwart van de energievraag in Nederland is bedoeld om te voorzien in de behoefte aan verwarming van ruimtes en warm water (de lage temperatuur (LT) warmtemarkt, tot 100°C). Dit zijn zowel woningen, kantoren, winkels als tuinbouwkassen. In Figuur 1 is het brandstofverbruik per sector weergegeven.

De meeste energie die we gebruiken is voor verwarming op lage temperaturen (woningen, gebouwen, bedrijven en glastuinbouw). Transport van deze warmte is duur in vergelijking met transport van elektriciteit en gas. Maar doordat warmte relatief goedkoop (restwarmte) of hernieuwbaar (geothermie, biomassa, warmtepompen) is, ontstaan er door strikte doelen voor CO₂-reductie nieuwe kansen voor innovatieve oplossingen. Warmte uit fossiele bronnen (aardgas in gebouwde omgeving) zal geheel verdwijnen uit de gebouwde omgeving.

Uit de scenariostudie van CE Delft (CE Delft, 2014) voor Netbeheer Nederland blijkt dat de finale warmtevraag in 2012 ongeveer 800 PJ bedroeg. Voor 2030 wordt afhankelijk van het scenario een vraag van 330 tot 600 PJ/jaar verwacht, afhankelijk van de mate van energiebesparing (gebouwschil). In Figuur 2 wordt de verdeling van deze vraag over de sectoren weergegeven.

Figuur 2 Verdeling LT-warmtevraag over sectoren



Aardgas is het uitgangspunt voor het voorzien in de warmtevraag. Begin jaren zestig is massaal overgeschakeld op aardgas. In vergelijking met de toenmalige alternatieven is aardgas schoon, betrouwbaar en makkelijk. Geen gesleep meer met kolen, geen lekkende olietanks en geen smog meer door massale kolenstook. Door de beschikbaarheid van aardgas en de toenemende welvaart werd in korte tijd leidde dat tot het massaal verwarmen van woningen en verdween de lokale verwarming, de kachel. Gebouwisolatie was daarbij nog niet aan de orde.

In grote lijnen zijn er vier soorten technieken om in de vraag naar warmte te voorzien:

1. energiebesparing;
2. (aard)gas installaties;
3. elektrische warmtepomp;
4. warmtelevering (groot en klein).

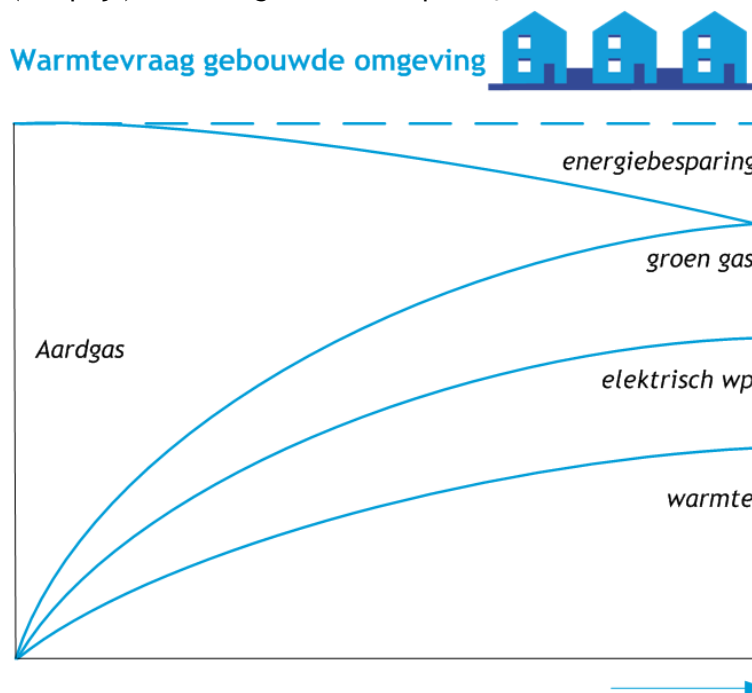
Energiebesparing heeft er voor gezorgd dat het gemiddelde gasverbruik om een woning te verwarmen (inclusief warm tapwater) is verlaagd van 3.500 m³ in 1980 naar 1.600 m³ nu. Maar er is meer mogelijk. Dit kan worden bereikt door een verplicht label B dat geldt voor de koper van een woning. Deze krijgt de plicht om de woning binnen een bepaalde tijd op dat niveau te brengen, gecontroleerd door de notaris.

Het aandeel van warmtelevering is op dit moment 5-8%, van elektrische warmtepompen 1 à 2% en aardgas ruim 90%.

CO₂-vrije energiedragers

Als een strikt CO₂-beleid wordt gevoerd zal dat betekenen dat aardgas niet meer wordt gebruikt voor het verwarmen van gebouwen. Het is niet mogelijk om in een gebouw de CO₂ af te vangen en te verzamelen om het niet in de atmosfeer te laten komen. Daarom zal een klimaatneutrale gebouwde omgeving betekenen dat alleen nog CO₂-vrije energiedragers gebruikt worden en door energiebesparing de warmtevraag wordt verlaagd. In een deel van de gebouwen zal groengas worden gebruikt omdat dit op dezelfde manier

gebruikt kan worden als aardgas, maar gemaakt wordt van biomassa en dus geen CO₂-bijdrage heeft. Het is echter wel drie keer zo duur als aardgas (kostprijs) zodat burgers circa € 1 per m₃ moeten betalen.



CE Delft heeft berekeningen uitgevoerd² waaruit blijkt dat als alle kosten, met uitzondering van belastingen, worden meegenomen, dus niet alleen de brandstof maar ook de gebouw-installaties, de infrastructuur voor gas/elektriciteit of warmte, met de huidige kennis en kosten, de goedkoopste optie is:

- energiebesparing in alle gebouwen (gemiddeld circa 25% reductie, van vloerisolatie tot “nul op de meter”);
- warmtelevering met grote en kleine systemen in ongeveer de helft van de gebouwen van warmte/koude voorziet;
- een kwart met groengas;
- een kwart met elektrische warmtepompen.

In Denemarken bestaat het lokale warmtebeleid uit twee sporen: een hoge prijs (ruim 1 euro per m³ gas) en de aanwysbevoegdheid van de gemeente van wijken voor warmteprojecten. Dit heeft geleid tot 60% van de woningen die op een warmtenet zijn aangesloten en dan goedkoper uit zijn dan met aardgas.

3 Personenvervoer

De totale energievraag van het wegverkeer in Nederland bedraagt ca. 650 PJ, waarvan driekwart voor rekening komt van personen- en bestelauto's. De rest is voornamelijk van vrachtauto's. Het totale energiegebruik van tweewielers, bussen en spoorvervoer is in verhouding zeer beperkt.

Op dit moment is het energiegebruik van het wegvervoer vrijwel volledig afkomstig uit fossiele bronnen. In benzine en diesel wordt ca. 5% aan biobrandstoffen bijgemengd.

² Op weg naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving, 2015.

Volledig klimaatneutraal vervoer kan via hernieuwbare elektriciteit of waterstof of met duurzame vormen van biobrandstoffen. Daarnaast passen ook niet gemotoriseerde vormen van vervoer (in het bijzonder fietsen) in een klimaatneutrale gebouwde omgeving.

Het is van belang te beseffen dat klimaat over het algemeen niet de belangrijkste drijfveer is voor het verduurzamen van (personen)mobilititeit, maar dat wel mee kan liften op andere motivaties. De belangrijkste drijfveren zijn over het algemeen:

- het tegengaan van gezondheidsschade door luchtvervuiling en geluidsoverlast;
- het verbeteren van de kwaliteit van de openbare ruimte (met name in stedelijk gebied) o.a. door het tegengaan van congestie en ruimtebeslag van automobilititeit;
- het stimuleren van een gezonde leefstijl en tegengaan obesitas door stimulering van actieve vervoerswijzen (lopen en fietsen).

Het stimuleren van (elektrisch) fietsgebruik, in het bijzonder voor verplaatsingen over kortere en middellange afstanden (tot ca. 15 km.) en van openbaar (spoor)vervoer (met name voor grote vervoersstromen tussen en binnen grote agglomeraties) past in een klimaatneutrale gebouwde omgeving, en draagt ook bij aan de andere doelen. Dit zijn daarom belangrijke elementen.

Tegelijk is helder dat het overgrote deel van de emissies afkomstig is van automobilititeit en dat ook op langere termijn maar een beperkt deel hiervan kan worden vervangen door andere vervoerswijzen. Dit betekent dat de omslag naar andere aandrijftechnologieën voor personen- en bestelauto's cruciaal zijn voor een klimaatneutrale gebouwde omgeving. Elektrische auto's maken momenteel een snelle ontwikkeling door, maar hebben de komende jaren nog wel (fiscale) stimulering of lokale privileges nodig om concurrerend te zijn. Waterstof zou op termijn ook een optie kunnen worden, maar het aanbod van modellen is nog erg klein en de kosten en het vrijwel volledig ontbreken van tankinfrastructuur zijn daarbij nog grote barrières.

Naast volledig klimaatneutrale mobiliteit kan ook een verschuiving naar steeds zuiniger benzine- en dieselauto's een belangrijke bijdrage leveren aan de CO₂-reductie van (personen)mobilititeit. Europese normstelling, ondersteund met (fiscale) stimulering zijn hiervoor de belangrijkste aanjagers. Ook lokale maatregelen als het differentiëren van parkeertarieven, milieuzones en duurzaam inkopen kunnen hierbij ondersteunen.

Ook biobrandstoffen worden op dit moment vooral top-down gestimuleerd (via eisen in de brandstofregelgeving). Er is veel discussie over de duurzaamheid van (sommige soorten) biobrandstoffen en de vraag in welke sectoren en vervoerswijzen de beschikbare biomassa het beste kan worden ingezet.

4 Kracht & Licht

In de huishoudens wordt ongeveer 25 TWh elektriciteit voor kracht en licht per jaar gebruikt. Enerzijds zullen in de komende jaren zuinigere apparaten worden gebruikt, anderzijds zullen nieuwe behoeften aan kracht/licht ontstaan (robotisering, ICT). Met zon, wind en biomassa wordt de elektriciteit in 2023 voor 35-45% hernieuwbaar. Dit komt overeen met 40-45 TWh per jaar.



Zon-PV	5 GW	4 TWh/jaar
Wind op land	6 GW	15 TWh/jaar
Wind op zee	6 GW	20 TWh/jaar
Biomassabijstook	25 PJ	7 TWh/jaar

In 2023 worden alle SDE+ subsidies betaald uit de ODE-heffing op de energierekening voor alle elektriciteit tot 50.000 kWh en voor gas tot 170.000 m³. De huishoudens betalen 2/3 deel van ODE-heffing (zie Bijlage B) en gebruiken dus vanaf 2023 elektriciteit volledig van hernieuwbare bronnen (2/3 deel van 45 TWh = 30 TWh). Ten onrechte claimen sommige bedrijven dat ze op groene stroom rijden of produceren. Ze betalen echter nauwelijks iets meer, de extra kosten worden door de kleinverbruikers betaald.

Na 2023 zal het aandeel hernieuwbare energie verder stijgen t.b.v. de overige delen van de gebouwde omgeving en bedrijven. Ook zal dan het elektriciteitsverbruik in de gebouwde omgeving stijgen door elektrische warmtepompen en elektrisch vervoer (beide naar verwachting met 10 TWh).

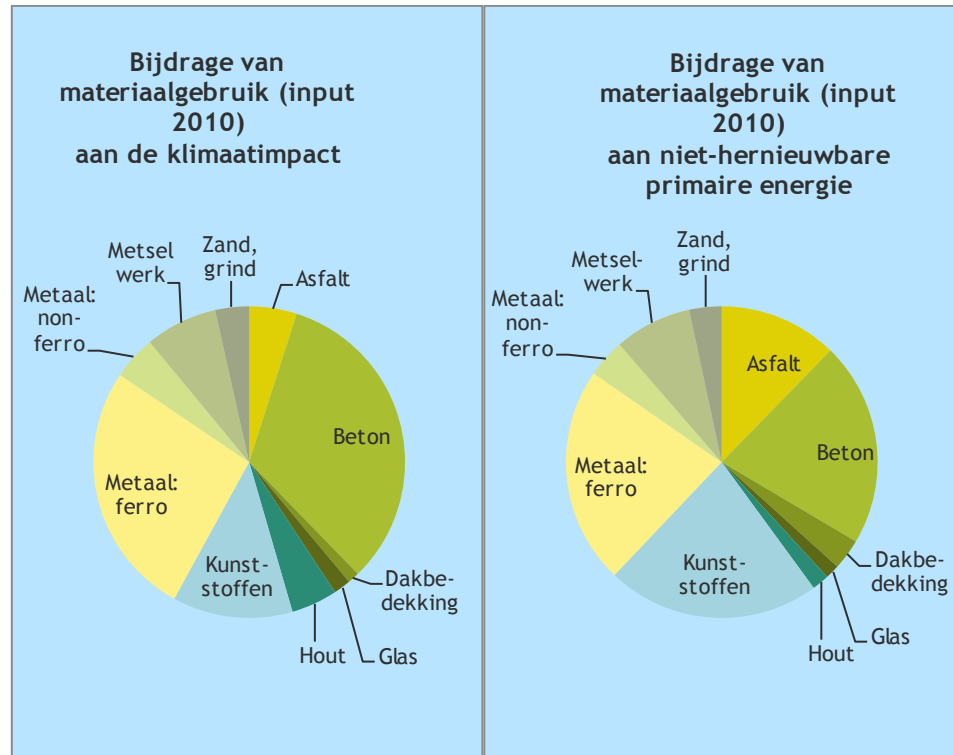
Alle elektriciteit, bij elkaar 45 TWh, kan geproduceerd worden uit hernieuwbare bronnen, waarbij na 2023 steeds meer hernieuwbare energie zal worden geïmporteerd. Zodra 45 TWh (inclusief warmtepompen en elektrisch vervoer) wordt opgewekt uit zon, wind en biomassa kan gesteld worden dat de kleinverbruikers klimaatneutraal zijn.

5 Duurzame materialen

Het meest lastige is om alle gebruikte materialen voor de gebouwen klimaatneutraal te maken, zowel technisch als beleidsmatig; wel is een forse besparing mogelijk. De GWW-sector heeft nog geen klimaatneutrale bouwmaterialen ontwikkeld. De grootste CO₂-emissies komen van beton, bakstenen en asfalt. In totaal is de klimaatimpact van de bouwmaterialen in Nederland 9,6 Mton per jaar. In Figuur 3 is aangegeven welke bouwmaterialen de grootste impact hebben. Het verschil in de twee figuren is dat het eerste is gerelateerd aan de CO₂-emissie en het tweede aan het gebruik van fossiele brandstoffen.



Figuur 3 Klimaatimpact bouwmaterialen



In het rapport 'Meten is weten' opgesteld voor Bouwend Nederland door CE Delft zijn de volgende aangrijpingspunten gegeven om de milieu-impact te verminderen:

- In het algemeen is het belangrijk om bij materiaalgebruik bewust om te gaan met de mogelijkheden per bouwfase: materiaalkeuze toegespitst op de functie in het ontwerp, keuze binnen materiaalcategorieën voor de minst belastende optie, en het mogelijk maken van hergebruik en recycling na afdanking van het bouwwerk. Dit sluit aan bij de 'Roadmap to a Resource Efficient Europe' (EC, 2011), waarin gestreefd wordt naar een circulaire economie.
- De betonsector is bezig met de ontwikkeling van een groot aantal duurzame(re) materialen in de Green Deal duurzaam beton. Belangrijk hierin is het gebruik van minder klinker in beton.
- Voor metalen vindt hergebruik en recycling plaats, wat een belangrijke verlaging van de impact tot gevolg heeft. Nieuwe technieken worden toegepast ter verlaging van impact tijdens productie. Daarnaast zou overwogen kunnen worden om de duurzaamheids certificering toe te passen op de best practice van productie van virgin metalen.
- Voor hout is het tegengaan van illegale kap door te kiezen voor duurzaam gecertificeerde productie het belangrijkste middel om de milieu-impact te verlagen.
- Vrijkomend asfalt wordt gerecycled in nieuw wegdek. Voor asfalt worden mogelijkheden aangegeven als het verlengen van levensduur, vermindering van energie door ontwikkeling van lage temperatuur asfalt en toepassen van dunnere tussenlagen.

Voor specifieke bouwmaterialen kan met de industrie een stappenplan naar klimaatneutrale productie worden afgesproken.

6 Gewoon doen!

Op lokaal niveau ontstaan steeds meer initiatieven die uit hernieuwbare bronnen (zon, wind, bodem) elektriciteit en warmte produceren. Door de sterk gedaalde prijs van zonnecellen en het systeem van salderen en het systeem van de postcoderoos, is het financieel haalbaar om kleine en grote collectieve projecten op te zetten. Steeds meer wordt lokaal een warmteproject opgezet. Niet alle elektriciteit voor de gebouwde omgeving kan lokaal worden geproduceerd, maar wel een groot deel. Door het succes van de PV-projecten staat de salderingsregeling onder druk en zal waarschijnlijk na 2020 verdwijnen. En dat is terecht omdat de zonne-elektriciteit niet dezelfde kosten uitspaart op nationaal niveau als de uitgespaarde kosten voor de kleinverbruiker. Met name de ongelijktijdigheid van gebruik (over het hele jaar, dag en nacht en iets meer in de winter) en productie (overdag, vooral in de zomer) vergt bij grote hoeveelheden PV-systemen opslagcapaciteit of andere nuttige toepassingen bij de industrie. De saldering van de ODE-heffing zal wel moeten blijven, want burgers en bedrijven met PV achter de meter leveren al hun bijdrage.

Lokale warmteprojecten in Denemarken laten zien dat vooral in de warmtemarkt nog veel rendabele en relevante mogelijkheden zijn.

Zodra er heldere incentives of regels zijn zullen lokale projecten een belangrijke bijdrage gaan leveren aan de klimaatneutrale warmtevoorziening. Dat zullen dan niet alleen meer de koplopers zijn maar ook commerciële partijen.

Lokale partijen zullen veel van de projecten voor een klimaatneutrale gebouwde omgeving moeten realiseren, maar zijn ook afhankelijk van de incentives (hoge CO₂-prijs) en regels die landelijk worden vastgesteld. Het is daarom belangrijk dat ook zij ijveren voor een hoge CO₂-prijs.



7 Coalitie voor CO₂-incentives

Om het energiegebruik van de gebouwde omgeving klimaatneutraal te krijgen is ingrijpend beleid nodig. Hoe zou zo'n effectief beleid er uit kunnen zien? Een coalitie van lokale groepen, belangenbehartigers voor specifieke maatregelen, milieuorganisaties, etc. kunnen gezamenlijk de volgende 6 stappen bepleiten om tot een klimaatneutrale gebouwde omgeving te komen.

1. De gebouwde omgeving wordt alleen klimaatneutraal als er generiek CO₂-instrumentarium komt en CO₂ een hoge prijs krijgt.
2. De warmtevraag kan nu snel veranderen door energiebesparing af te dwingen (verplicht label B in 2030) en daarnaast het aardgas te vervangen door groengas, elektriciteit en warmtelevering.
3. Elektriciteit voor de gebouwde omgeving is in 2023 klimaatneutraal door SDE+subsidie en de ODE-heffing.
4. Het personenvervoer zal zuiniger en schoner worden, niet alleen door elektrische auto's maar ook door zuinigere benzine en dieselauto's.
5. De belangrijkste bouwmaterialen kunnen stapsgewijs klimaatneutraal worden door afspraken te maken met de Nederlandse producenten.
6. Gewoon doen!

Warmte

De veranderingen zullen niet vanzelf gaan, er is een incentive nodig om gebouweigenaren, autobezitters, gemeenten en netbeheerders energiebesparingsmaatregelen en hernieuwbare energie te nemen.

Voor de verwarming van de gebouwde omgeving zijn de volgende beleidsstappen nodig tot 2030 om klimaatneutraal te worden:

- Verhogen van de aardgasprijs voor verbruik tot 1 miljoen m³ tot circa € 1 per m³ door een extra belasting van 50 €ct/m³ inclusief BTW.
- Verplichting voor energieleveranciers om aardgas te vervangen door groengas voor levering tot 1 miljoen m³, deze is vrijgesteld van de extra heffing
- Energiebesparingsprogramma's door gemeenten, netbeheerders en energieleveranciers met als doel een gemiddelde besparing van 25% op de warmtevraag aan de meter. Met name voor de laagste inkomensgroepen zal dit nodig zijn om de stijgende kosten van energie te kunnen dragen.
- Ontwikkelen van lokale warmteprojecten (zie bijlage A Mijn Warmte).

Bouwmaterialen

Voor het materiaalgebruik in de gebouwde omgeving zijn de volgende beleidsstappen nodig tot 2030:

- bouwproducten kunnen door het Rijk worden aangewezen om binnen 15 jaar klimaatneutraal te worden;
- de bouwsector zorgt voor een plan van aanpak en alle leveranciers moeten aan deze stappen voldoen.

Elektriciteit

Voor het elektriciteitsgebruik in de gebouwde omgeving zijn de volgende beleidsstappen nodig tot 2030:

- Al het elektriciteitsverbruik tot 50.000 kWh per aansluiting (inclusief snelladen van elektrische auto's) is in 2030 volledig afkomstig uit hernieuwbare bronnen.
- De verbruikers betalen hiervoor de ODE-heffing of nemen zelf maatregelen achter de meter. De ODE-heffing moet gesaldeerd kunnen blijven worden.



Personenvervoer

In de transportsector zal ook een beleid worden gevoerd om de klimaat-emissies die kunnen worden toegerekend aan de gebouwde omgeving te voorkomen:

- Alle voertuigen in de steden zijn aangedreven door elektriciteit, waterstof, zodat geen CO₂ én geen schadelijke lokale emissies vrijkomen.

Warmtevraag	Personenvervoer	Bouwmaterialen	Elektriciteit
			
<ul style="list-style-type: none"> - 25% Energiebesparing - Aardgas € 1 per m³ - 100% groengas - Stadsverwarming - Lokale warmte-coöperaties - Minimaal Label B 	<ul style="list-style-type: none"> - Waterstof / elektrische auto's door beprijzing - Geen benzine en dieselauto's in steden - Meer fietsen 	<ul style="list-style-type: none"> - Afspraken voor beton en bakstenen 	<ul style="list-style-type: none"> - Elektriciteit tot 50.000 kWh verplicht CO₂-vrij in 2030 - Via SDE+ of via verplichting

Aanleiding

In 2003 is de gemeente Heerlen gestart met het ambitieuze project om hernieuwbare, geothermische energie uit de oude mijnen te gebruiken voor de warmtevoorziening van de stad. In 2008 werd de eerste mijnwaterenergie-centrale ter wereld geopend en zijn de eerste aansluitingen van gebouwen op het warmtenet gerealiseerd.

Sindsdien is er veel veranderd. Mijnwater 1.0 is inmiddels 2.0 geworden (3.0 is in ontwikkeling) en de scope is vergroot van het benutten van de geothermische energie uit de mijnen tot het benutten van alle nuttige energiestromen in Heerlen, cascadering van warmte en het slim aansturen van warmtevraag en -aanbod op verschillende temperatuurniveaus.

Mijnwater is niet meer een project dat alleen gebruik maakt van de unieke situatie in Heerlen, maar gebruik wil maken van alle mogelijkheden die de omgeving biedt voor een uitgebalanceerd warmtenet. Hiervoor zijn de afgelopen periode veel nieuwe ideeën en inzichten verworven en reeds toegepast. Deze inzichten reiken verder dan technische oplossingen, maar zijn organisatorisch en financieel van aard.

De essentie van Mijn Warmte (op basis van Mijnwater-Heerlen):

- vertrekpunt is de vraag naar warmte en koude op de betreffende locatie;
- de warmtevraag op uurbasis is leidend, waarbij energiebesparende maatregelen worden getroffen;
- de warmte wordt geleverd op een laag temperatuurniveau en kan in het gebouw zo nodig naar een hoog temperatuurniveau worden gebracht (tapwater);
- zoveel mogelijk lokale warmtebronnen en buffers worden gebruikt om in de vraag te voorzien, regelapparatuur speelt daarbij een belangrijke rol;
- klanten krijgen warmte/koude tegen een vast tarief met een prikkel om energie te blijven besparen;
- meerdere warmtebronnen zijn mogelijk van bodemwarmte tot restwarmte.

Doel

Voor de verduurzaming van de warmtevoorziening zal het leveren van verschillende soorten warmte/koude steeds belangrijker worden. Het ministerie van EZ heeft duidelijk aangegeven in de Warmtevisie van 2 april jl.

Aanpak

Om in 15 jaar 1.000 projecten te realiseren zullen er volgend jaar al 10 projecten moeten starten. In verschillende gemeenten die echt aan de slag willen en willen leren van de opmerkelijke resultaten in Heerlen.

De vraag is wat daar voor nodig is?

Om het concept te verspreiden moet het een helder concept zijn, andere initiatiefnemers moeten het snappen. Ze moeten niet opnieuw het wiel uitvinden, maar met een soort stappenplan in hun specifieke situatie het concept uitrollen. Daarnaast moet duidelijk zijn onder welke voorwaarden het concept aantrekkelijk is voor alle van belang zijnde partijen en wat er eventueel gedaan kan worden om die randvoorwaarden te optimaliseren. Bovendien moeten de initiatiefnemers geholpen worden bij het opzetten van de ervaringen in Heerlen, maar ook in de andere negen locaties. De ervaringen moeten gedeeld worden zodat het realiseren zo soepel mogelijk verloopt en daarna op nog meer plaatsen uitvoerbaar is.

Om dit te bereiken onderscheiden we drie niveaus:

1. Omschrijving van het concept Mijn Warmte.
2. Lokale initiatieven.
3. Institutionaliseren en opschaling.

1. Omschrijving Mijn Warmte

Voor reproduceerbaarheid is het opstellen van een casestudy/ businesscase voor een fictieve locatie in Nederland noodzakelijk. Door het opstellen van een casestudy/business case voor een fictieve locatie wordt enerzijds beschreven hoe het concept werkt en worden de activiteiten indirect gevalideerd en wordt anderzijds inzichtelijk gemaakt welke onderdelen van Mijnwater, onder welke randvoorwaarden, geschikt zijn voor een bredere toepassingen buiten de specifieke locatie in Heerlen.

Voor de fictieve locatie worden de activiteiten van Mijnwater 3.0 op een heldere manier in kaart gebracht en worden de fysieke en financiële stromen in beeld gebracht. Hierbij wordt aandacht besteed aan technische aspecten, ook t.a.v. eisen die gesteld worden aan de gebouwde omgeving, financiële en organisatorische randvoorwaarden om het voor de vraagkant aantrekkelijk te maken, de kapitaalkant, het verdienmodel en bedrijfsorganisatievraagstukken. De business case laat zien aan welke randvoorwaarden een bepaalde locatie moet voldoen om voor de vraagkant aantrekkelijk en bedrijfsmatig rendabel te zijn en illustreert daarmee automatisch of en waar het concept reproduceerbaar is.

Daarnaast wordt aandacht besteed aan de organisatie en competenties die nodig zijn om het systeem commercieel en technisch te ontwikkelen en te beheren.

De lijn van het verhaal is hoe een MijnWarmte-project eruit ziet, welke essentiële randvoorwaarden gelden en wat er nodig is om aan die randvoorwaarden te voldoen, met als praktijkvoorbeeld het Mijnwater-project in Heerlen.

2. Lokale realisatie koplopers

Tien lokale initiatieven

Nadat het concept is beschreven kunnen locaties worden gezocht die aan de eisen voldoen om in principe een rendabel warmteproject op te zetten. Eventueel noodzakelijke bouwkundige aanpassingen om aan die eisen te voldoen zijn daarbij onderdeel van een warmteproject. Lessen uit Denemarken en Heerlen laten zien dat naast een 'offer you can't refuse', een goed lokaal draagvlak noodzakelijk is om warmteprojecten te realiseren. Minimaal de gemeente, maar liefst een lokale groep warmte/koudevragers/aanbieders moet het project dragen. Hierbij kan enerzijds worden aangesloten op beleidsdoelen van gemeenten (klimaatgemeenten) en van het Rijk (Warmtevisie, april 2015), en anderzijds op ambities van lokale groepen die duurzame energieprojecten willen realiseren (zoals Buurt zoekt warmte, Amsterdam).

Er zal samenwerking gezocht worden met partijen om tien kansrijke initiatieven te entameren en aan te sluiten op al aanwezige potenties. Daarbij wordt gedacht aan netwerkbedrijven, warmtebedrijven en Hier Opgewerkt (als vertegenwoordiger van lokale initiatieven). Parallel hieraan zal geïnventariseerd worden welke marketingbenadering in deze situaties kansrijk is om dat draagvlak ook te activeren en te vergroten.

Implementatie

Voor het overtuigen van lokale partijen van de kansen die Mijn Warmte te bieden heeft, is meer nodig dan een statische beschrijving van het concept en de businesscase. Daarom is er ook op het niveau van implementatie specifieke



input nodig voor partijen die daadwerkelijk met de projecten aan de slag gaan. Voor de business-kant gaat het om het doorrekenen van specifieke situaties, waarbij volgens een vast stramien inzichtelijk wordt gemaakt wat de (raming van de) kosten is, welke besparingen behaald kunnen worden en hoe de lasten en lusten worden verdeeld over de partijen. Er zal een eenvoudig rekenmodel worden opgezet om snel een eerste scan te kunnen uitvoeren. Voor de klantzijde dient vertrouwen gecreëerd te worden in de transparantie en objectiviteit van het rekenmodel, door ze vanaf het begin te informeren en te betrekken bij het Mijn Warmte-project. Partijen die zich daarvoor lenen zijn NEPROM, IVBN, VEH, Aedes, Woonbond.

3. Institutionaliseren en opschaling

Dissimulatie

Het concept van Mijn Warmte is voldoende algemeen om in elke gemeente een aantal keer toe te passen. Er zijn in Nederland 12.000 buurten, waarvan op termijn in 6.000 daarvan één of andere vorm van warmtelevering de meest rendabele optie is om te voorzien in de koude/warmtevraag³. Een deel daarvan zal met grootschalige restwarmte gebeuren, maar een zeer groot deel zal met lokale warmtebronnen werken. Hiervoor is het concept van Mijn Warmte uitermate geschikt.

De gestandaardiseerde aanpak die in stap 1 wordt beschreven zal door verschillende advies- en installatiebureaus worden geconcretiseerd (zoals dat in de jaren 90 gebeurde met de EPL-energieberekeningen voor VINEX-locaties). Denkbaar is dat via een RVO-subsidie gemeenten, corporaties en andere initiatiefnemers een gestandaardiseerde aanpak voor een specifieke situatie kunnen uitwerken.

Kennis

In eerste instantie zullen initiatiefnemers, adviseurs en installateurs opgeleid moeten worden om het concept Mijn Warmte in de praktijk te brengen. Hierbij gaat het om technische kant van een Mijn Warmte-project (welke vraag, welke bronnen) en om de procesmatige kant (hoe krijg ik voldoende commitment om te kunnen investeren). Vervolgens zal geleerd moeten worden van lokale ervaringen met techniek en proces. Intervisie en expliciteren van verbeterpunten is daarbij de beste manier om steeds betere projecten te gaan realiseren.

Algemene condities

Er is nog zeker een aantal locaties waar nu al rendabel Mijn Warmte-projecten kunnen worden gerealiseerd, maar om 50% CO₂ te reduceren in 2030 zullen de condities voor leveren van warmte en koude in de gebouwde omgeving moeten veranderen. Het ministerie van EZ heeft met de Warmtevisie van 2 april 2015 al aangegeven dat warmtelevering en het marktmodel daarbij volledige steun gaan krijgen. Door mee te denken over het aanpassen van de algemene condities voor gebouwverwarming/koeling kunnen in meer lokale situaties MijnWarmte-projecten renderen. Hierbij moet gedacht worden aan het duurder maken van het huidige alternatief voor verwarming: de aardgas CV door aardgas sterker te belasten (hogere energiebelasting, extra CO₂-belasting) of een minimaal energielabel B en lage temperatuur verwarming te eisen voor alle gebouwen in 2030. Een lobby-traject is noodzakelijk om de algemene condities voor Mijn Warmte-projecten te verbeteren.

³ CE Delft heeft recent een studie voor GasTerra uitgevoerd naar het verwarmen van de gebouwde omgeving zonder klimaatmissies. Hieruit blijkt dat circa 50% van de gebouwen met een vorm van warmtelevering kunnen worden verwarmd, 25% met groengas en 25% met een individuele elektrische warmtepomp.



B.1 Wet opslag duurzame energie (ODE)

De opslag duurzame energie heffing (ODE-heffing) is ingevoerd op 1 januari 2013 om de investering in duurzame energie te stimuleren. Het doel van deze nieuwe belasting is om de subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE+ regeling) te financieren. De subsidieregeling SDE+ stimuleert de productie van duurzame energie (elektriciteit, gas of warmte) die relatief goedkoop is op te wekken. De SDE+ is voor de overheid een belangrijk instrument om de duurzaamheidsdoelstellingen in 2020 te halen. Het tarief voor deze opslag geldt per kilowattuur (kWh) voor alle stroomproducten en per kubieke meter (m³) voor alle gasproducten (Wet opslag duurzame energie, Art. 1, lid 1).

B.2 Andere energiebelastingen

Naast de ODE-heffing zijn er andere energiebelastingen onderdeel van de energierekening. Energiebelastingen worden door de energiebedrijven in rekening gebracht en afdragen aan de overheid. De overheid heft - naast ODE-heffing, energiebelasting en BTW op het gebruik van energie.

Energiebelasting

Energiebelasting (EB), eerder de regulerende energiebelasting (REB) genoemd, is een overheidsheffing op het gebruik van energie. In 1996 werd de REB voor het eerst ingevoerd met als doel energiebesparing te stimuleren. Iedere verbruiker die is aangesloten op een elektriciteits- en/of gasnet is verplicht tot het betalen van EB over de geleverde elektriciteit en/of gas. De hoogte van de EB is afhankelijk van de situatie achter de netaansluiting. Ook de teruggave energiebelasting is een onderdeel van de overheidsheffing (de teruggave wordt verrekend met de belasting op elektriciteit⁴). Het tarief voor deze belasting geldt per kWh voor alle stroomproducten en per m³ voor alle gasproducten.

BTW

Belasting over de toegevoegde waarde is een indirecte belasting die de overheid heft op de verkoop van producten of diensten. Sinds 1 oktober 2012 is de BTW voor energieproducten 21%. Deze wordt ook over de energiebelasting berekend.

B.3 ODE-heffing op warmte?

De ODE-heffing wordt niet rechtstreeks geheven op warmteproducten. Conform het niet-meer-dan-anders (NMDA) beginsel mag warmtelevering immers de gasprijs volgen. Dit principe beschermt de consument bij lage gasprijzen tegen doorwerking van de dan hogere kosten van stadsverwarming in de warmtetarieven. Aan de andere kant wordt bij de berekening van de warmteprijs per eenheid de aardgasgasprijs gebruikt, door verhogingen van de aardgasprijs voor kleinverbruikers wordt de warmteprijs dus hoger. De

⁴ De gedeeltelijke teruggave van de energiebelasting heet heffingskorting energiebelasting. Deze korting is € 311,84 per jaar excl. BTW per elektriciteitsaansluiting en geldt alleen voor locaties met een verblijffunctie, zoals een woonhuis of kantoor. Voor elektriciteitsaansluitingen zonder verblijffunctie is de (beperkte) heffingskorting vervallen sinds 1 januari 2015.

invoering van energiebelastingen op kleinverbruik aardgas zorgt daarom indirect voor een verhoging van de tarieven voor stadsverwarming.

B.4 Huidige tarieven

In de meest voorkomende situaties betaalt de verbruiker de energiebelasting en ODE-heffing volgens een degressief systeem (het tarief wordt lager naarmate het verbruik stijgt).

Tabel 1 Energiebelasting en ODE-heffing Aardgas (excl. BTW)

Aardgasverbruik m ³	Energiebelasting (€/m ³)	ODE-heffing (€/m ³)	Totaal (€/m ³)
0-170.000*	0,1911	0,0074	0,1985
170.000-1 mln	0,0677	0,0028	0,0705
1 mln - 10 mln	0,0247	0,0008	0,0255
Blokverwarming**	0,1911	0,0074	0,1985

* Sinds 1 januari 2013 zijn de 1e schijf (1-5.000 m³) en de 2e schijf (5.000-170.000 m³) van de energiebelasting voor gas samengevoegd.

** Van blokverwarming is sprake wanneer een gasaansluiting gebruikt wordt voor een gemeenschappelijke voorziening, voor de verwarming van meer dan één onroerende zaak (bijv. appartementen, - kantoren, - en zorgcomplexen). Ook wanneer een complex bestaat uit meerdere gebouwdelen met ieder een eigen WOZ-beschikking is er sprake van blokverwarming. Opgave van 'blokverwarming' blijft belangrijk in verband met eventuele toekomstige veranderingen.

Bron: Wet opslag duurzame energie, Art. 2

Tabel 2 Energiebelasting en ODE-heffing Elektriciteit (excl. BTW)

Elektraverbruik kWh	Energiebelasting (€/kWh)	ODE-heffing (€/kWh)	Totaal (€/kWh)
0-10.000	0,1196	0,0036	0,1232
10.001-50.000	0,0469	0,0046	0,0515
50.001-10 mln	0,0125	0,0012	0,0137

Bron: Wet opslag duurzame energie, Art. 3.

B.5 Prognose ODE-tarieven

De ODE-heffing is sinds de invoering jaarlijks omhoog gegaan voor zowel klein- en grootverbruikers (tabel 3). Eveneens gaat de ODE-heffing de komende jaren flink stijgen. Voor gas gaat de heffing omhoog van € 0,0074 nu naar € 0,0113 per m³ in 2016 voor kleinverbruikers. En bij elektriciteit stijgt de heffing van € 0,0036 nu naar € 0,0056 per kWh in 2016. Een toename van meer dan 50% voor zowel gas als elektriciteit (zie Tabel 3 en Tabel 4). Voorlopig is dit nog een kleine factor voor prijsstijgingen maar dat gaat oplopen, het gemiddeld effect van de ODE voor bijvoorbeeld huishoudens is € 30 per jaar per huishouden, dit zal oplopen tot € 353 in 2031.

Het vorige kabinet heeft er voor gekozen om de SDE+ uitsluitend uit de SDE+ opslag (ODE-heffing) te bekostigen. De opbrengsten voor de SDE+ via de ODE-heffing moeten in snel tempo stijgen (zie tabel 4) en dus ook de tarieven. Tabel 5 geeft inzicht in de oploop van de uitgaven die samenhangen met de stimulering van duurzame energie. De oploop naar € 1,4 miljard was afgesproken in het vorige kabinet. Dit kabinet zet in op een aandeel van 16%



duurzame energie in 2020. Voor 2050 streeft het kabinet in internationaal verband naar een volledig duurzame energievoorziening. Voor het realiseren van de ambitie van 16% duurzame energie in 2020 zijn middelen gereserveerd in het Regeerakkoord oplopend tot structureel € 3,8 miljard per jaar in 2020. Het plafond van € 3,8 miljard geldt ook in de periode daarna (tot 2031).

Tabel 3 ODE-heffing aardgas toename (excl. BTW)

Aardgasverbruik m ³	ODE-heffing 2015 (€/m ³)	ODE-heffing 2016 (€/m ³)	Percentuele toename
0-170.000*	0,0074	0,0113	+53%
170.000-1 mln	0,0028	0,0042	+50%
1 mln - 10 mln	0,0008	0,0013	+63%
blokverwarming	0,0074	0,0113	+53%

Bron: Wet opslag duurzame energie, Art. 2.

Tabel 4 ODE-heffing elektriciteit toename (excl. BTW)

Elektraverbruik kWh	ODE-heffing 2015 (€/kWh)	ODE-heffing 2016 (€/kWh)	Percentuele toename
0-10.000	0,0036	0,0056	+56%
10.001-50.000	0,0046	0,007	+52%
50.001-10 mln	0,0012	0,0019	+58%

Bron: Wet opslag duurzame energie, Art. 3.

Tabel 5 Geraamde kasuitgaven MEP, SDE, SDE+ en gevolgen voor de lastenontwikkeling 2013-2031

	Geraamde kasuitgaven € milj MEP	Geraamde kasuitgaven € milj SDE	Geraamde kasuitgaven € milj SDE+	Gem. effect per huishouden € pj incl. 21% btw
	(Dekking uit de algemene middelen)		(Dekking via opslag)	
2013	555	245	100	9
2014	492	426	200	19
2015	388	564	320	30
2016	293	687	490	45
2017	204	707	875	81
2018	75	705	1 620	150
2019	54	705	2 460	228
2020	52	704	3 060	284
2021	13	701	3 102	288
2022		692	3 124	290
2023		664	3 152	293
2024		608	3 208	298
2025		560	3 256	302
2026		532	3 284	305
2027		504	3 312	307
2028		475	3 341	310
2029		294	3 522	327
2030		98	3 718	345
2031		15	3 801	353

Bron: Kamerstuk 33115 (2012).

De huishoudens betalen gezamenlijk € 2,5 miljard in 2030, oftewel 2/3 deel van de totale kosten van de SDE+.

Bijlage C Literatuur

Deze notitie is tot stand gekomen op verzoek van HIER en gebaseerd op divers onderzoek van CE Delft. De belangrijkste onderzoeken zijn hieronder vermeld:

Verwarming gebouwen

Energiebesparing bestaande koopwoningen, 2013, in opdracht van Natuur & Milieu

www.ce.nl/publicatie/energiebesparing_bestaande_koopwoningen/1417

Op weg naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving, 2015, in opdracht van GasTerra

www.ce.nl/publicatie/op_weg_naar_een_klimaatneutrale_gebouwde_omgeving_2050/1638

Gas in de toekomst: minder en groen, 23 november 2015

www.ce.nl/ce/gas/741

Personenvervoer

Brandstoffen wegverkeer, 2015

www.ce.nl/ce/brandstoffen_wegverkeer/716

Goedkopere stroom door slim laden EVs, 2015, in opdracht van RVO.NL

www.ce.nl/publicatie/goedkopere_stroom_door_slim_laden_van_evs/1670

Elektriciteit

Denktank Vernieuwing Energiemarkt, 2015, diverse opdrachtgevers

www.ce.nl/ce/denktank_vernieuwing_energiemarkt/918

Verschuiving energiebelasting, 2015, in opdracht van Eneco

www.ce.nl/publicatie/verschuivingen_energiebelasting_verkenning_effecten/1647

Bouwmaterialen

Metten is weten, 2014, in opdracht van Bouwend Nederland

www.ce.nl/publicatie/meten_is_weten_in_de_nederlandse_bouw/1486

Algemeen

Scenario's 2030, 2014, in opdracht van Netbeheer Nederland

www.ce.nl/publicatie/scenario-ontwikkeling_energievoorziening_2030/1490

