



De
warmtetransitie
in een
stroomversnelling:
een leidraad voor
gemeenten en
stakeholders



Module 4

Technologische keuzes,
data en kaarten voor duurzame verwarming

Interreg 
2 Seas Mers Zeeën
SHIFFT



SUSTAINABLE HEATING: IMPLEMENTATION OF FOSSIL-FREE TECHNOLOGIES

1

INLEIDING:

Dit is het vierde deel van een serie waarin we onderzoeken hoe gemeenten de verduurzaming van verwarming op lokaal niveau kunnen versnellen.

Dit is het vierde deel van een serie waarin we onderzoeken hoe gemeenten de verduurzaming van verwarming op lokaal niveau kunnen versnellen. Het is een product van het door EU Interreg 2 Zeeën gefinancierde project SHIFFT Sustainable Heating: Implementation of Fossil-Free Technologies (Duurzame verwarming: implementatie van fossielvrije technologieën). Deze module gaat over de technische basis van de manier waarop steden en lokale overheden, burgers en belanghebbenden kunnen werken aan visies en plannen voor klimaatneutrale verwarming.

In deze module ligt de nadruk op de technische en fysieke aspecten van de transitie van fossiele naar duurzame verwarming. In het eerste deel de redenen waarom we onze verwarmingssystemen in de gebouwde omgeving moeten omschakelen naar duurzame bronnen. Het tweede deel geeft een overzicht van technologische keuzes en strategieën en is bedoeld om te helpen beslissingen over technologie te nemen.

Dit document is onderdeel van een vierdelige serie met advies over hoe de warmtetransitie in steden kan worden versneld. Module 1 in deze serie gaat over de rol van gemeenschappen en de noodzaak van een co-creatieproces waardoor de meningen van de bewoners centraal staan in gemeentelijke planning voor de verschuiving naar klimaatneutrale verwarming. Module 2 behandelt het scala van financiële instrumenten en de toepassing ervan. Module 3 richt zich op strategieën voor stadsverwarming, regulering en andere niet-financiële beleidsinstrumenten. Alle andere modules zijn beschikbaar op de website van SHIFFT: <https://shiffproject.eu>

INHOUD

pagina

2 - 5 **Technologie van de warmtetransitie**

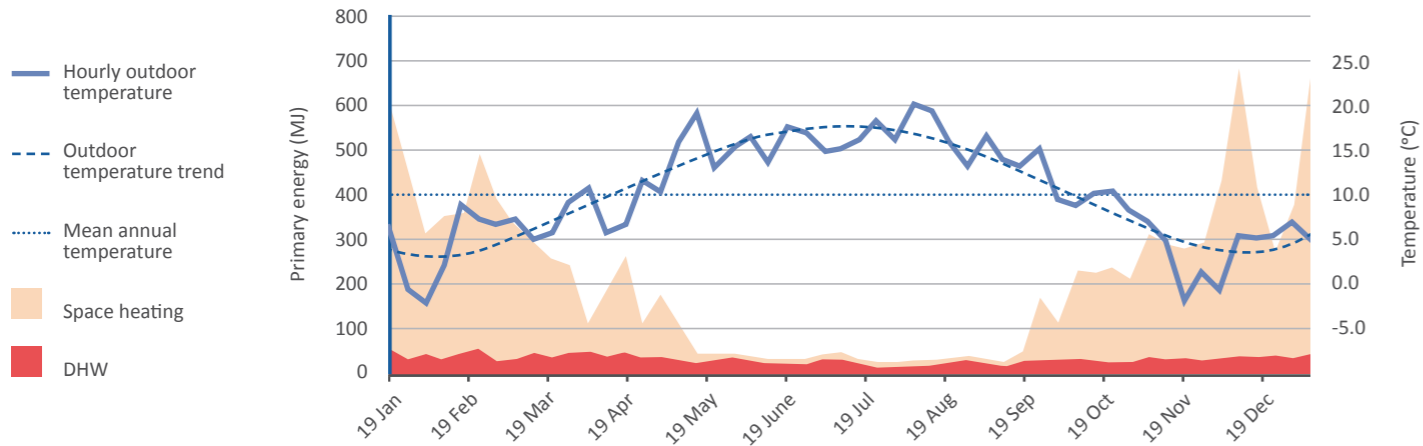
6 - 32 **Technologische strategieën**

1.1 WAT VERWARMEN WE?

In het gematigde klimaat van Noordwest-Europa hebben gebouwen een verwarmingssysteem nodig voor twee doelen: thermisch comfort en warm tapwater (WTW) / sanitair warm water (SWW).

Thermisch comfort houdt de binnenruimtes van een gebouw op een comfortabel temperatuurniveau. Dit betreft verwarming, maar vanwege de klimaatverandering ook steeds meer koeling. In deze module richten we ons echter op verwarming.

Warm tapwater of sanitair warm water wordt over het algemeen gebruikt voor schoonmaken, vaatwassen, douchen en baden. Omdat legionellabacteriën goed gedijen in warme maar niet te hete omgevingen, moet de temperatuur van een WTW/SWW-systeem boven een bepaald temperatuurniveau worden gehouden. Dit wordt gewoonlijk bepaald door landelijke wetgeving. In Nederland moet de watertemperatuur bijvoorbeeld lager zijn dan 25 °C



Figuur 1. Vraag naar verwarming en warm water. De warmtevraag en de buitentemperatuur zijn ongeveer spiegelbeelden: de ononderbroken blauwe lijn is de buitentemperatuur per uur, de gestippelde curve is de trendlijn en de rechte stippellijn is de gemiddelde jaarlijkse temperatuur van 10°C. (PLANHEAT, 2018)

voor koud water of hoger dan 65 °C voor warm water; in het Verenigd Koninkrijk zijn deze grenswaarden lager dan 20 °C en hoger dan 50 °C. Temperaturen lager dan de limiet voor heet water zijn onder bepaalde voorwaarden toegestaan als er regelmatig een thermische puls wordt uitgevoerd (bijvoorbeeld één keer per week de temperatuur tot boven 60 °C verhogen).

Seizoensgebonden veranderingen: Van deze twee doelen vereist thermisch comfort de meeste energie op jaarbasis, maar de vraag verandert met de seizoenen. Voor de meeste gebouwen zal de warmtevraag naar thermisch comfort in de zomer nul zijn en in de winter hoog. Figuur 1 toont ruimteverwarming en WTW/SWW-gebruik voor een woning in het zuiden van Nederland. De warmtevraag en de buitentemperatuur zijn ongeveer spiegelbeelden: de ononderbroken blauwe lijn is de buitentemperatuur per uur, de gestippelde blauwe curve is de trendlijn, en de rechte blauwe stippellijn is de gemiddelde jaarlijkse temperatuur van 10 °C.

Het gebruik van gebouwen is ook belangrijk. Woningen zullen bijvoorbeeld een ander soort gebruik hebben dan kantoren, zorginstellingen, ziekenhuizen of fabriekshallen. Hoeveel ruimteverwarming en WTW/SWW worden gebruikt, en wanneer in de loop van het jaar zal verschillen per type gebouw.

De warmtevraag kan ook in de loop van de tijd veranderen.

De huidige warmtevraag is het uitgangspunt, maar renovatie, gedragsverandering en sloop kunnen leiden tot een kleinere vraag, en nieuwbouw kan leiden tot een grotere vraag. Zie paragraaf 2.3.2 voor meer informatie hierover.



1.2 WAAROM DE TRANSITIE NAAR DUURZAME ENERGIEBRONNEN?

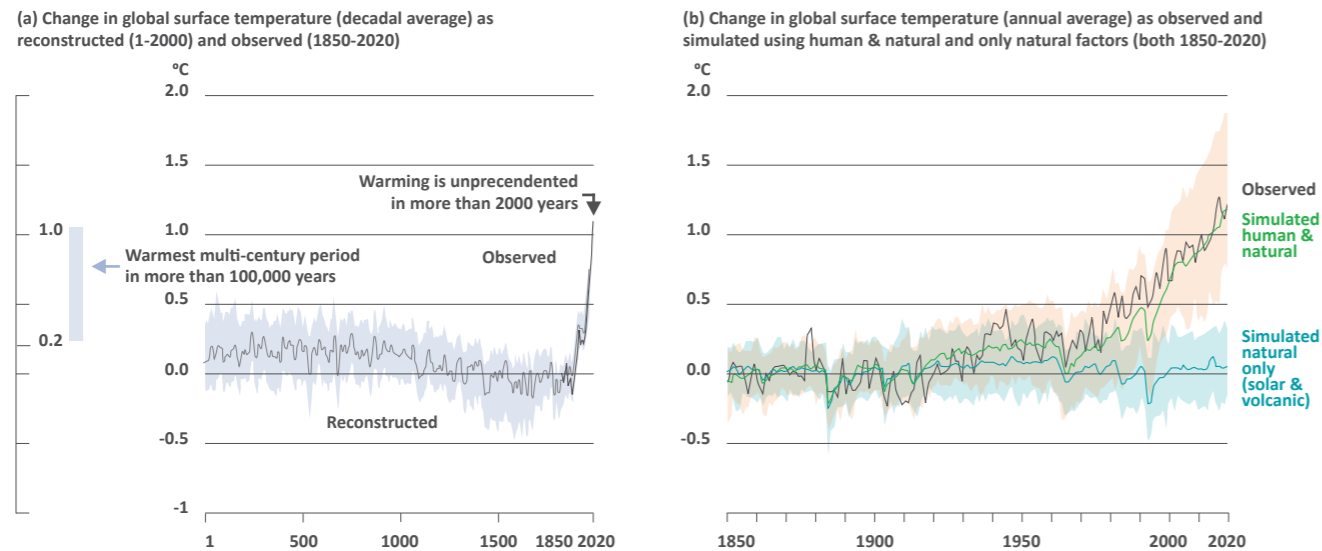
Hoewel de meeste mensen bekend zijn met de redenen waarom een transitie naar een volledig op duurzame energiebronnen gebaseerd verwarmingssysteem noodzakelijk is, geeft dit gedeelte een korte inleiding op de belangrijkste drijfveren. Verwarmingstechnologieën voor gebouwen spelen een belangrijke rol bij het veroorzaken en voorkomen van klimaatverandering. Omdat zowel het klimaat als de toeleveringsketens van fossiele energie mondiaal zijn, is het nodig om naar de grotere schaal te kijken, ook bij het vormen van lokale plannen. Oftwel, act global by acting local

Het klimaat van de aarde verandert te snel

Over lange perioden van tienduizenden tot honderdduizenden jaren is klimaatverandering een natuurlijk proces. In dit langzame tempo kon het leven zich ontwikkelen en zich aanpassen aan deze veranderingen. Maar door menselijke activiteiten verandert het klimaat nu met een snelheid van een paar honderd jaar, en de snelheid van die verandering blijft toenemen. Dit, in combinatie met een groeiende menselijke bevolking, en onze afhankelijkheid van een veilige leefomgeving, voldoende voedselproductie en schoon water, maakt het voor de ecosystemen van de aarde steeds moeilijker om zichzelf en de mensen die ervan leven te ondersteunen.

BOX 1: HUMAN INFLUENCE HAS WARMED THE CLIMATE AT A RATE THAT IS UNPRECEDENTED IN AT LEAST THE LAST 2000 YEARS

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900



Figuur 2. Het meest recente IPCC-rapport verbindt de abnormaal snelle mondiale stijging van de oppervlaktetemperatuur in de afgelopen 150 jaar rechtstreeks met menselijke activiteiten. Bron: IPCC, 2021

Menselijke activiteiten zijn de voornaamste oorzaak

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) van de Verenigde Naties brengt duizenden deskundigen op verschillende gebieden bijeen, en beoordeelt de toestand van de klimaatverandering om de zes tot zeven jaar. In hun meest recente rapporten stellen ze dat de versnelde klimaatverandering zoals we die nu ervaren in overweldigende mate wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten, vooral de uitstoot van broeikasgassen door het verbranden van fossiele brandstoffen. We zijn dus ook in staat om onze impact op het klimaat sterk te verminderen door over te schakelen op schone energiebronnen.

De gebouwde omgeving kan een belangrijke rol spelen

Verwarming en koeling vormen ongeveer de helft van de energievraag in de EU. De gebouwde omgeving gebruikt daarvan 45% (Europese Commissie, 2016), en veel daarvan is nog steeds gebaseerd op fossiele brandstoffen (waardoor 37% van de broeikasgasemissies wordt veroorzaakt). Het veranderen van de warmte- en koelingsbronnen in de gebouwde omgeving kan daarom een grote impact hebben.



En het is een kwestie van vertrouwen (of: energiezekerheid)

Hoewel in het verleden op veel plaatsen steenkool werd gewonnen (en Nederland op de grootste gasbel van Europa zit, zie hieronder), worden de meeste niet-duurzame brandstoffen die in Nederland, België, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk worden gebruikt, nu geïmporteerd. De meeste olie-, gas-, uranium- en kolenvoorraden van de wereld liggen buiten Europa.

De energiecrisis van 2022, en andere wereldwijde crises sinds 1973, hebben duidelijk gemaakt dat deze afhankelijkheid Europa kwetsbaar maakt voor prijsschommelingen, boycots, oorlogen en zelfs sabotage. Meer lokale energiebronnen, waar bijna alle duurzame energie onder valt, kunnen helpen deze afhankelijkheid sterk te verminderen en de energievoorziening zowel veilig als betaalbaar te maken op de lange termijn.

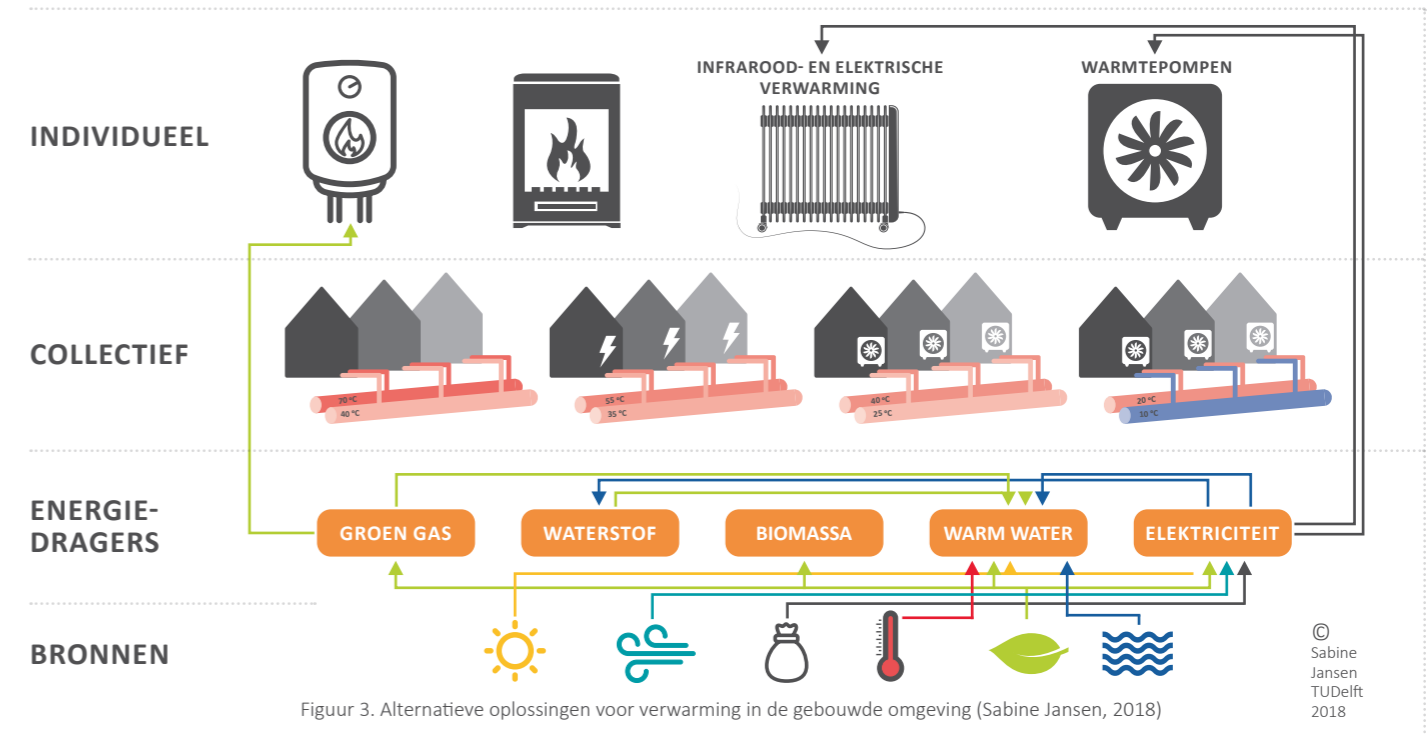
Nederland heeft de afgelopen tien jaar bovendien ervaringen opgedaan met de veiligheid van de energiewinning – de drukdaling in het enorme gasveld van Slochteren, als gevolg van een halve eeuw van aardgaswinning, veroorzaakt steeds meer aardbevingen (actuele kaart hier: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/aardbevingen> - er zal een cluster bevingen in het noordoosten zichtbaar zijn). Geologische instabiliteit in verlaten kolenmijnen veroorzaakt ook aardbevingen in de provincie Limburg, hoewel veel minder frequent en zwaar. De bevingen in het gasveld hebben huizen beschadigd, de waarde van eigendommen verlaagd en over het algemeen een negatief effect gehad op de geestelijke gezondheid van bewoners. Om deze redenen zal de productie van het Slochteren-gasveld de komende jaren tot nul worden teruggebracht, ruim voor de economisch winbare reserves uitgeput zijn.

2 TECHNOLOGISCHE STRATEGIEËN

Deze module is een inleiding over de bronnen, technologieën en methodieken die kunnen helpen bij het starten of versnellen van de lokale warmtetransitie. Er zijn veel techniekopties om uit te kiezen, en er zijn veel duurzame warmtebronnen om te gebruiken.

Welke optie het beste werkt hangt af van wat er nodig is (vraag), wat er beschikbaar is (aanbod), wanneer warmte nodig is en wordt geleverd en wat de afstand tussen opwekking en verbruik is. De warmtetransitie kan er overweldigend uitzien, doordat we gewend zijn dat we onze woning comfortabel kunnen verwarmen door één (gas) kraan open te draaien. Maar verwarmingstechnologie is op zich geen probleem meer. Door in kaart te brengen welke specifieke technologische opties regionaal beschikbaar zijn kan men bewoners informeren, business cases

ontwikkelen en het proces in het algemeen versnellen. Hoewel de Nederlandse Regionale Energiestrategieën zeker beperkingen hebben, zijn deze hierbij een goede start. Als het gaat om verwarmingssystemen bevinden we ons nu in een wereld waar de benodigde warmte beschikbaar is door aan een knop te draaien, wat de eigenschappen van je woning of je persoonlijke wensen ook zijn. Dit heeft echter wel de klimaatverandering versneld (zie hoofdstuk 1). De post-fossiele wereld is anders. In dit hoofdstuk kijken we daarom naar een overzicht van de technologieën die betrokken zijn bij de warmtetransitie, en welke keuzes er beschikbaar zijn.



Figuur 3. Alternatieve oplossingen voor verwarming in de gebouwde omgeving (Sabine Jansen, 2018)



2.1. DUURZAAM?

Warmtebronnen kunnen grofweg in drie categorieën worden verdeeld: Niet-duurzame bronnen, restbronnen en duurzame bronnen.



Bij niet-duurzame warmte gaat het meestal om het verbranden van brandstoffen, wat CO₂-uitstoot (en vaak andere vervuiling) veroorzaakt. Hoewel kernenergie (en de restwarmte ervan, zie hieronder) een lage CO₂-emissie heeft in vergelijking met olie en gas, is de voorraad uranium eindig en wordt uranium vaak in het buitenland ontgonnen. Daarom werkt het meer als een fossiele brandstof (die restwarmte kan leveren, zie hieronder).



Restwarmte (soms ook afvalwarmte genoemd) is de afvalstroom van een ander systeem, bijvoorbeeld de warmteafvoer van een kolengestookte energiecentrale (die uiteraard fossiele brandstoffen gebruikt) of een afvalverbrandings-installatie. Hoewel deze de uitstoot verminderen door het hergebruik van al opgewekte warmte, is dit op zichzelf niet hernieuwbaar. Het hergebruik verhoogt alleen de efficiëntie van het systeem dat de warmte oorspronkelijk heeft opgewekt. Hoewel restwarmte dus de CO₂-uitstoot vermindert kan het alleen als 'duurzaam' worden bestempeld als de oorspronkelijke bron zelf ook volledig wordt vervangen door een duurzame warmtebron.



Volledig duurzame energiebronnen herstellen zich in de loop van de tijd, en raken daarom niet op, wat dus betekent dat ze voor onbeperkte tijd kunnen worden gebruikt. Bovendien kan alle CO₂ die vrijkomt wanneer ze worden gebruikt om warmte te produceren (bijvoorbeeld met biomassa) in theorie opnieuw worden opgenomen (bij biomassa wanneer deze terug groeit). Andere duurzame warmtebronnen zijn afhankelijk van zonne-energie of geothermische warmte, of van lokale omgevingsbronnen zoals aquathermie.

BOX 2: COMMON TERMS

Decarbonisation:

Reducing CO₂ emissions into the atmosphere. This is about establishing a downward trend.

(Net) zero carbon, carbon neutral, climate neutral:

Over a year the (net) greenhouse gas emissions are zero. Carbon emissions may be compensated, for example by carbon trading (e.g., by using CO₂ certificates), CO₂ storage, or CO₂ uptake by forests (note that carbon trading and certificates are not always credible or reliable). Since the goal of becoming (net) zero carbon or carbon neutral is related to climate change mitigation it can also be called climate neutral.

(Net) zero energy, energy neutral:

The amount of energy used is equal to the amount of renewable energy produced over a year. The use of fossil fuels is still allowed but should be compensated by on-site renewable energy production. Therefore, energy neutral does not necessarily mean an energy system is fossil free. Where more energy is produced than used within the same system over a year, the system can be called energy positive.

Fossil free:

Being completely fossil free means operating with zero fossil fuels; fossil resources are not allowed anywhere within a given energy system. Compensation of carbon emissions is not allowed.

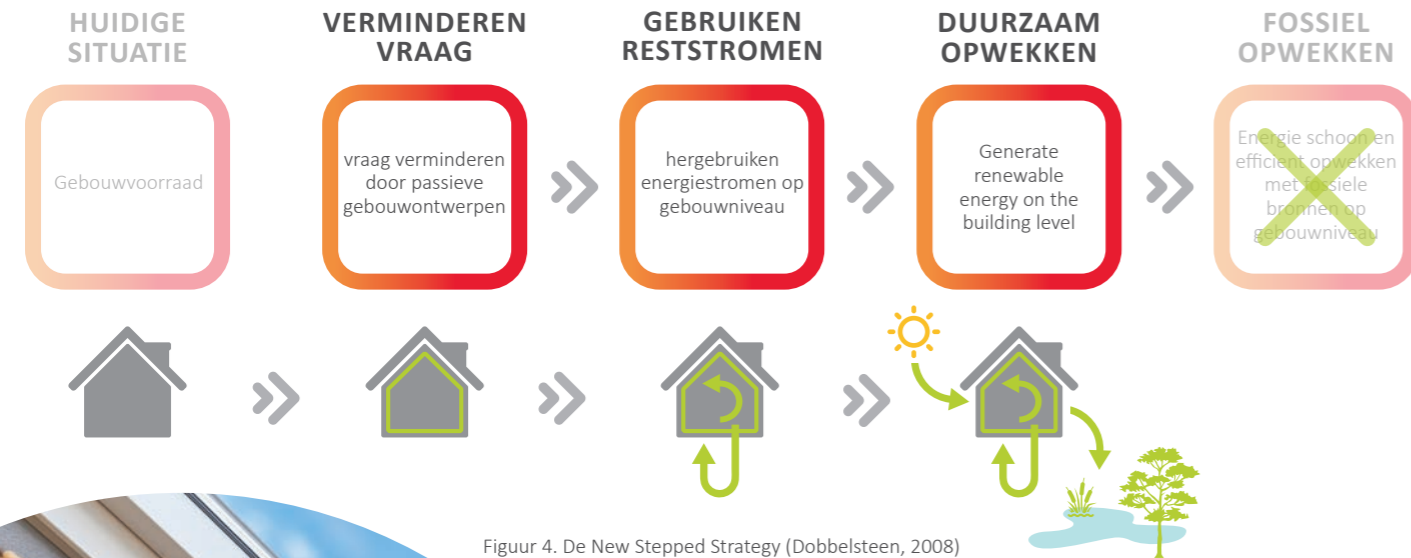
Circular:

Circularity or Circular Economy refers to an alternative model of production and consumption, a strategy which theoretically contributes to both economic growth and sustainable development. Although it is often only connected to the use of natural resources and products, with a focus on avoiding waste and spillage by reusing, recycling and reprocessing materials, circularity can also include energy, water and nutrient cycles. For example, by focusing on energy savings to avoid energy loss. A circular energy system reuses all waste flows and resources with only the input of renewable energy. A circular system functions by itself; it is self-sufficient. It is difficult to measure to what extent a system is circular, there are no numeric indicators.



2.2 HOE TE BEGINNEN?

Door vraagvermindering is minder aanbod nodig. Minder aanbod betekent ook een kleiner, goedkoper energiesysteem – zowel op gemeentelijk niveau als in individuele gebouwen. Daarom helpt het om te weten hoe goed deze gebouwen kunnen worden geïsoleerd. Nieuwe gebouwen zullen ook aangesloten moeten worden (waardoor de warmtevraag in het gebied weer zou toenemen). Daarom moet rekening worden gehouden met toekomstige bouwplannen in het gebied. Een simpele strategie om lokale warmtesystemen te optimaliseren is te zien in Figuur 4.



Figuur 4. De New Stepped Strategy (Dobbelsteen, 2008)



Het is ook nodig om te onderzoeken welke duurzame verwarmingsbronnen beschikbaar zijn in het gebied. In tegenstelling tot elektriciteit kan warmte niet economisch over lange afstanden worden getransporteerd. Dit geldt in het bijzonder voor lage temperatuurwarmte (LT) (welke veel duurzame warmtebronnen bieden).

Sommige duurzame verwarmingsbronnen kunnen mogelijk veel energie leveren, maar alleen in de zomer. Indien seizoensopslag mogelijk is, is het belangrijk om hier gebruik van te maken. Sommige grootschalige seizoengebonden opslagtechnologieën gebruiken ondergrondse aquifers, andere maken gebruik van aangelegde waterbassins of reservoirs.

Langetermijnplanning Langetermijnplanning is nodig om duidelijk te krijgen wat de eindsituatie zal zijn in bijvoorbeeld 2050, en hoe daar te komen. Deze eindsituatie moet een gewenste situatie weerspiegelen waarin een doel van laag of netto nul CO₂-verbruik moet worden bereikt. Om dit houdbaar en transparant te maken moet een visie worden gecreëerd.

Nadat een visie en doelen zijn vastgesteld, kunnen er een traject en een stappenplan worden ontwikkeld voor het bereiken van deze doelen.

Om de strenge CO₂-reductiedoelstellingen te bereiken die zijn vastgesteld door de Europese Commissie en regeringen van Europese landen, moeten alle maatregelen waarschijnlijk wel tegelijk worden uitgevoerd. Als dit bijvoorbeeld betekent dat mensen eerst een warmtepompsysteem installeren, en voor een aantal jaar een piekgasketel gebruiken (voor extra verwarming tijdens de koudste dagen), zal dit op korte termijn nog steeds een gedeeltelijke impact hebben en het mogelijk maken dat die woning later volledig duurzaam kan worden.

In het volgende gedeelte wordt de SHIFFT Structured Approach toegepast (deze aanpak wordt in Module 3 uitgebreid beschreven) en worden een paar voorbeelden van tools en strategieën besproken die kunnen helpen bij het plannen van de lokale warmtetransitie.

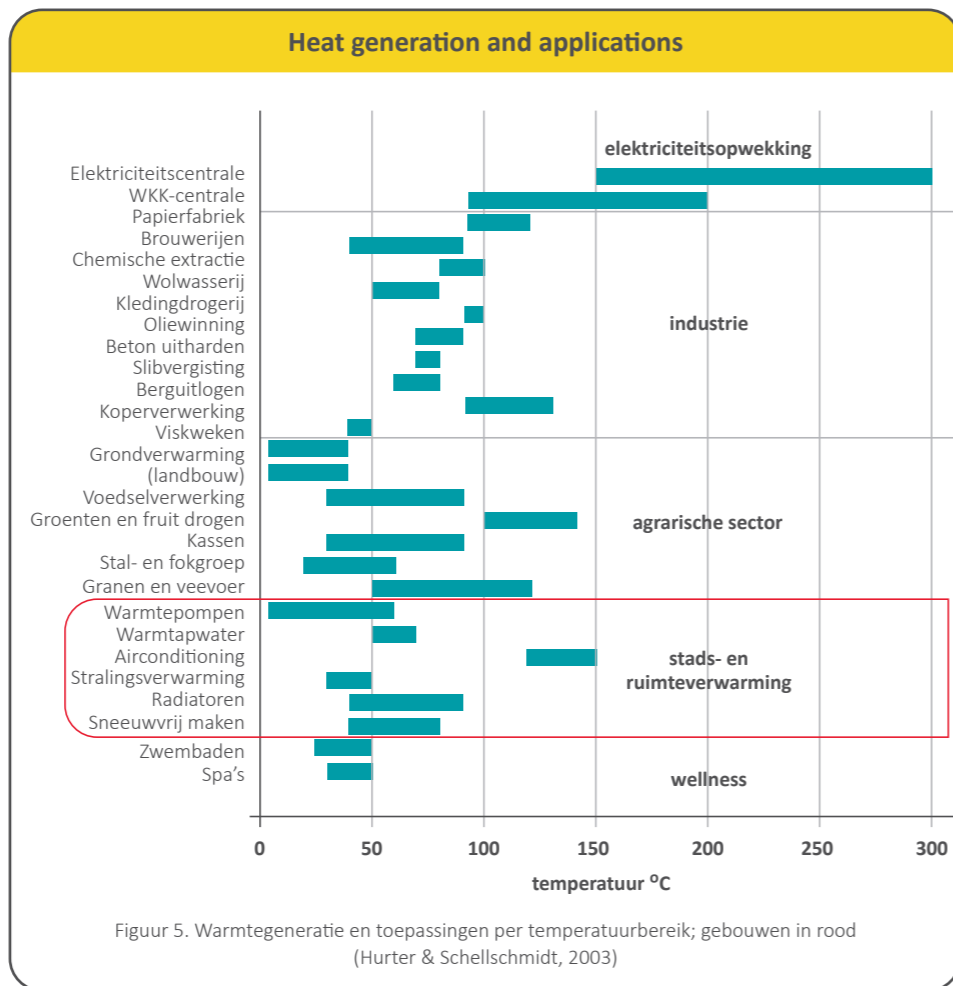


2.3. DEVELOPING A RENEWABLE ENERGY SYSTEM

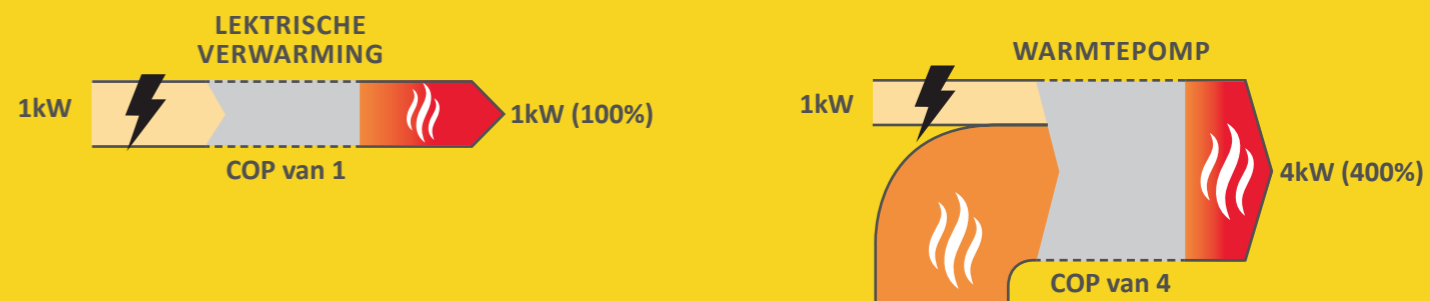
2.3.1. Context

Grootschalige op fossiele brandstoffen gebaseerde verwarming was het gevolg van de industriële revolutie. We verbranden gas en olie (evenals steenkool, bruinkool, turf en andere soorten energiedragers) bij een temperatuur van honderden tot duizenden graden Celsius. Veel duurzame bronnen leveren warmte op een veel lagere temperatuur. Dit is echter geen probleem, omdat het uiteindelijke doel is om een binnentemperatuur van rond de 20 °C te creëren (en een veel kleinere hoeveelheid energie voor warm water op ongeveer 60 °C).

Exergie is een maat voor hoeveel nuttig werk (arbeid) er uit een energiestroom kan worden gehaald. Brandstoffen die bij een zeer hoge temperatuur verbranden, kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om huizen te verwarmen, maar ook om staal te smelten of auto's te laten rijden. Duurzame warmtebronnen met een lage temperatuur zijn gewoonlijk veel ruimer beschikbaar en/of hebben kortere en goedkopere aanvoerketens nodig dan die met hoge temperatuur (zoals waterstofproductie en diverse soorten biomassa). Daarom is het in het algemeen beter om deze laatste te gebruiken voor arbeid van hogere kwaliteit. Figuur 5 geeft een idee van de temperatuurniveaus van verschillende activiteiten.



De **Coefficient of Performance (COP)** is een andere belangrijke term voor de efficiëntie (gerelateerd aan warmtepompen). Dit is de verhouding tussen de binnekomende elektriciteit en de uitgaande warmte. Een eenvoudige elektrische weerstandsverwarming verbruikt elektriciteit en zet 100% ervan om in warmte. Maar voor dezelfde hoeveelheid elektriciteit kan een bodemwarmtepomp (GSHP, ground source heat pump) gewoonlijk 3-4 keer zoveel warmte produceren. Het verschil is dat de GSHP omgevingswarmte uit de grond onttrekt en verder opwarmt. Het seizoen rendement (SPF, Seasonal Performance Factor) is de gemiddelde COP gedurende een volledig (verwarmings)seizoen.



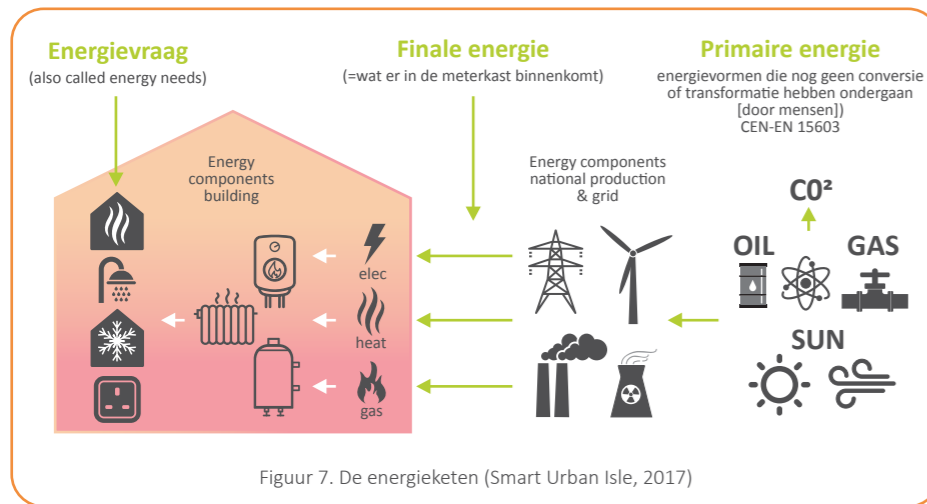
Figuur 6. Prestatiecoëfficiënt van een elektrische verwarming links, warmtepomp rechts. De 3 kW omgevingswarmte van de bodemwarmtewisselaars (hier in oranje) zorgt voor het verschil.

2.3.2. De huidige (en toekomstige) situatie

Bij het maken van verwarmingsplannen moeten we als eerste stap de eigenschappen van de omgeving en het huidige energiesysteem van lokale gebouwen in kaart brengen en begrijpen.

Hoeveel energie is er nodig? Bij elke stap van de energieketen wordt slechts een deel van de energie waarmee we beginnen omgezet in de energie die we nodig hebben. Omdat elk type verwarmingssysteem zijn eigen energieketen heeft, is het belangrijk om deze stappen te overwegen. Figuur 7 hieronder laat zien dat we meten wat er uit het (inter)nationale energiesysteem komt, en vervolgens wordt omgezet in wat we lokaal nodig hebben (d.w.z. binnen het gebouw). Praktisch gezien werken we hier met finale energie, omdat dit vrijwel altijd wordt gemeten voor de energierekening en daardoor makkelijker beschikbaar is (al dan niet geaggregeerd i.v.m. privacy).

Gegevens over energieverbruik Gegevens over energieverbruik kunnen gewoonlijk worden verkregen bij de lokale netbeheerder. Soms is er slechts één warmtebron (gas, stadsverwarming) beschikbaar in een gebied (zoals

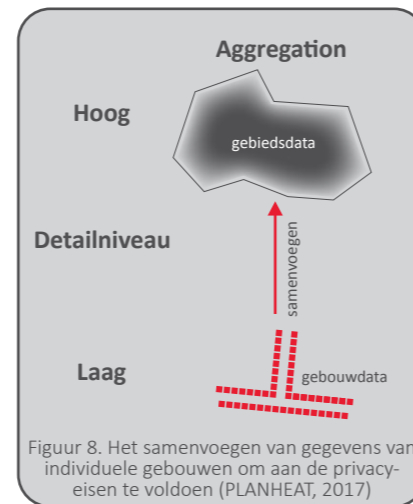


Figuur 7. De energieketen (Smart Urban Isle, 2017)

in een buurt), terwijl er in andere gebieden een mix van bronnen beschikbaar kan zijn. Hoewel jaarcijfers doorgaans standaard zijn, zijn maandelijkse cijfers beter, omdat de seizoensgerelateerde fluctuaties daarin beter zichtbaar zijn. Het vergelijken van primaire energiestromen en conversiepercentages tussen niet-duurzame en duurzame systemen zegt niet zoveel over de warmtetransitie zelf (bijvoorbeeld thermische zonnepanelen versus kolencentrales). Dit is echter wel belangrijk voor het meten van de CO₂-impact van elk systeem.

Aangezien het energieverbruik rechtstreeks verband houdt met elk individu, wordt deze informatie beschouwd als privacygevoelig en is ze onderworpen aan de AVG (Algemene verordening gegevensbescherming). In Vlaanderen geldt dit ook voor energielabels (zie paragraaf 2.3.3 hieronder). De oplossing is aggregatie, waarbij de netbeheerder wordt gevraagd om het gemiddelde verbruik van het minimaal aantal woningen dat volgens het nationale recht als anoniem wordt beschouwd (bijvoorbeeld 50 woningen).

Als er plannen zijn om te slopen, te renoveren of nieuwe gebouwen te ontwikkelen, moeten deze worden opgenomen



Figuur 8. Het samenvoegen van gegevens van individuele gebouwen om aan de privacy-eisen te voldoen (PLANHEAT, 2017)

in de planning. Deze veranderingen zullen de warmtevraag in het gebied op de een of andere manier beïnvloeden, en kunnen er bijvoorbeeld toe leiden dat een warmtenet een economische optie wordt, of naar verwachting juist onrendabel zal worden na het verliezen van een deel van de gebruikers. Deze veranderingen moeten in kaart worden gebracht voor het beslissingstraject.

2.3.3. Vraag verminderen

Het terugdringen van de warmtevraag valt in twee categorieën: gebouw en gebruiksgedrag.

Gebouwen hebben een lange levensduur. Welke warmtebron een gebouw, buurt of hele stad ook gebruikt, de thermische



isolatie van muren, ramen, daken en kruipruimtes zal de verwarmingsvraag verminderen, en dus ook de energierekening over die levensduur. Daardoor zal het energiesysteem dat deze warmte levert ook kleiner en dus goedkoper kunnen zijn. Bovendien is bij betere isolatie een lagere temperatuur in het verwarmingssysteem mogelijk, waardoor het haalbaar is om (duurzame) warmtebronnen met een lagere temperatuur te gebruiken.

Het warmteafgiftesysteem in de gebouwen heeft ook invloed op de keuzemogelijkheden. Voorbeelden zijn:

- **Radiatoren en convectieverwarming:** het meest voorkomende type warmteafgifte. Dit zijn water-lucht warmtewisselaars die over het algemeen werken bij hogere temperaturen (50-90 °C), afhankelijk van hoe goed het gebouw geïsoleerd is. De efficiëntie kan enigszins worden verhoogd met geforceerde convectie door middel van een kleine ventilator.

- **Vloerverwarming:** in de vloer ingebouwde verwarmingsspoelen die werken op een lage temperatuur (LT) (bijvoorbeeld 35-40°C). Geschikt voor lauwarme warmtebronnen.

- **Luchtverwarming (HVAC):** de lucht wordt centraal verwarmd en in het gebouw verdeeld.

- **Elektrische verwarming:** gebruikt weerstand om elektriciteit om te zetten in warmte. De Coefficient of Performance (COP) is 1, terwijl warmtepompen een veel hogere COP van 2-4 hebben.

- **Infraroodpanelen:** deze stralen voornamelijk rechtstreeks warmte naar de gebruiker, in plaats van indirect (door ook de ruimte en muren op te warmen). Dit kan gunstig zijn als de ruimte in kwestie groot is en slechts gedeeltelijk wordt gebruikt, slecht geïsoleerd is, of slechts korte gebruikperiodes heeft. Ze verhogen wel de belasting van het elektriciteitsnet als ze in grote hoeveelheden worden gebruikt.



Figuur 9. Energielabels voor het historische centrum van Middelburg (NL), status juli 2022. Bron: Nationale Energie Atlas, RVO 2022

Legenda:

	Green label		Klasse A++		Klasse C
	Klasse A++++		Klasse A+		Klasse D
	Klasse A+++		Klasse A		Klasse E
	Klasse A+++		Klasse B		Klasse F
			Klasse G		

BOX 3: BUILDING ENERGY PERFORMANCE LABELS

Door de Europese EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) worden energielabels voor gebouwen nu gemakkelijker beschikbaar. Wanneer ze op een kaart worden geprojecteerd (zoals voor Middelburg in Figuur 10), geven ze een indruk van hoe goed de gebouwen in het gebied presteren en, als gedetailleerder inspecties beschikbaar zijn, wat voor energiesystemen ze op dit moment hebben.

Het bestaande energiesysteem van een gebouw (bijvoorbeeld de gasketel) kan efficiënter worden gemaakt door:

- het optimaliseren van de systeeminstellingen (inclusief thermostatische radiatorkleppen)
- efficiënter gebruik van de ketel, bijv. het verlagen van de aanvoertemperatuur
- de waterdruk van de radiatoren op peil te houden
- het uitvoeren van jaarlijkse controles voor het bovenstaande
- het gebruik van radiatorventilatoren om de warmtecirculatie te verbeteren
- radiatorfolie achter de radiatoren aan te brengen

Welke opties het beste werken hangt af van het aanwezige energiesysteem. Net als bij het gedrag van de gebruiker hieronder kan het informeren van bewoners dat deze eenvoudige opties beschikbaar zijn helpen het warmtegebruik te verlagen.

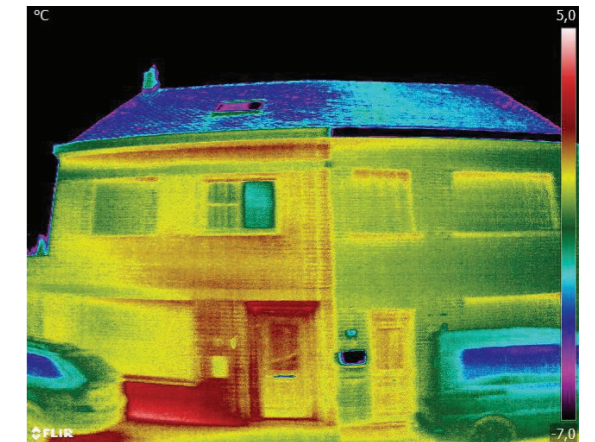
Mensen kunnen ook een grote rol spelen in energiebesparing door hun gedrag aan te passen. Ruimte- en warmwaterverwarming kan bijvoorbeeld efficiënter worden gemaakt door:

- de thermostaat overdag een paar graden lager zetten (bijvoorbeeld 19 °C in plaats van 20 °C)
- de verwarming 's nachts uit te schakelen (door de thermostaat nog verder omlaag te draaien)
- de ramen gesloten te houden wanneer de verwarming aan is
- minder kamers te verwarmen (bijvoorbeeld alleen de woonkamer)
- deuren dicht te houden (zodat gangen en slaapkamers niet mee worden verwarmd)
- korter te douchen (zelfs 1-2 minuten korter per keer is al merkbaar op de jaarlijkse verwarmingsrekening)
- een douche te nemen in plaats van een bad (minder verwarmd water nodig)

Er zijn allerlei maatregelen die mensen zelf kunnen nemen, niet iedereen is zich hiervan echter bewust. Goed informeren van bewoners kan dus een groot verschil maken, door hen te helpen hun verwarmingskosten te verlagen, en daarmee de gemeente te helpen de totale warmtevraag te verminderen.

Thermografische gevelscans in Brugge

De Stad Brugge (BE) onderzoekt op grote schaal de isolatiekwaliteit van haar gebouwen. Een auto, uitgerust met een thermische camera, heeft de 10.000 huizen in de wijk Assebroek tijdens een koude dag gescand. De resulterende infraroodfoto's laten de prestaties van de gevel (en het dak) zien en geven daarmee een indicatie van de thermische isolatie voor zowel de bewoners als de gemeente. Inwoners krijgen informatie over de infraroodfoto's van hun huizen en kunnen een afspraak maken om energieadvies te krijgen.



Linker foto: thermografische gevelscan. Het huis aan de linkerkant verliest meer warmte dan het huis aan de rechterkant.
Rechter foto: scanwagen.



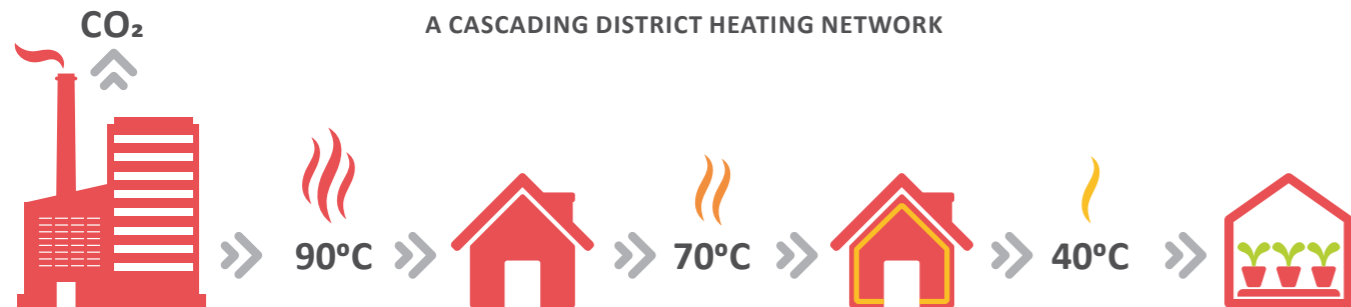
2.3.4. Het aanbodpotentieel

Aangezien het doel van de energietransitie is om de niet-duurzame energiebronnen geleidelijk uit te schakelen, beschouwen we hier twee soorten warmtebronnen: restwarmte en duurzame energie.

Restwarmte kan van een energiecentrale, fabriek of afvalverbrandingsinstallatie komen. Dit zijn meestal bronnen met hoge temperaturen. Tenzij de bron van die proceswarmte hernieuwbaar is, betekent dit alleen dat fossiele brandstoffen (die de restwarmtebron immers gebruikt) efficiënter worden ingezet. Hoewel het gebruik

hiervan op korte termijn de CO₂-emissies van de buurt of stad zal verminderen, zal dit op de lange termijn vervangen moeten worden door een geschikte duurzame bron met een hoge temperatuur.

Bronnen met hoge temperaturen kunnen worden gebruikt voor een **cascaderend** warmtenet. De 'restwarmte' van een fabriek zou kunnen worden gebruikt om gebouwen met een hoge energievraag te verwarmen. Goed geïsoleerde woningen kunnen dan de retourleiding als warmtebron gebruiken. In dit voorbeeld wordt de retourleiding gebruikt voor een kas.



Duurzame bronnen kunnen voor onbeperkte tijd netto klimaatneutrale warmte produceren (zie 2.3.6). Voorbeelden zijn zonnearmte, geothermie (aardwarmte), aquathermie en biomassa. Sommige bronnen hebben een lage temperatuur en vereisen een warmtepomp, andere werken op grote schaal en vereisen een warmtenet. Voor beide technologieën moet ook de bron van de elektriciteit die tijdens de werking ervan wordt verbruikt, hernieuwbaar zijn. Warmtebronnen zijn gewoonlijk gekoppeld aan een specifieke technologie, zoals in dit overzicht wordt vermeld. Voorbeelden zijn:

■ **Zonthermie:** Seizoensgebonden bron. Kunnen panelen op daken zijn, maar ook op grote open ruimten.

■ **Aquathermie:** Seizoensgebonden bron. Werkt met warmtewisselaars (en warmtepompen) in oppervlaktewater.

■ **Ondiepe geothermie:** Wordt gebruikt met bodemwarmtepompen (GSHP).

■ **Diepe geothermie:** Constante bron met hoog volume. Werkt het beste in combinatie met een constante warmtevraag (van meerdere gebouwen) en/of thermische seizoensopslag. Meerdere putten kunnen elkaar verstoren, dus ondergrondse ruimtelijke ordening en gecoördineerde actie zijn belangrijk.

■ **Biomassa:** Kan afkomstig zijn uit productiebossen of van akkers (bijvoorbeeld stro), maar ook uit afvalstromen

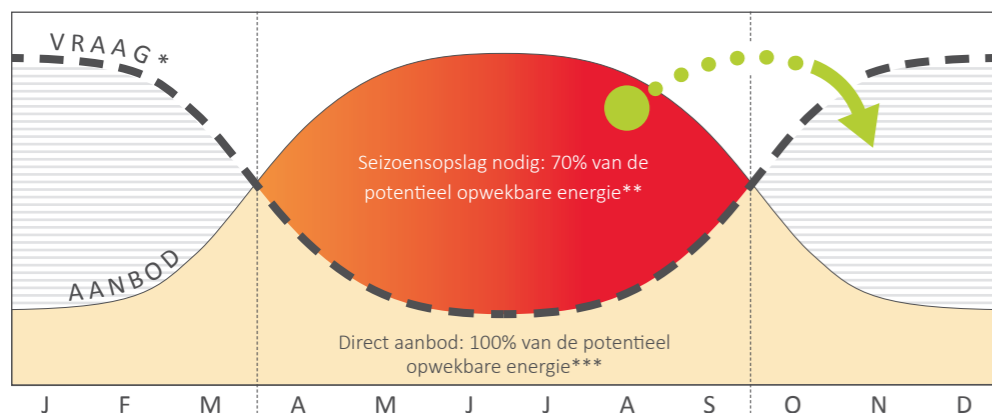
zoals snoeiafval van openbaar groen. Droge biomassa kan voor langere tijd worden opgeslagen en op afroep hoge temperatuurwarmte leveren, maar is doorgaans zeer beperkt in aanbod. De kwaliteit van de biomassa is belangrijk, deze kan variëren.

■ **Biogas:** Bijna altijd het product van vergisting van een afvalproduct. Biogas kan ook worden opgeslagen, maar is doorgaans beperkt in aanbod, kan duur zijn en vereist aandacht voor distributie en gebruik.

■ **Waterstof:** Geen warmtebron maar een drager. Heeft elektriciteit nodig voor de productie. Deze elektriciteit moet ook duurzaam zijn, om de waterstof zelf duurzame of groene waterstof te kunnen noemen.

Zoals hierboven vermeld, komt de vraag naar seizoenswarmte in Europa niet altijd overeen met het aanbod van duurzame seizoenswarmte (zie Figuur 12). Voor per seizoen fluctuerende duurzame bronnen is de beschikbaarheid van opslag daarom belangrijk om het beschikbare potentieel volledig te kunnen benutten. Zonder opslag kan het grootste deel van de warmte in het zomerseizoen niet worden gebruikt, en omgekeerd kan het zijn dat er in de winter niet genoeg geleverd kan worden (zie ook Figuur 10).

CALCULATION METHOD FOR INTERMITTENT LOW TEMP THERMAL SOURCES: DIRECT VS STORED ENERGY



Figuur 10. Seizoensopslag is vereist om volledig gebruik te kunnen maken van een seizoensgebonden warmtebron. Zonder opslag kan alleen het onderste deel van de energiepotentie gebruikt worden (PLANHEAT, 2018)

* Demand is only needed for the share of direct vs indirect, assumed to follow an inverse curve, DHW being the base load.

This roughly translates to 20% of the combined technical potential of an unconventional source of the summer months without storage, up to 80% with sufficient storage and 100% of the combined potential of the winter months.

These numbers are then added up to a single GJ number for each cell on the resulting raster.

** Seasonal storage efficiency factor (estimate)

*** For some sources and locations, thermal supply in the high demand season might be zero, which means all potential energy available will require seasonal storage.

Voorbeelden van thermische seizoensopslag zijn:

■ **Aquifer Thermal Energy Storage (ATES):** In het Nederland en Vlaanderen gebied ook wel bekend onder de (bredere) term aquathermie. Heeft een geschikte watervoerende ondergrondse laag nodig. Net als bij geothermische bronnen kunnen meerdere systemen elkaar verstoren, dus ondergrondse ruimtelijke ordening is belangrijk.

■ **Borehole Thermal Energy Storage (BTES):** Zoals de naam al suggereert, is dit afhankelijk van een boorgat om als warmtewisselaar met de omringende grond te fungeren. Het kan op veel meer plaatsen worden toegepast dan ATES (en kan veel dichterbij naburige systemen worden geplaatst), maar biedt minder opslagcapaciteit.

■ **Cavern thermal energy storage (CTES):** Maakt gebruik van grote hoeveelheden ingekapseld water, in grotten of in verlaten mijnen. Als deze in de buurt, toegankelijk en geschikt zijn kunnen graafkosten (zoals bij PTES hieronder) worden vermeden.

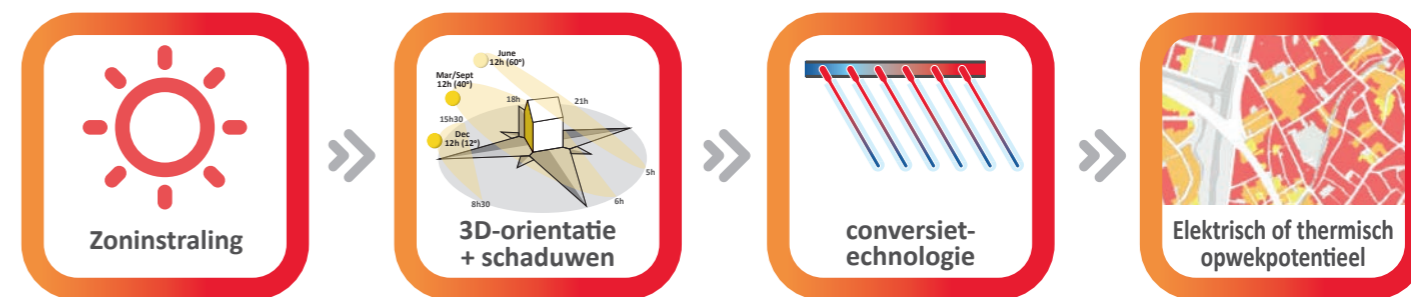
■ **Pit thermal energy storage (PTES):** Dit betreft een gegraven kuil met een waterdichte voering en gevuld met

water/grind, en vervolgens bedekt. Er zijn een paar projecten in Europa (bijvoorbeeld Vojens in Denemarken) die water in zeer grote volumes (honderdduizenden m³) gebruiken om een seizoensgebonden warmtebron te leveren. Om dit succesvol te kunnen doen, moet de benodigde grond erg goedkoop zijn, en moet de locatie liefst een zeer laag grondwaterpeil hebben, zodat de grond zelf als isolatie kan dienen.

Energy Potential Mapping is erg belangrijk om te begrijpen welke opties er zijn en hoeveel warmte ze kunnen leveren. Het gaat in het kort om het in kaart brengen waar warmtebronnen zich bevinden en hoeveel ze kunnen leveren (en in welke temperatuurcategorie). Hiervoor zijn drie soorten gegevens nodig:

- Toepasselijke ruimtelijke indicatoren
- Een kaart die de verspreiding daarvan op het focusgebied laat zien
- Efficiëntie van conversietechnologie per m²

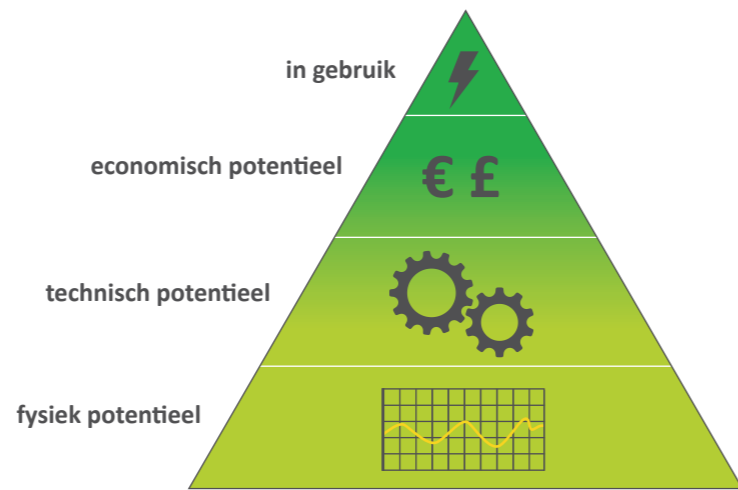
Dit is bijvoorbeeld de manier waarop het **zonnewarmtepotentieel van daken** kan worden berekend:



Figuur 11. Zonnewarmte potentieel van daken (Michiel Fremouw 2011)

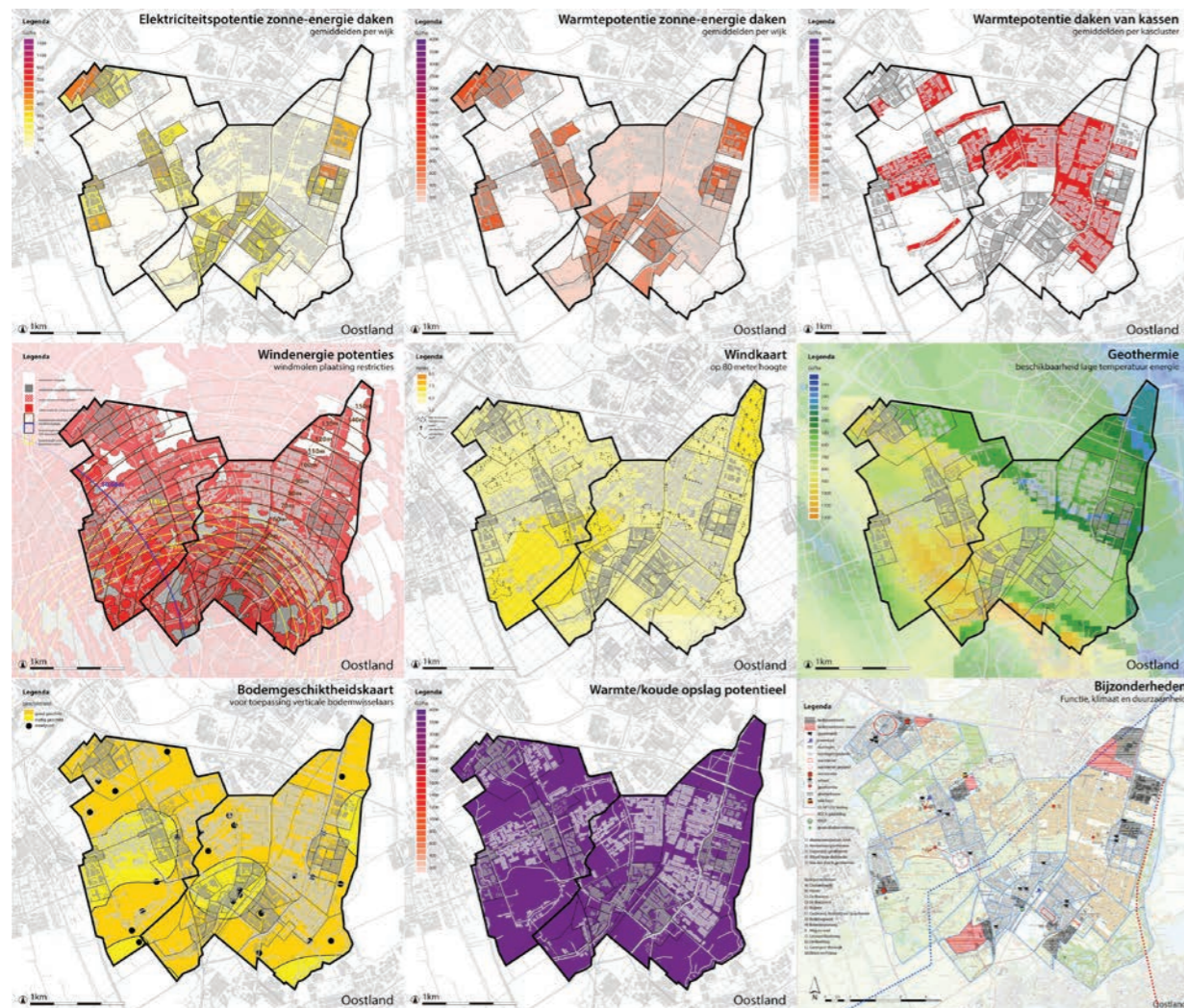
Het KNMI en het KMI hebben zoninstralingsdata beschikbaar voor Nederland en Vlaanderen. Dit zal relatief weinig variëren over kortere afstanden, dus voor kleine tot middelgrote steden is één cijfer meestal genoeg. Indien beschikbaar kan een 3D gebouwenmodel (zoals het Nederlandse 3DBAG model - <https://3dbag.nl/>) een veel nauwkeuriger beeld geven. Voor platte daken kunnen simpelweg de gebouwfootprints worden gebruikt. Voor andere daken moeten de meest voorkomende bouwtypen en de oriëntatie ervan worden gemodelleerd. De laatste variabele is welke conversietechnologie wordt gebruikt. In dit geval kan een zonthermisch paneel ongeveer 35% van de binnenkomende straling op jaarbasis omzetten in nuttige warmte. Het vermenigvuldigen van al deze factoren resulteert in een kaart van het technische potentieel voor thermische zonne-energie.

Om het geschatte potentieel nog realistischer te maken kunnen er natuurlijk meer randvoorwaarden worden toegevoegd (Figuur 14), zoals bijvoorbeeld economische randvoorwaarden. Bijkomende technische randvoorwaarden zijn bijvoorbeeld of de daken gunstig georiënteerd zijn, of ze voldoende draagkracht hebben, en of het huur- of koopwoningen betreft. Door deze factoren toe te voegen wordt de kwaliteit van de basisinformatie verbeterd, wat het besluitvormingsproces uiteindelijk ten goede komt.



Figuur 12. Niveaus van energiepotentieel (Michiel Fremouw 2012)





Figuur 13. Kaart van energievraag, -aanbod en mogelijkheden voor ondergrondse opslag voor de regio Oostland. Bron: Broersma et al., 2013.

Om het potentieel van een warmtebron realistisch te evalueren is het nodig om een zo breed mogelijk scala van relevante factoren en randvoorwaarden te analyseren en op te nemen. Figuur 15 toont negen potentiële kaarten voor de regio Oostland in Zuid-Holland. Van linksboven naar rechtsonder: potentieel van daken voor PV, potentieel van daken voor zonthermisch, potentieel van kaswarmte, plaatsingspotentieel van windturbines (inclusief beperkingen van de turbinehoogte door vliegveld Zestienhoven ten zuiden van het gebied), windsnelheid op 60 meter hoogte, (diep) geothermisch potentieel, geschiktheid voor bodemwarmtepompen, potentieel van WKO, en bijzonderheden (bijvoorbeeld: restwarmte van supermarkten en zwembaden).

BOX 4: HOUT-BIOMASSAPOTENTIE IN FOURMIES

De Franse gemeente Fourmies ligt in een bosrijke regio en legt daarom een houtgestookte stadsverwarming aan om haar openbare gebouwen te verwarmen. Niet alleen de bossen worden beschouwd als bronnen van biomassa, maar ook resthout uit bouw en industrie. Om te bepalen hoeveel hout ter plekke kan worden aangeleverd, is een inventarisatie gemaakt van de verschillende soorten groene gebieden binnen de stadsgrenzen, met de TOPO en SIGNALE databases.



Figuur 14 Kaart van het landgebruik in Fourmies. Met vegetatie bedekte gebieden zijn groen gemarkeerd.

Het potentieel voor brandhout wordt geschat op tussen 19,5 en 32,8 GWh/jaar. De volgende stappen zijn het vaststellen van het eigendom van de afzonderlijke percelen en het onderzoeken van de opslagcapaciteit voor geoogst hout.

Voor het aanbodpotentieel is het zinvol om ook rekening te houden met de omliggende regio. Misschien bevindt zich een grote warmtebron net buiten de gemeentegrenzen, of kan de samenwerking met een buurgemeente de business case voor een warmtenet verbeteren.



Regionale energiestrategieën

In 2018 bereikte de Nederlandse regering in nauwe samenwerking met maatschappelijke partners uit de publieke, private en civiele sector het nationale 'Klimaatakkoord'. Een onderdeel was een regionale bestuursaanpak met dertig energieregio's (gevormd uit 340 Nederlandse gemeenten). Deze regio's zouden minstens 35 TWh aan productie van wind- en zonne-energie moeten bijdragen aan de nationale doelstelling voor duurzame energie. Dat zou bijdragen aan de doelstelling voor de reductie van de CO₂-emissie met 49% in 2030 (ten opzichte van 1990).

Het Klimaatakkoord en de daaraan gerelateerde Klimaatwet van 2019 hebben de weg vrijgemaakt voor de organisatie

en implementatie van de zogenaamde 'Regionale Energiestrategieën' (RES), waardoor de regionale coördinatie van de energietransitie een gezicht krijgt. Naast een focus op zonne- en windenergie richten deze strategieën zich (met enige beperkingen) ook op warmte. Het betreft hier de ontwikkeling van regionale warmtestructuren, die vooral betrekking hebben op warmtebronnen en infrastructuur die buiten de gemeentegrenzen vallen en coördinatie tussen gemeenten vereisen (Hoppe, 2021).

De provincie Zeeland vormt een van deze regio's, en was de eerste die haar RES in 2020 voltooide en goedgekeurd kreeg. Meer hierover op: <https://www.zeeuwsenergieakkoord.nl/>



2.3.5. Strategische keuzes

Hoewel het in kaart brengen van vraag en aanbod zeer belangrijk is, vormt dit slechts het begin van het proces. De ontwikkeling van de strategie en (in verschillende mate) de operationele besluitvorming zullen de stakeholders op betekenisvolle wijze moeten betrekken (zie Module 1 in deze reeks) en rekening moeten houden met sociaaleconomische, politieke en andere factoren (zie Module 3). In dit gedeelte onderzoeken we hoe het overwegen van deze bredere factoren de technologiekeuzes kan beïnvloeden en beschrijven we een aantal opties die als oplossingen beschikbaar kunnen zijn.

Als het gaat om het beslissen over strategieën, is de eerste vraag:

“ Welk doel wil ik bereiken?”

Hiervoor is het belangrijk om informatie te verzamelen over de huidige en toekomstige situatie van het gebied dat wordt aangepakt (zie 2.3.2), hoeveel de vraag kan worden verminderd (2.3.3) en welke soorten duurzame energie er in de omgeving zijn (2.3.4).

Met deze informatie beschikbaar wordt het veel makkelijker om te beslissen welke routes het beste zijn voor de gewenste situatie, en welke keuzes er gemaakt moeten worden, zowel waar als wanneer. Dit is waar energiepotenties gebruikt worden om warmtezones te definiëren, waarbij algemene systeemkeuzes worden gemaakt door niet alleen technische, maar ook sociaaleconomische, bestuurlijke en andere factoren mee te nemen.

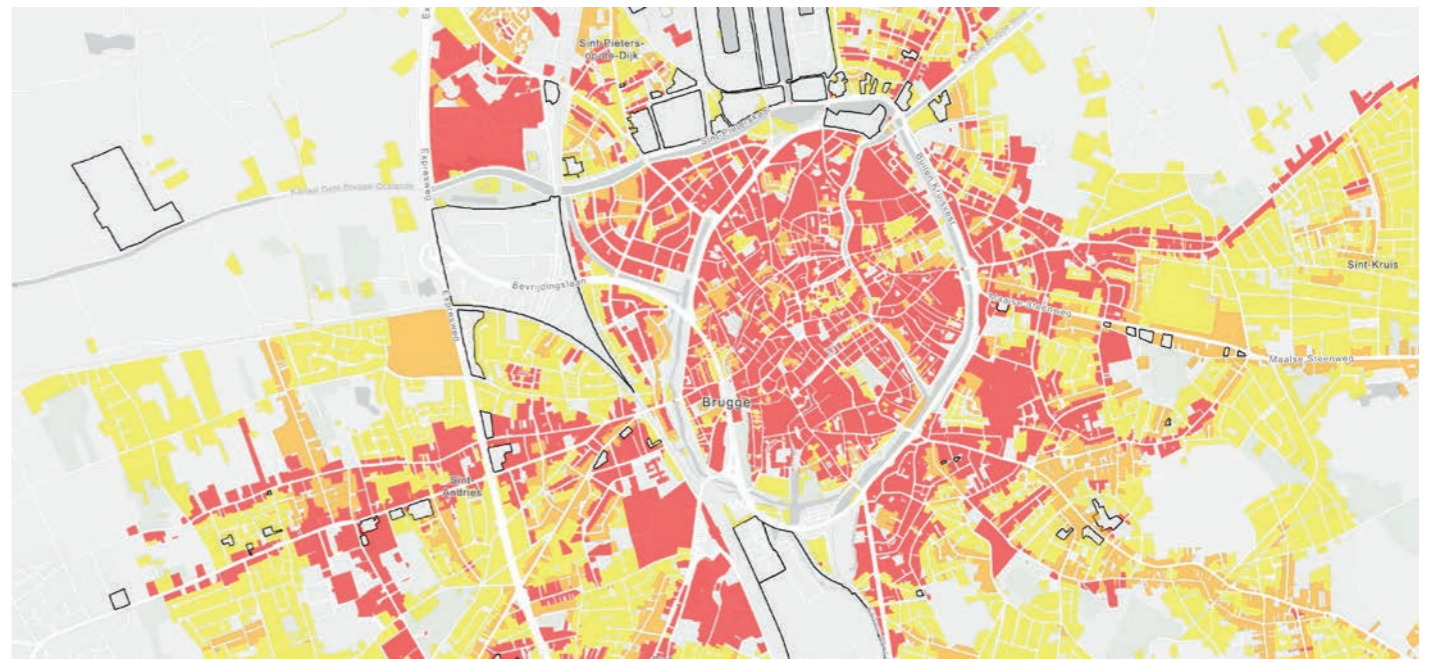




Municipal efforts can accelerate the decarbonisation of heating at the community level

Warmtezoneringplannen in Brugge

De stad Brugge heeft haar bouwvoorraad en de beschikbare warmtebronnen bestudeerd, en in 2021 haar plan voor warmtezonering gepresenteerd (online beschikbaar op <https://www.brugge.be/warmtekaart2050>).



Proposed solution

- Individual
- Context dependent
- Collective
- Commercial & industrial zones

Figuur 15. Plan voor warmtezonering in Brugge: voorgestelde oplossingen per buurt. Bron: <https://www.brugge.be/warmtekaart2050>

De factoren volgen grotendeels de stappen die worden beschreven in paragraaf 2.3: de huidige warmtevraag (lineaire vraagdichtheid), de toekomstige warmtevraag, het renovatiebeleid (sociaal-demografische context), de renovatiestrategie op lange termijn (nationale doelstellingen), andere sociaaleconomische factoren (zoals leeftijd, inkomensniveau, eigendoms- en monumentenstatus) en het reboundeffect (waar verbeterde isolatie bewoners in staat stelt meer energie te gebruiken dan de verwachte besparingen zouden suggereren).

Een wijk hoeft niet overal hetzelfde energiesysteem te hebben. Sommige buurten hebben bijvoorbeeld een meer diverse bouwvoorraad (bijvoorbeeld clusters van vooroorlogse gebouwen, omringd door flats uit de jaren zestig en een paar gebouwen uit de jaren negentig). In sommige plaatsen zijn er verschillende vormen van eigendom: een mix van koopwoningen (inclusief verenigingen van eigenaren voor appartementencomplexen), sociale huurwoningen en particuliere huurwoningen. Dat kan het moeilijk maken om te kiezen voor één enkel type verwarmingsopties en daardoor het gebruik van verschillende strategieën (afgestemd op verschillende groepen van eigendom) vereisen. Het kan daarom zinvol zijn om te kijken naar de manier waarop vergelijkbare gebouwen in het gebied zijn gegroepeerd. Misschien zijn er gebouwclusters die gunstig zijn voor een collectief energiesysteem, of zijn er vrijstaande gebouwen die juist beter een individueel systeem kunnen krijgen.

Temperatuur Temperatuur is een belangrijke overweging (zie ook 2.3.1). Hoewel slecht geïsoleerde gebouwen hoge temperatuurwarmte voor hun radiatoren nodig kunnen hebben om een comfortabel klimaat te bereiken, betekent dit niet dat de warmtebron ook een hoge temperatuur moet hebben. Een bron met een lage of middeltemperatuur kan lokaal een boost ontvangen met een geschikte warmtepomp (of een piekgasketel als overgangmaatregel).

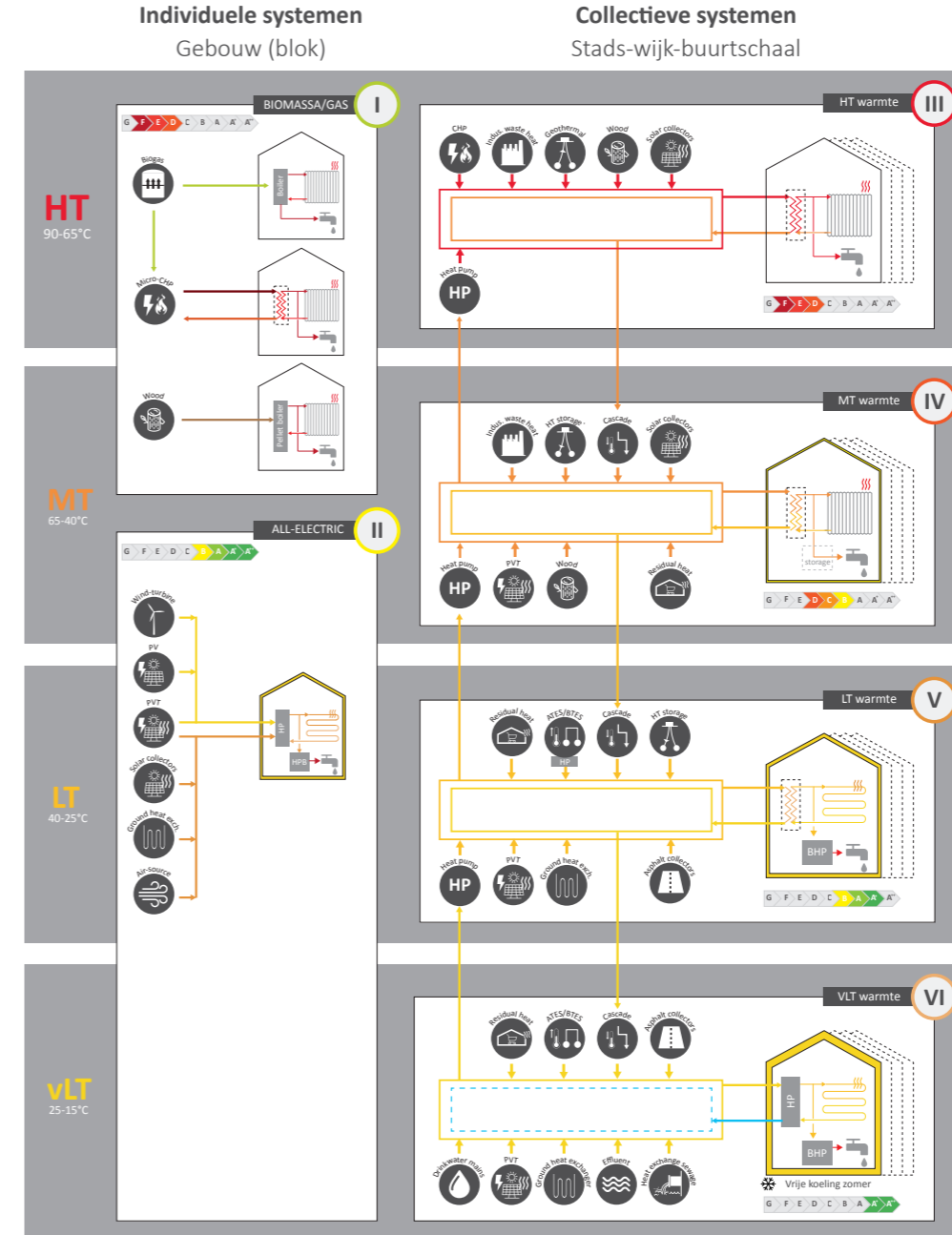
Bovendien kunnen gebouwen worden geïsoleerd en kunnen

radiatoren worden vervangen. Dit maakt een gebouw niet alleen geschikt voor verwarming met een lagere temperatuur, maar doet ook de warmtevraag (en dus de energierekening) enorm afnemen. Omdat niet alle gebouwen tegelijkertijd kunnen worden gerenoveerd, kunnen de volgende overgangmaatregelen worden genomen:

- Gebouwen voorzien van een warmtepomp en een piek(gas)ketel: deze laatste wordt slechts gebruikt tijdens de korte periode van het jaar waarin de warmtepomp door de slechtere isolatie nog niet aan de volledige warmtevraag kan voldoen. De piekkel kan worden ontmanteld zodra het huis voldoende geïsoleerd is.
- Het bouwen van een LTDH-netwerk (low-temperature district heating, lage temperatuur-warmtenetwerk), waar nodig aangevuld met warmtepompen die de temperatuur voor specifieke gebouwen verhogen.
- Het ontwerpen van een warmtenet dat geschikt is voor een lagere temperatuurcirculatie, beginnend met hoge temperaturen, die worden verlaagd wanneer a) lagere temperatuur warmtebronnen zijn aangesloten, en b) de gebouwen er klaar voor zijn.

De systeemschaal is ook belangrijk om het volgende in overweging te nemen: of het zinvol is om individuele verwarmingssystemen toe te passen of warmtenetwerken te bouwen is deels een technische en deels een economische keuze. De technische keuze gaat over welke warmtebronnen beschikbaar zijn en hoeveel ze kunnen bieden, en wat de gebouwen nu en later (na renovatie) nodig hebben. De economische keuze wordt gewoonlijk bepaald door de vraagdrichtheid. Als er veel warmtevraag in een gebied is, kan een netwerk deze warmte goedkoper leveren dan een reeks afzonderlijke systemen. Aan de andere kant, als er slechts weinig thermisch geïsoleerde gebouwen in een gebied zijn, kan het makkelijker zijn om ze individuele systemen te geven (bijvoorbeeld een bodemwarmtepomp of een luchtwarmtepomp, of een houtverwarmingsetel). Figuur 16 geeft een overzicht van duurzame verwarmingssystemen.

DUURZAME WARMTESYSTEMEN



Figuur 16. Overzicht van duurzame warmtesystemen (City-zen 2019)

2.3.6. Impact meten

Het doel van al deze plannen en keuzes is het hebben van impact. Daarom is een 'nulmeting' nodig. Het energieverbruik moet worden gemeten voordat er maatregelen worden genomen, zodat dit kan worden vergeleken met de nieuwe situatie om te zien hoeveel er is verbeterd.

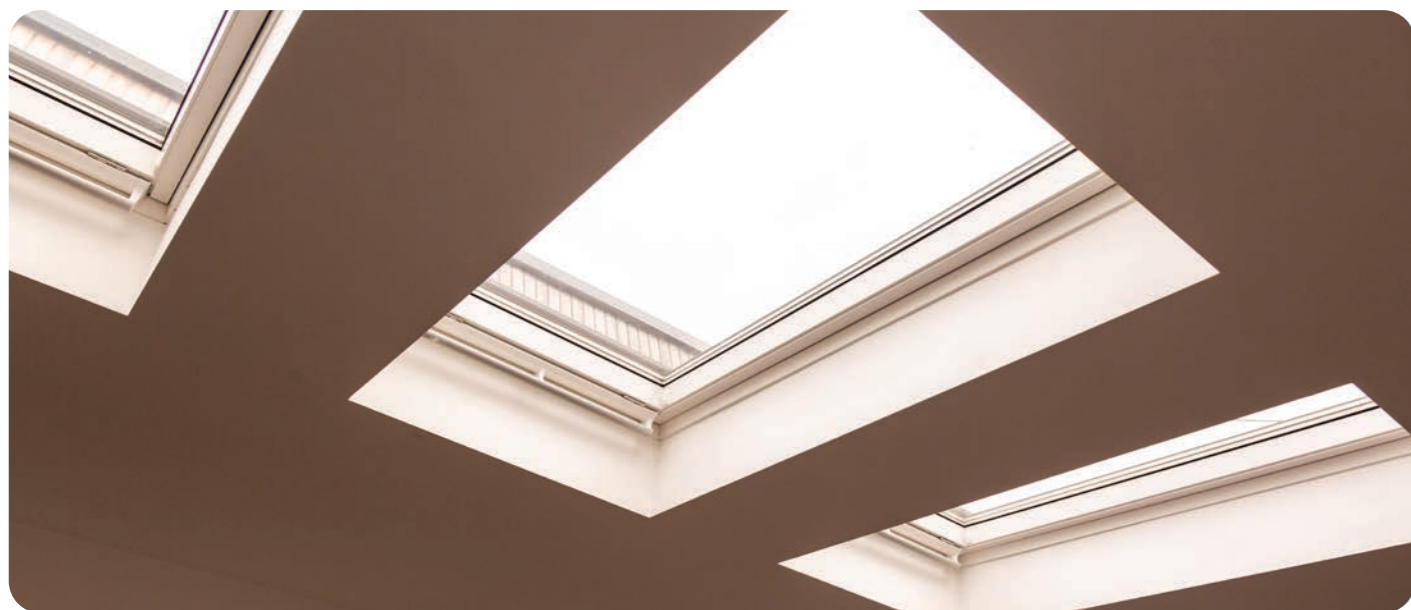
In paragraaf 2.3.2 wordt dit uitgebreider beschreven. Belangrijk zijn:

- **Welke** verwarmingsbronnen worden gebruikt? (Voor een warmtepomp betreft dit zowel de omgevingswarmtebron als de elektriciteit die nodig is om de pomp te laten werken.)
- **Hoeveel energie** wordt er van elke bron gebruikt? (Of welk deel van een energiebron wordt gebruikt voor verwarming, bijvoorbeeld van elektriciteit.)
- **Hoeveel CO2** wordt er per eenheid warmte uitgestoten? (Als de elektriciteit voor een warmtepomp afkomstig is van het

ationale net in plaats van een duurzame bron, zullen er CO2-emissies zijn.)

Soms zijn er nationale statistieken beschikbaar over de CO2-voetafdruk per huishouden die als startpunt gebruikt kunnen worden. Omdat sommige van deze cijfers alles omvatten (dus ook elektriciteitsverbruik door verlichting en apparatuur, en soms dingen zoals voedselconsumptie en uitstoot van personenauto's), is het belangrijk om erop letten dat ze specifiek over het verwarmingssysteem-aandeel gaan.

Voor de nieuwe situatie moet dezelfde meting worden uitgevoerd. Dan kan worden vergeleken hoeveel CO2 is bespaard. Houd er rekening mee dat restwarmtebronnen niet als duurzaam moeten worden beschouwd, ook al zullen deze de CO2-emissies verminderen (zie 2.1), tenzij de oorspronkelijke warmtebron duurzaam is. Dit geldt ook voor het gebruik van waterstof (dat kan worden gegenereerd met 'grijze' elektriciteit van het stroomnet) en het elektriciteitsverbruik van warmtepompen (hoewel voor warmtepompen de gebruikte omgevingsenergie natuurlijk hernieuwbaar is).



Partners 



Funders 



Auteurs:

Michiel Fremouw (TU Delft),
Calum Harvey-Scholes (Universiteit van Exeter).

Met bijdragen van:

Lies Debbaut (Bruges),
Marie Henneron (Fourmies),
Winnie Versol (Middelburg).

Reviewers:

Peter Connor (Universiteit van Exeter),
Thomas Hoppe (TU Delft).

Published 2022
<https://shiffproject.eu>



Project Management: Ronan Doyle

Dit document is een resultaat van het SHIFFT-project dat mede wordt gefinancierd door de Europese Unie onder projectnummer 2S06-009. SHIFFT heeft ook cofinanciering ontvangen van de provincie Zuid-Holland onder de referentie PZH-2019-683226948 DOS-2019-0000596, en van het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken en Klimaatbeleid onder de referentie INTER2ZO15, en van de provincie Antwerpen.
ISBN: 978-0-902746-90-9