Duurzame warmteoplossingen Katwijk

Potentiële duurzame bronnen en kosten warmtetechnieken in kaart

CE Delft

Committed to the Environment

Duurzame warmteoplossingen Katwijk

Potentiële duurzame bronnen en kosten warmtetechnieken in kaart

Dit rapport is geschreven door:
Nanda Naber en Joram Dehens

Delft, CE Delft, februari 2021

Publicatienummer: 21.200409.029

Gemeenten / Energievoorziening / Warmte / Beleidsplanning / Technologie / Energiebronnen / Duurzaam / Kosten / Energietransitie

Opdrachtgever: Gemeente Katwijk

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Nanda Naber (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

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 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Energieverbruik	6
	2.1 Huidig energieverbruik gebouwde omgeving	7
	2.2 Energieverbruik in 2030 en 2050	13
3	Duurzame energiebronnen	17
	3.1 Zonne-energie	17
	3.2 Wind	21
	3.3 Bodemwarmte	22
	3.4 WarmtelinQ+	30
	3.5 Warmte cascaderen	31
	3.6 Lokale restwarmte	31
	3.7 Aquathermie	33
4	Verduurzaming energieverbruik	37
	4.1 Elektriciteit	37
	4.2 Warmte	38
5	Warmteoplossing per buurt	40
	5.1 Laagste nationale kosten	40
	5.2 Warmteoplossingen in de gemeente Katwijk (CEGOIA-berekening)	42
	5.3 Kosten aanleg warmtenet	47
6	Conclusies	49
7	Aanbevelingen	51
8	Literatuur	52
A	Resultaten Startanalyse 2020	54
B	Kengetallen energievraag	58
C	Potentiële energielevering	61
D	Korte omschrijving CEGOIA	62
E	CEGOIA-resultaten: nationale kosten	67

1 Inleiding

Aanleiding van het onderzoek

Gemeenten, de provincie en het Rijk hebben in het voorjaar van 2018 in het interbestuurlijk programma (Min. EZK, 2018) gezamenlijk afgesproken dat alle gemeenten uiterlijk in 2021 een planning vaststellen in de gemeenteraad voor de transitie van de gebouwde omgeving naar aardgasvrij in 2050. Hiernaast is voor alle buurten die voor 2030 van het aardgas af gaan in 2021 bekend wat het beoogde alternatief voor aardgas is. Dit moet worden vastgelegd in de transitievisie warmten.

De gemeente Katwijk is momenteel actief bezig met het vormgeven van de transitievisie warmte (TVW). Daarnaast maakt de gemeente een lokale energiestrategie als vervolg op het gemeentelijk energieprogramma 2015–2020. Hierin staan de mogelijkheden voor duurzame elektriciteitsopwekking op lokaal niveau en wordt daarbij ook de relatie aangebracht met de transitievisie warmte en de mogelijkheden voor energiebesparing. Er is reeds een uitgangspuntennotitie opgesteld als start van de planvorming en de input voor de regionale energiestrategie (RES). De LES en de TVW moeten aangeven hoe we de energietransitie van warmte en elektriciteit aanpakken. Het plan en de planvorming dient er onder andere om inzicht te geven in de technische mogelijkheden, dilemma's en te maken keuzes.

In de gemeente Katwijk is al veel onderzoek uitgevoerd naar het potentieel van lokale warmtebronnen en opwek van elektriciteit. Er is echter nog geen vertaalslag gemaakt van op welke manier deze bronnen geografisch invulling kunnen geven aan een duurzame warmtevoorziening.

Onderzoeksopzet

Het doel van dit onderzoek is het bijeenbrengen van alle reeds gedane onderzoeken naar lokale warmtebronnen en zon-pv in elk van de 42 CBS-buurten in de gemeente Katwijk. Die warmtebronnen worden vervolgens in relatie worden gebracht tot de in kaart gebrachte warmtevraag. Hierbij worden de gegevens uit de gedane onderzoeken getoetst op juistheid en actualiteit. Nadat de warmtebronnen en warmtevraag in kaart zijn gebracht, wordt met behulp van een CEGOIA-analyse gekeken naar de nationale kosten van de mogelijke warmteopties per buurt. Hoewel de nadruk van het onderzoek ligt op warmte, wordt ook gekeken naar elektriciteitsverbruik en opwekpotentie in verband met elektrificatie van de warmtevraag.

Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt het huidige en toekomstige energieverbruik van de gemeente in kaart gebracht. Hierbij ligt de focus op de gebouwde omgeving, oftewel de woningen en utiliteitsbouw. Bij de toekomstige warmtevraag wordt isolatie van gebouwen meegenomen en bij de toekomstige elektriciteitsvraag wordt gekeken naar de invloed van warmtepompen en elektrisch vervoer. In Hoofdstuk 3 wordt gekeken naar de beschikbare warmtebronnen en het potentieel van duurzame elektriciteitsopwekking in de gemeente. Hierbij gaat het om het technisch potentieel, waarbij nog geen economische analyse is gedaan. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten van Hoofdstuk 2 en Hoofdstuk 3 naast elkaar gelegd, waardoor het inzichtelijk wordt welk deel van de warmtevraag en de elektriciteitsvraag kan worden

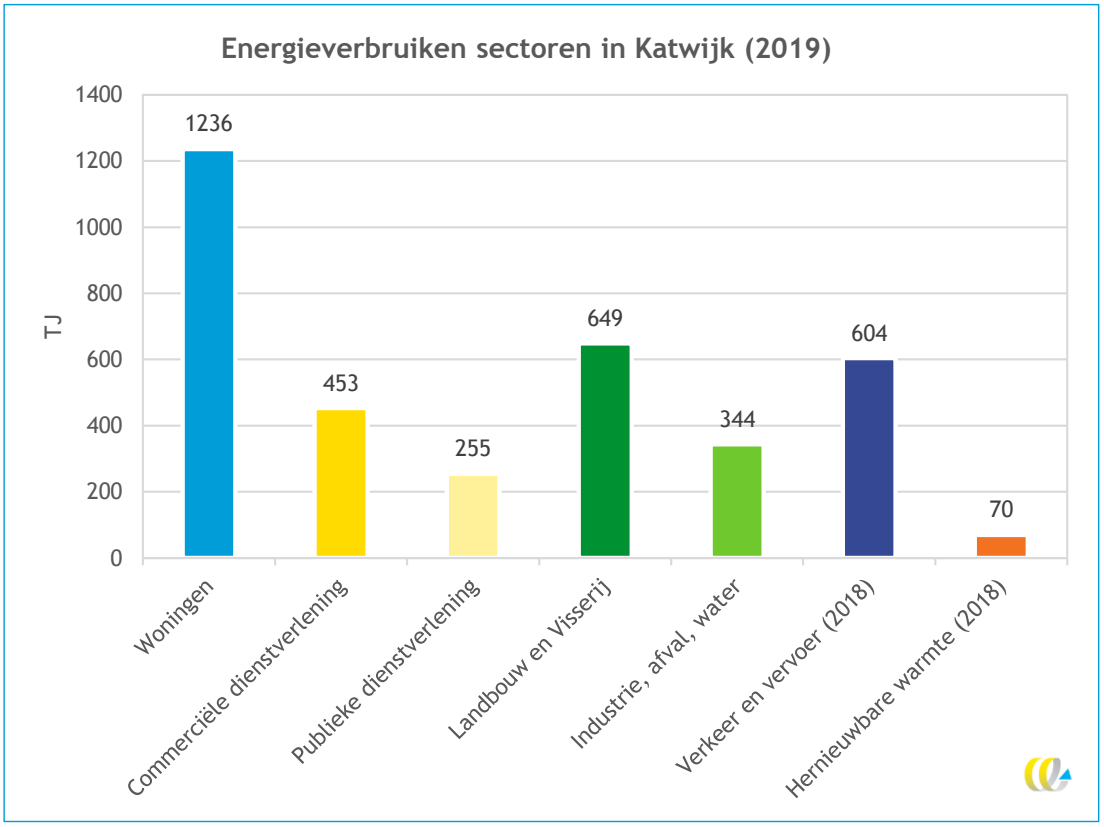
ingevuld met lokale energiebronnen. In Hoofdstuk 5 wordt op basis van de analyse van de potentiële bronnen en de lokale kenmerken per buurt, berekend wat op basis van nationale kosten de goedkoopste duurzame warmtevoorziening is per buurt. In Hoofdstuk 6 worden tot slot de conclusies van het onderzoek behandeld.

Het onderzoek is uitgevoerd vanaf december 2020 tot en met februari 2021. Voor het onderzoek is de kerngroep voor de transitievisie warmte klankbord geweest. In de kerngroep hadden zitting een afvaardiging van de gemeente, woningbouwcorporatie Dunavie, het regionaal samenwerkingsorgaan Holland Rijnland, netbeheerder Liander en een vertegenwoordiger van de energieambassadeurs in de gemeente Katwijk.

2 Energieverbruik

De Klimaatmonitor (Rijkswaterstaat, lopend) geeft aan dat de gemeente Katwijk een totaal energieverbruik[1] van 3.600 TJ had in 2018. Het huidige energieverbruik van de gemeente Katwijk wordt in beeld gebracht in Figuur 1. Hierin is gewerkt met gegevens uit 2018 en 2019, omdat niet van alle sectoren het energieverbruik o 2019 al bekend is. Zo krijgen we inzicht in de vraag naar energie en kunnen we de potentiële opwek van de lokale energie-bronnen afzetten tegen het lokale energieverbruik. Het energieverbruik is onderverdeeld in verschillende sectoren.

Figuur 1 - Energieverbruik sectoren gemeente Katwijk in 2019 (tenzij anders aangegeven[2]) (Rijkswaterstaat, lopend)



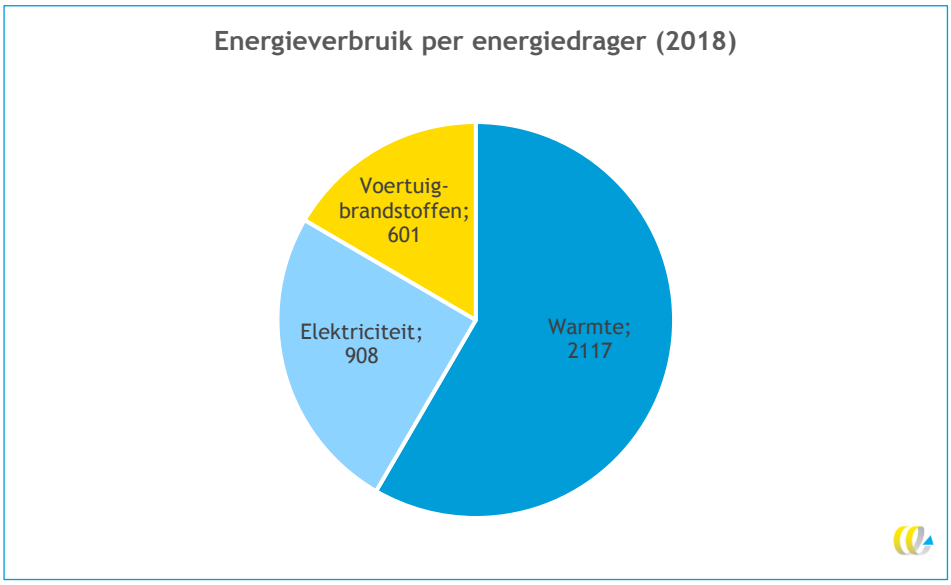
Opmerking: De hernieuwbare warmte is voornamelijk houtgestookte kachelverwarming. Deze kan toegerekend worden aan de sector woningen.

1 Dit energieverbruik is exclusief 40 TJ dat toegerekend wordt aan landelijke snelwegen die Katwijk doorkruisen.

2 CBS heeft de energieverbruiken opgesteld voor de meeste sectoren in het jaar 2019. Voor de sectoren verkeer en vervoer en hernieuwbare warmte zijn enkel gegevens beschikbaar van het jaar 2018. Het totale energie-verbruik dat eerder in de tekst is weergegeven is dan ook bepaald voor 2018, het recentste jaar waarvoor alle gegevens beschikbaar zijn.

Het energieverbruik van de gemeente Katwijk kan ook worden onderverdeeld per energiedrager. Dit is weergegeven in Figuur 2. Meer dan de helft van het energieverbruik in de gemeente Katwijk is warmte. Vooral de verbranding van gas levert warmte. In 2018 werd 70 TJ, 3,5% van de totale warmtevraag, duurzaam voorzien.

Figuur 2 - Verdeling van het totale energieverbruik in de gemeente Katwijk per energiedrager (excl. snelwegen)



2.1 Huidig energieverbruik gebouwde omgeving

Het energieverbruik van de gebouwde omgeving (GO: sectoren woningen en utiliteit/dienstverlening) wordt nader bekeken. Deze sectoren hebben een elektriciteits- en warmtevraag. De gemeente Katwijk telde 26.900 woningen in 2020 (CBS, lopend). Het aantal utiliteitsgebouwen en hun omvang, uitgedrukt in oppervlakte en woningequivalenten, is weergegeven in Tabel 1. De sector industrie en landbouw horen niet bij de gebouwde omgeving en worden niet meegenomen. Deze sectoren hebben hun eigen doelstellingen, waarop de gemeente minder invloed kan uitoefenen dan bij de verduurzaming van de gebouwde omgeving.

Tabel 1 - Oppervlakte en aantal woningequivalenten (WEQ) utiliteitsgebouwen per functie (Kadaster, 2020)

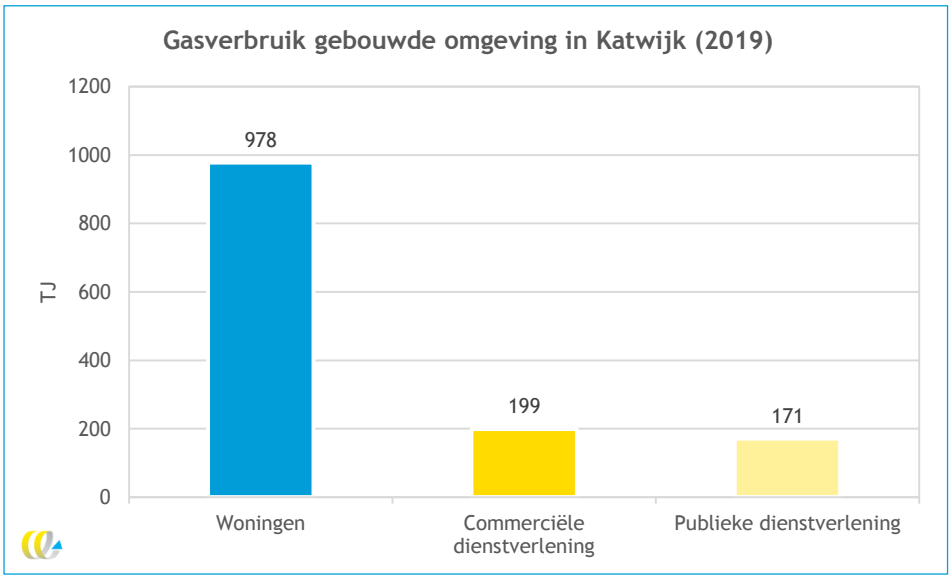
Functie utiliteitsgebouwen	Aantal	Oppervlakte (ha)	Aantal WEQ
Bijeenkomstfunctie	218	14,6	976
Gezondheidszorgfunctie	73	3,8	251
Kantoorfunctie	148	6,0	399
Logiesfunctie	73	1,0	64
Onderwijsfunctie	46	6,8	453
Celfunctie	1	0,2	13
Sportfunctie	19	1,4	94
Winkelfunctie	235	6,9	462
Overige gebruiksfunctie	1.165	7,5	500
Totaal	**1.978**	**48,2**	**3.212**

Opmerking: één woningequivalent komt overeen met 150 m² bedrijfsoppervlakte.

2.1.1 Gas (warmte) gebouwde omgeving

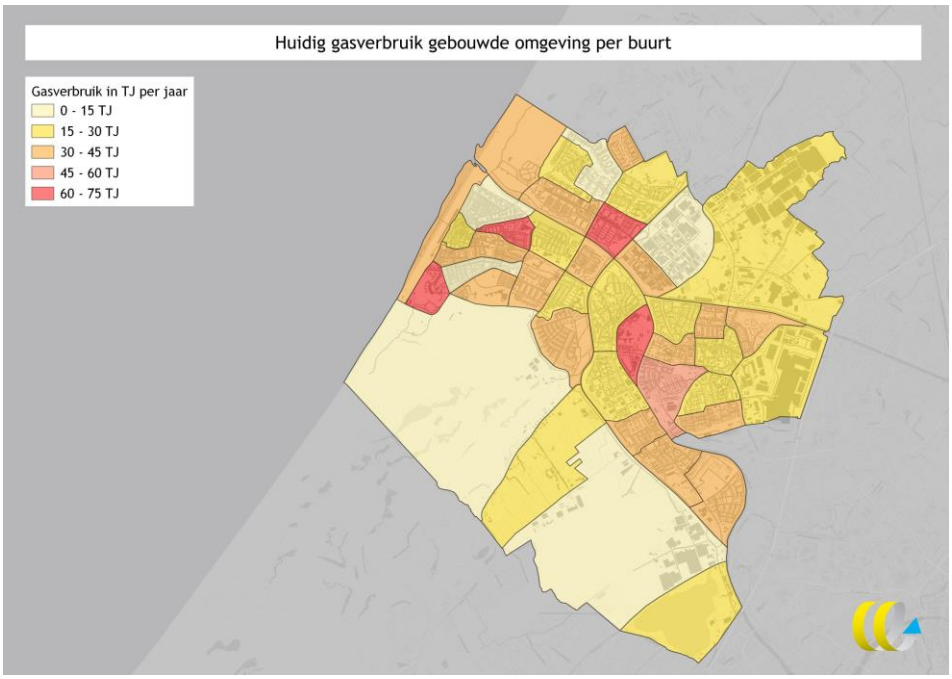
De huidige gebouwde omgeving wordt voornamelijk met gas verwarmd op temperaturen onder 90°C. Nieuwbouwwoningen worden niet meer aangesloten op het aardgasnet. Figuur 3 toont het gasverbruik van de sectoren. In de gebouwde omgeving wordt in de gemeente Katwijk in totaal 1.350 TJ gas verbruikt in 2019.

Figuur 3 - Gasverbruik sectoren in de gemeente Katwijk (2019) (Rijkswaterstaat, lopend)



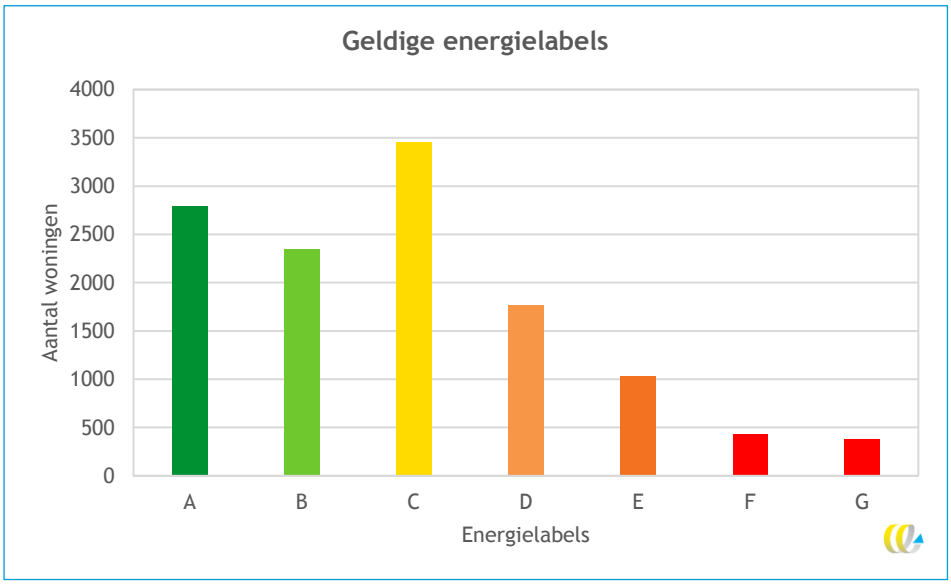
Het gasverbruik wordt per buurt weergegeven in Figuur 4. Dit is bepaald op basis van buurtgegevens voor woningen van de klimaatmonitor en berekeningen voor de utiliteit. Het gasverbruik is het hoogst in buurten met veel woningen en utiliteitsgebouwen. Oudere buurten met slechter geïsoleerde woningen hebben over het algemeen een hoger gasverbruik per woning. De woningen in de gemeente Katwijk verbruiken in totaal veel meer gas dan de utiliteitsgebouwen.

Figuur 4 - Huidig gasverbruik gebouwde omgeving per buurt



Het gasverbruik, en dus ook de warmtevraag, van een woning hangt voornamelijk af van het isolatieniveau. Hoe beter het isolatieniveau, hoe zuiniger de woning. Het energielabel geeft de isolatiegraad van een woning weer. In de gemeente Katwijk zijn er ruim twaalf duizend woningen met een geldig energielabel[3] (46% van de woningvoorraad). De energielabels zijn weergegeven in Figuur 5. Woningen zonder energielabel zijn vaak ouder en zijn recentelijk niet geïsoleerd en hebben dus vaker een slechter energielabel.

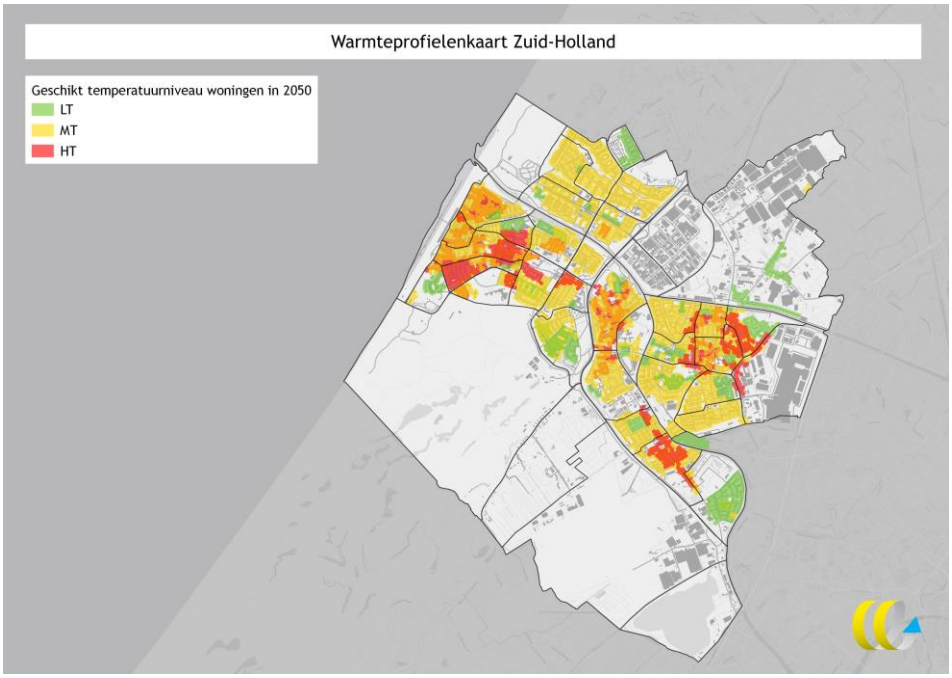
Figuur 5 - Geldige energielabels woningen de gemeente Katwijk (Rijkswaterstaat, lopend)



[3] Peiljaar 2019.

In de gemeente Katwijk is het aandeel gasverbruik van woningen veel groter dan dat van utiliteitsgebouwen. De provincie Zuid-Holland heeft voor woningen een warmteprofielenkaart ontwikkeld om inzicht te geven in het huidige benodigde temperatuurniveau van warmte (Provincie Zuid-Holland, lopend). Het temperatuurniveau van warmte hangt af van de benodigde warmte om de woning in de winter warm te houden (de isolatiegraad) en de warmteafgiftesystemen. De warmteprofielen in Figuur 6 clusteren woningen op basis van de verwachte benodigde temperatuur voor warmteafgifte in de woning in 2050: hoge temperatuur (HT; > 70°C), lage temperatuur (LT; < 55°C) of midden temperatuur (MT; 55-70°C).

Figuur 6 - Warmteprofielen woningen in gemeente Katwijk (Provincie Zuid-Holland, lopend)



Warmtevraag glastuinbouw
De glastuinbouw gebruikt warmte op temperaturen gelijkwaardig aan die van de gebouwde omgeving. Beide sectoren kunnen dan ook gebruikmaken van dezelfde duurzame warmtebronnen. Hierdoor kan concurrentie ontstaan wanneer het potentieel van de warmtebronnen beperkt is. Anderzijds kan er ook samenwerking ontstaan in de vorm van cascadering van de warmte (zie Paragraaf 3.6. Het is van belang rekening te houden met deze wisselwerking tijdens het maken van een bronnenstrategie.

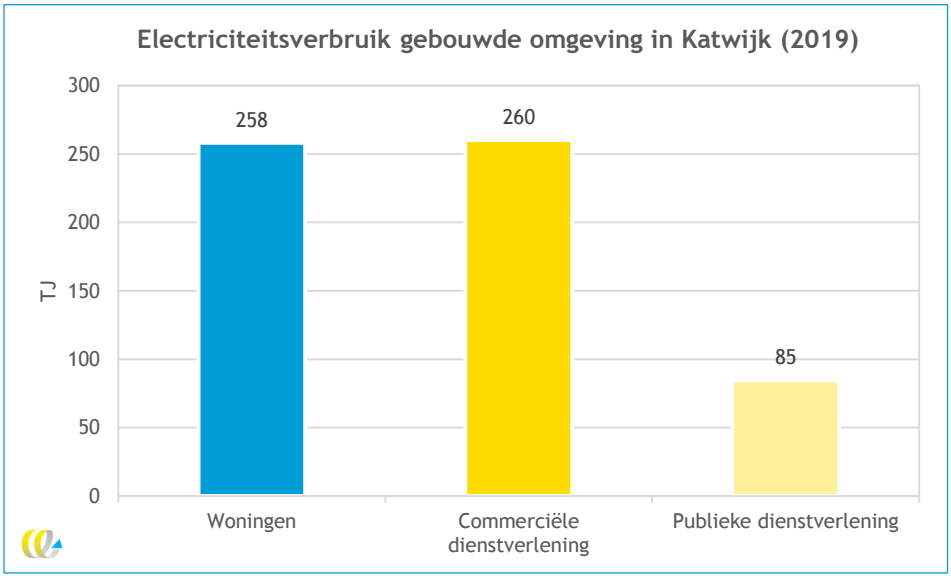
De gasvraag van de Katwijkse glastuinbouw bedraagt 276 TJ per jaar (Liander). Dit is ongeveer een vijfde van het gasverbruik van de gebouwde omgeving. De glastuinbouw heeft daarmee een groot aandeel op het totaal van de warmtevraag in de gemeente Katwijk.

2.1.2 Elektriciteit gebouwde omgeving

Het totale elektriciteitsverbruik van de gemeente Katwijk bedraagt 906 TJ in 2019.
De gebouwde omgeving gebruikte hiervan 603 TJ (66%) elektriciteit in 2019. Figuur 7 toont een verdere onderverdeling van het elektriciteitsverbruik in de gebouwde omgeving per sector. De commerciële en publieke dienstverlening/utiliteit (met bijeenkomstfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie, logiesfunctie, onderwijsfunctie, celfunctie,

sportfunctie, of winkelfunctie) verbruikt het meeste elektriciteit. Utiliteitsfuncties verbruiken meer elektriciteit voor verlichting, bijvoorbeeld in grote kantoren of bij sportvelden. Ook beschikken ziekenhuizen over veel elektrische apparaten en hebben winkels vaak elektrische koelinstallaties en verwarming.

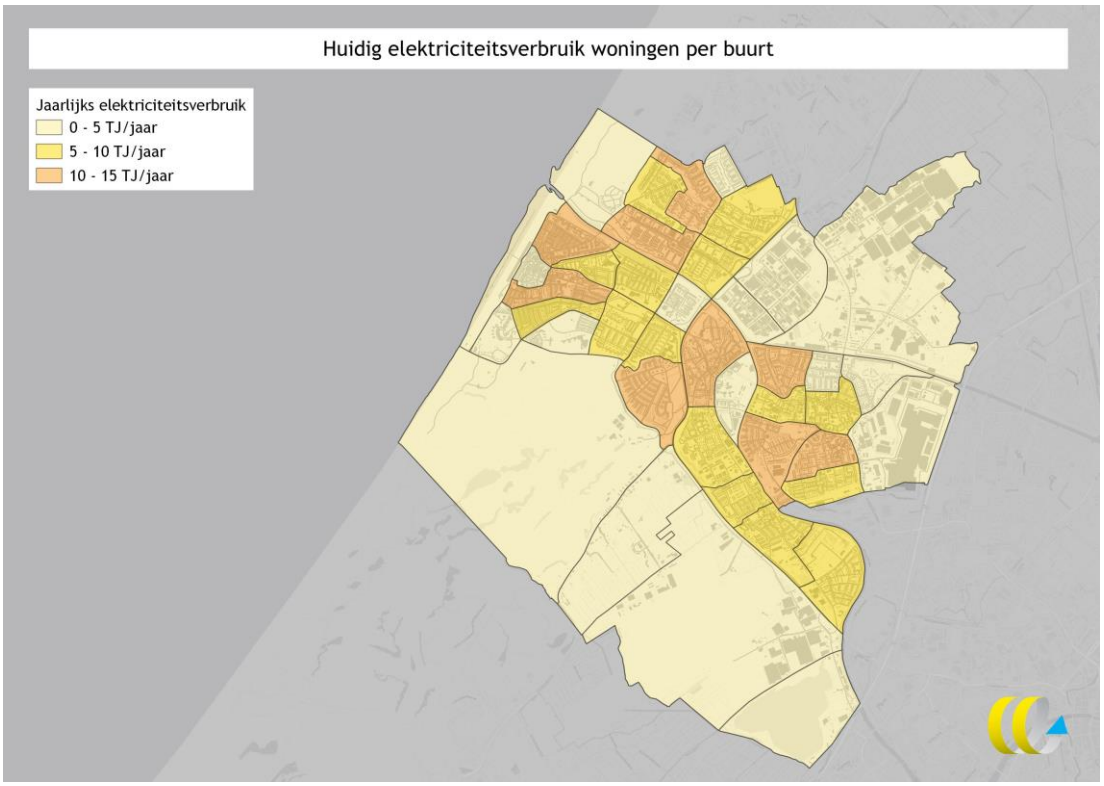
Figuur 7 - Elektriciteitsverbruik gebouwde omgeving



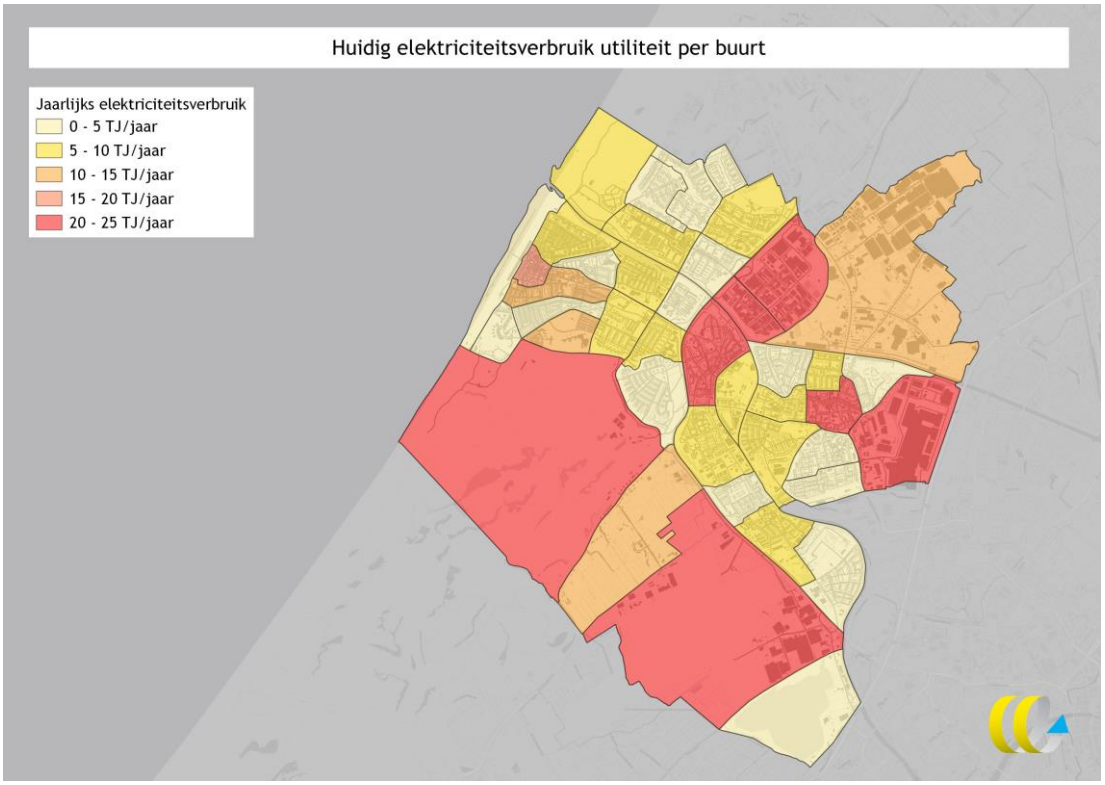
Het elektriciteitsverbruik wordt per buurt weergegeven in Figuur 9. Dit is bepaald op basis van buurtgegevens voor woningen uit de klimaatmonitor en berekeningen voor de utiliteit.[4] Het elektriciteitsverbruik hangt voor een groot deel samen met het oppervlak en het aantal woningen en utiliteitsgebouwen in een buurt. In de utiliteitsgebouwen wordt het meeste elektriciteit verbruikt. De buurten met veel utiliteitsgebouwen hebben daarom een hoge elektriciteitsvraag, zie Figuur 8 en Figuur 9.

[4] Op basis van dienstfunctie en oppervlakte van de utiliteitsgebouwen uit het Kadaster en kengetallen uit Bijlage B is het elektriciteitsgebruik van de utiliteit berekend. Dit is vervolgens geijkt met klimaatmonitordata op gemeenteniveau (Kadaster, 2020, Rijkswaterstaat, lopend).

Figuur 8 - Huidig elektriciteitsverbruik woningen per buurt



Figuur 9 - Huidig elektriciteitsverbruik utiliteit per buurt



2.2 Energieverbruik in 2030 en 2050

Voor het toekomstig energieverbruik in de gebouwde omgeving in 2030 en daarna, is het vooral van belang welke duurzame warmteopties er zullen worden toegepast en hoeveel isolerende maatregelen er worden genomen. Het doel is om in 2050 een klimaatneutrale gebouwde omgeving te hebben. Om dit te bereiken zullen alle buurten in de gemeente Katwijk op dat moment overgeschakeld moeten zijn op een andere warmtevoorziening. Voor een inschatting van het toekomstige energieverbruik maken we gebruik van de resultaten van CEGOIA.

Er zijn vele effecten die de energievraag beïnvloeden. Zo heeft de toekomstige woning- en utiliteitsbouwvoorraad invloed op de toekomstige energievraag. In deze berekeningen wordt ervan uitgegaan dat er in 2050 eenzelfde gebouwvoorraad is als momenteel in de gemeente Katwijk, waarbij wel de geplande ontwikkelingen van komende vijf jaar mee worden genomen. Daarnaast is het afwachten of het coronavirus een blijvende invloed zal hebben op vervoer en (het energieverbruik) van kantoren. In deze rapportage gaan we voor de huidige energievraag uit van de periode voordat corona in beeld kwam. Voor de toekomst nemen we de effecten van corona ook niet mee.

2.2.1 Warmte

De toekomstige warmtevraag hangt af van hoeveel er geïsoleerd zal (moeten) worden en hoeveel nieuwbouw erbij komt en oude gebouwen er gesloopt zullen worden.

De gemeente heeft als streven om alle woningen en utiliteitsgebouwen te isoleren naar energielabel B. Wanneer alle woningen en utiliteitsgebouwen naar energielabel B zijn geïsoleerd in 2050, zal de warmtevraag in 2050 917 TJ/jaar[5] bedragen in plaats van de huidige 1.350 TJ/jaar, een besparing van 32%. Wanneer er van wordt uitgegaan dat het isoleren lineair in de tijd wordt gerealiseerd, zal de warmtevraag in 2030 1.206 TJ/jaar bedragen.

Wanneer wordt gekozen voor een iets lager doel van alle woningen en utiliteitgebouwen isoleren naar energielabel C in plaats van energielabel B, zal de warmtevraag in 2050 1.101 TJ/jaar bedragen, een besparing van 18%. Dat dit zoveel minder is dan de besparing naar energielabel B, komt voornamelijk omdat het merendeel van de woningen in de gemeente Katwijk al energielabel C of hoger heeft. In 2030 zal de warmtevraag, bij lineair in de tijd isoleren, 1.266 TJ/jaar bedragen.

In de praktijk hangt het te bereiken isolatieniveau nauw samen met de gekozen warmtetechniek. Wanneer wordt overgeschakeld naar een elektrische warmtepomp of een lagetemperatuurwarmtenet is minimaal energielabel B vereist om de gebouwde voldoende warm te kunnen krijgen. Bij een hogetemperatuurwarmteoplossing, zoals een hogetemperatuurwarmtenet, is een minimaal isolatie-eis technisch niet noodzakelijk.

De resultaten van de Startanalyse 2020 die ook inschattingen geven van de verwachte energievraag zijn ter volledigheid opgenomen in de bijlage.

[5] Dit is zonder de vier buurten Rijnsburg-Noord, Kamphuizerpolder, 't Heen-Zuid, 't Heen-Noord waar industrie belangrijk is zie verder in de rapportage.

2.2.2 Koude

In de toekomst zal ook koudelevering steeds belangrijker worden. Naarmate woningen beter geïsoleerd worden, is er ook nood aan koeling tijdens de zomermaanden. Daarnaast heeft utiliteit ook een omvangrijke koelvraag, denk maar aan koelhuizen of datacenters.
Deze koeling kan voorzien worden met behulp van airconditioning of warmtepompen, maar ook door middel van opgeslagen koude uit de wintermaanden.

Wanneer alle bestaande woningen en utiliteitsgebouwen in 2050 geïsoleerd zijn naar energielabel B, zal de koudevraag rond de 189 TJ/jaar bedragen.[6] Deze koudevraag is berekend op basis van actieve koeling met een koelinstallatie. In sommige gevallen kan een gebouw ook met passieve koeling of zonwerende technieken voldoende koel blijven. Dit vraagt een stuk minder of zelfs geen elektriciteit. De huidige berekende koudevraag is 44 TJ.

2.2.3 Elektriciteit

Er wordt van uit gegaan dat de elektriciteitsvraag voor apparatuur en verlichting per woning gelijk blijft aan de huidige vraag. Daarnaast zal er elektrificatie plaatsvinden van de warmtevraag en verkeer:

Elektrificatie vindt plaats door drie evoluties:
1. Elektrische gebouwverwarming met een (hybride) warmtepomp.
2. Collectieve elektrische opwaardering LT-warmtebronnen (zie verder).
3. Elektrische voertuigen.

Wanneer veel buurten overschakelen op een elektrische warmtepomp, zal het elektriciteitsverbruik flink stijgen. Wanneer alle buurten met overwegend woningen en utiliteitsgebouwen (dus exclusief industriebuurten) in de gemeente Katwijk in 2050 overgeschakeld zouden zijn op een warmtepomp, zou de elektriciteitsvraag toenemen met 380 TJ per jaar. Het gasverbruik zou dan tot nul gereduceerd zijn. De totale elektriciteitsvraag zal dan uitkomen op 899 TJ per jaar in plaats van de huidige 603 TJ per jaar. Dit is een toename van ongeveer 50%.
Wanneer wordt aangenomen dat het aantal buurten dat overschakelt naar een elektrische warmtepomp lineair verdeeld is over de tijd naar 2050 toe, dan betekent het dat de extra elektriciteitsvraag in 2030 99 TJ per jaar zou zijn, ervan uitgaande dat uiteindelijk alle woningen en utiliteitsgebouwen in de gemeente Katwijk overschakelen op een elektrische warmtepomp.
Een ander scenario is dat de buurten in de gemeente Katwijk niet overschakelen op een warmtepomp, maar op een warmtenet. Bij het overschakelen op een HT-warmtenet is extra isolatie niet vereist. Ook bij gebruik van een warmtenet ten opzicht van een hr-ketel zal de elektriciteitsvraag ligt stijgen, voornamelijk wanneer gebruik wordt gemaakt van een LT-net, waarbij collectieve elektrische warmtepompen worden gebruikt voor het opwaarderen van warmte van te lage temperatuur.

Het overschakelen op elektrische warmtepompen betekent een heel toename in het elektriciteitsgebruik. Dit kan onwenselijk zijn, omdat de gemeente deze elektriciteitsvraag niet zelf kan opwekken. In de scenario's die worden doorgerekend met het CEGOIA-model, waarvan de resultaten in Hoofdstuk 5 zijn weergegeven, is daarom ook een scenario opgenomen waarbij de elektriciteitsvraag ten gevolge van de warmtevoorziening maar beperkt mag stijgen.

---

[6] Op basis van dienstfunctie en oppervlakte van de utiliteitsgebouwen en oppervlakte van de woningen uit het kadaster en kengetallen uit Bijlage B is de koudevraag van de gebouwde omgeving berekend (Kadaster, 2020).

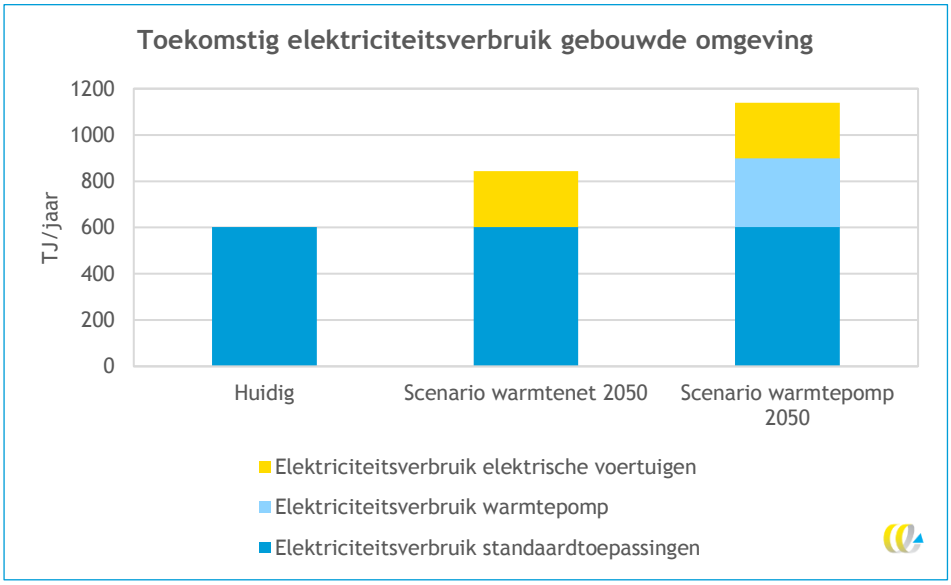
Het derde effect, toename van elektrische voertuigen, zorgt voor een verhoging van het elektriciteitsverbruik van de gebouwde omgeving, wanneer het elektrische voertuig thuis of op kantoor wordt opgeladen. Bij een klimaatneutrale energievoorziening hoort ook een klimaatneutrale transportsector. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat het doel voor mobiliteit is om in 2050 geen emissies meer uit te stoten. Dit betekent voor personenvervoer dat alles geëlektrificeerd zal zijn of op waterstof zal rijden. De verwachting is dat de elektrificatie van personenvervoer doorzet en dat alle auto's in 2050 elektrisch zijn.
In het geval een deel van de auto's op waterstof rijdt, is daar ook extra elektriciteit voor nodig. De uitgangspunten die wij hanteren voor het berekenen van de extra elektriciteitsvraag door personenvervoer zijn:

- Het aantal auto's is gelijk aan het huidige aantal auto's.
- Het gemiddeld aantal km's dat de auto's in 2050 rijden is gelijk aan het aantal km's dat auto's nu gemiddeld rijden. Dit gemiddelde is 13.000 km per jaar.
- Het verbruik van elektrische auto's gaat per gereden km iets omlaag in 2050 ten opzichte van nu. Het huidige verbruik ligt rond de 0,8 MJ per km. Voor 2050 gaan we uit van 0,7 MJ/km.

In 2019 bezitten de inwoners van de gemeente Katwijk gezamenlijk 26.000 personenauto's (CBS, 2019) De totale elektriciteitsvraag als gevolg van de volledige elektrificatie van dit personenvervoer, zorgt voor een extra elektriciteitsvraag van 241 TJ per jaar, een toename van 40% ten opzichte van het huidige elektriciteitsgebruik van de gebouwde omgeving. Dit energieverbruik is ongeveer 68% lager dan het huidige energieverbruik (op basis van fossiele brandstoffen) van personenauto's in het bezit van inwoners van de gemeente.
Het is voor een gemeente gemakkelijker om te sturen op het omlaag brengen van de uitstoot van haar inwoners, dan de uitstoot die plaatsvindt op de wegen binnen de gemeente. De gemeente kan elektrisch vervoer bijvoorbeeld stimuleren door veel laadpalen neer te zetten, maar kan daarmee niet voorkomen dat er benzineauto's over het grondgebied blijven rijden.

De resultaten van elektrificatie worden samengevat weergegeven in Figuur 10 voor het uiterste scenario waarin alle woningen en utiliteitsgebouwen in 2050 zijn overgeschakeld op een warmtepomp. Bij het scenario met warmtenetten, is het extra elektriciteitsgebruik niet meegerekend, omdat dit afhankelijk is van veel verschillende factoren, die nog niet bekend zijn, zoals de warmtebron, de afstand tot de warmtebron en de eventueel benodigde temperatuurverhoging voordat de warmte gebruikt kan worden.

Figuur 10 - Toekomstig elektriciteitsverbruik gebouwde omgeving (utiliteit en woningen) gemeente Katwijk in TJ/jaar



In het uiterste scenario, waarin de gehele gebouwde omgeving overschakelt op een warmtepomp, zal de warmtevoorziening een 63% hogere elektriciteitsvraag hebben. Wanneer alle personenauto's in 2050 op elektriciteit rijden, zal dit een toename van 40% veroorzaken ten opzichte van het huidige elektriciteitsgebruik. In totaal veroorzaakt dit scenario een toename van ongeveer 90% van de huidige elektriciteitsvraag.

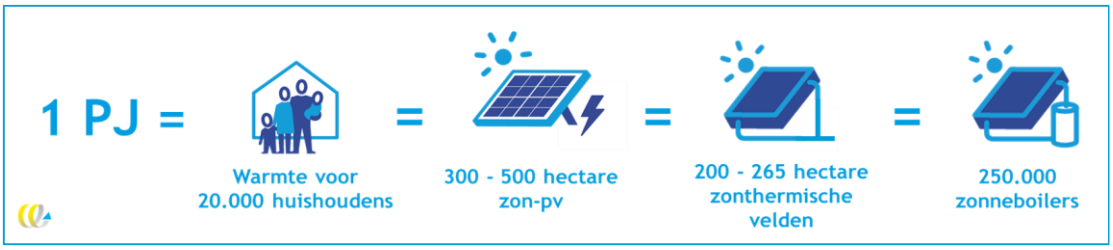
3 Duurzame energiebronnen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de lokale duurzame energiebronnen beschikbaar in de gemeente Katwijk. Elke paragraaf behandelt een type energiebron, geeft een verduidelijkende uitleg en geeft de potentiële energieproductie weer voor de gemeente Katwijk.

De huidige hernieuwbare elektriciteitsproductie in de gemeente Katwijk bedraagt 41 TJ zonnestroom in 2019 en 70 TJ hernieuwbare warmte (voornamelijk biomassa) in 2018.

3.1 Zonne-energie

Er zijn twee manieren om de energie van de zon te benutten: voor de productie van warmte, zonthermie, of voor de productie van elektriciteit, zon-pv.
Zonthermie en zon-pv concurreren met elkaar qua ruimtegebruik op daken en open ruimte. Er zal een keuze gemaakt moeten worden waarvoor de beschikbare ruimte, zowel op dak als op land, wordt ingezet. De uiteindelijke keuze hangt af van lokale voorzienings- en omgevingsrandvoorwaarden alsook financiële en technische factoren (CE Delft, 2020b).



3.1.1 Zon-pv

Zon-pv produceert elektriciteit, zonnestroom, met behulp van pv-panelen. Woningeigenaren plaatsen deze op hun eigen dak, bedrijven op grote daken van kantoorpanden of loodsen en daarnaast zijn er projectontwikkelaars die zonnevelden aanleggen. Voor elk van deze categorieën heeft Antea de potentie bepaald. Deze potentie is weergegeven in Tabel 2. De studie van Antea gaat uit van een benuttingsgraad van 18% van het beschikbaar dakoppervlak (Antea, 2019). Dit in verband met onder andere obstakels op de daken, zoals dakkapellen, oriëntatie van het dak en geschiktheid van de dakconstructie voor zonnepanelen. Deze benuttingsgraad is redelijk conservatief; in de meeste andere studies wordt uitgegaan van een hogere benuttingsgraad van 40 of zelfs 50%, zoals Adviesbureau Over Morgen in een studie voor de potentiële opwek van duurzame elektriciteit uitgaat van 50% (Overmorgen, 2020). In een recente studie van Greenspread, die nog niet gepubliceerd is, naar de huidige benuttingsgraad van daken met grootschalige zon-pv, blijkt dat op dit moment ongeveer 25% van het totale dakoppervlak wordt benut.
Op basis van deze benuttingsgraad van 25% en kengetallen uit voorgaand onderzoek (CE Delft, 2020a) is de potentiële elektriciteitsproductie herbekeken.

Zonnepanelen in de gemeente Katwijk produceerden in totaal reeds 41 TJ in 2019 (Rijkswaterstaat, lopend). Zonnepanelen worden steeds efficiënter. Nieuwere panelen zullen daardoor meer opbrengen dan oudere panelen. Zo hebben pv-panelen die op dit moment worden aangeschaft een gemiddeld vermogen van 330 Wp en zullen nieuwe

panelen in 2030 volgens bracheorganisatie Holland Solar een gemiddeld vermogen hebben van rond de 400 Wp. Wanneer de huidige panelen over tien jaar worden vervangen, zal de jaarlijkse opbrengst met ruim 20% toenemen, uitgaande van een gemiddeld huidig vermogen van 330 Wp per paneel. In de praktijk ligt het gemiddelde vermogen van de huidige panelen waarschijnlijk lager, omdat ze al eerder zijn aangeschaft.

Wanneer het potentieel aan zon op kleine daken, zon op grote daken en zonneveld-opstellingen inclusief agrarische ruimte bij elkaar op wordt geteld, komt dit op basis van de berekening van CE Delft, op een totaal van 518 TJ/jaar. Op basis van de berekening van Antea is het potentieel slechts 123 tot 186 TJ/jaar, wat maximaal 36% is van het potentieel door CE Delft berekend.

Tabel 2 - Potentiële zon-pv-productie in de gemeente Katwijk

Zon-pv-systeem	Potentiële elektriciteits-productie (Antea, 2019)	Duiding	Potentiële elektriciteits-productie (CE Delft, 2020a)	Duiding
Zon op kleine daken	45-67 TJ/jaar	Totaal klein dakoppervlak is 278 ha. 50% van totaal dakopper-vlak geschikt i.v.m. oriën-tatie daken. Benuttingsgraad 18% van beschikbaar dakoppervlak kleine daken (25 ha).	156 TJ/jaar	50% van totaal dakopper-vlak geschikt i.v.m. oriën-tatie daken. Hiervan wordt met een benuttingsgraad gerekend van 25% (35 ha) Gemiddeld vermogen pv-paneel: 360 Wp.
Zon op grote daken	16-25 TJ/jaar	Totaal dakoppervlak grote daken: 102 ha[7]. (Op grote daken zijn meer dan 180 panelen mogelijk) Hiervan wordt met een benuttingsgraad gerekend van 18%.	240 TJ/jaar	Totaal dakoppervlak 214[8] ha waarvan 25% benuttingsgraad dakopper-vlak. Gemiddeld vermogen pv-paneel: 360 Wp.
Zonneveldopstelling excl. agrarische ruimte	13-20 TJ/jaar	Totaal oppervlak: 2,4 ha grote parkeerterreinen en 5 ha restruimte, met een benuttingsgraad van 25%.	34 TJ/jaar	Totaal oppervlak: 2,4 ha grote parkeerterreinen en 5 ha restruimte, met een benuttingsgraad van 25%. Gemiddeld vermogen pv-paneel: 360 Wp.
Zonneveldopstelling incl. agrarisch ruimte	49-74 TJ/jaar	Totaal veldoppervlak inclusief een additionele 20 ha (10% van het agrarische oppervlak), met een benuttingsgraad van 25%.	123 TJ/jaar	Totaal veldoppervlak inclusief een additionele 20 ha (10% van het agrarische oppervlak), met een benuttingsgraad van 25%. Gemiddeld vermogen pv-paneel: 360 Wp.

[7] Op basis van data Pico (Geodan), waarbij niet alle grote daken worden meegenomen. Het grootste dak in de gemeente, dat van Royal FloraHolland, is bijvoorbeeld niet meegenomen, terwijl hier inmiddels wel zonne-panelen op liggen.

[8] Op basis van het dakoppervlak van alle daken met een oppervlak groter dan 285 m², bepaald met behulp van de BAG.

Gevels

De theoretische potentie van energieopwek via zonnepanelen op gevels in de gemeente de gemeente Katwijk is volgens de landelijke potentiekaarten van het Nationaal Programma Regionale Energie Strategieën 62 TJ per jaar (Geodan et al., lopend). Deze analyses zijn vrij onzeker en gebaseerd op grove aannames.
Wij achten de kans klein dat alle geschikte gevels bedekt worden met zonnepanelen. Zonnepanelen op gevels kunnen esthetisch niet wenselijk zijn en daarnaast is het rendement lager dan bij zon op dak, omdat de hellingshoek niet optimaal is. Ook zijn op dit moment zonnepanelen op gevels duurder dan zonnepanelen op daken.
Als aanname gaan we ervan uit dat op 20% van de geschikte gevels zon-pv wordt toegepast. Dit geeft een potentie voor zon op gevels in de gemeente Katwijk van 12 TJ per jaar.

3.1.2 Zonthermie

Zonthermie produceert warmte met behulp van zonnecollectoren. Zonnestraling warmt een vloeistof op die door de collectoren stroomt. Deze vloeistof wisselt vervolgens zijn warmte uit met het centrale verwarmingssysteem voor tapwater en/of ruimteverwarming of met proceswater in bedrijven. De geproduceerde zonnewarmte is een duurzame warmtebron en een alternatief voor aardgas.

Zonnecollectoren zijn nog een stuk zwaarder dan zon-pv-panelen omwille van de vloeistof die door de panelen stroomt. Grote daken vereisen vaak extra versteviging om zonthermie mogelijk te maken, als het al haalbaar is. Daarnaast zijn er ontwikkelingen gaande op het gebied van individuele opslag voor zonnewarmte om uitdagingen voor individuele woningverwarming met zonthermie te overkomen.

De meest toegepaste systemen in Nederland zijn grootschaligere zonthermie op velden en kleinschalige zonneboilers voor de verwarming van tapwater. Tabel 3 toont de resultaten van de potentiële warmteproductie voor beide technieken uit een recent uitgevoerde verkenning van het zonnewarmtepotentieel in Zuid-Holland door CE Delft.

Tabel 3 - Potentiële zonthermieproductie in de gemeente Katwijk (CE Delft, 2020b)

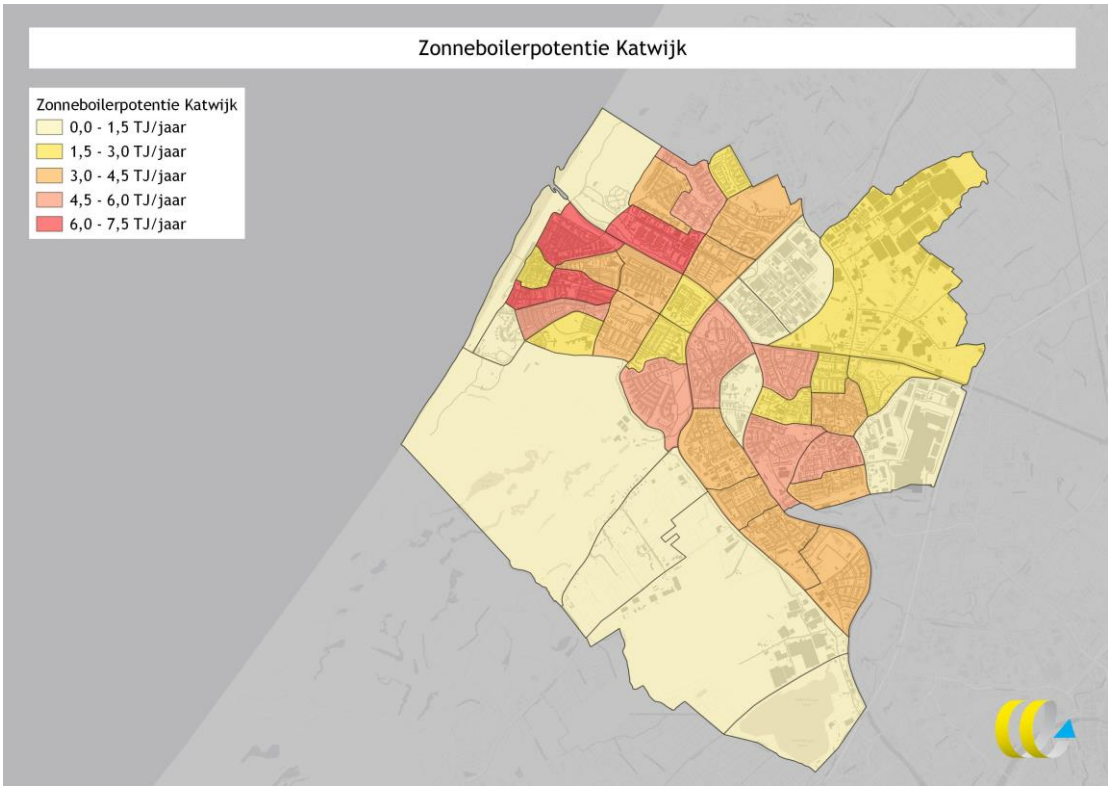
Zonthermiesysteem	Potentiële warmteproductie	Duiding
Zonneboilers op woningdaken	73-90 TJ/jaar	65-80% van de woningdaken geschikt voor een zonneboiler. Een zonneboiler bespaart de helft van het gasverbruik op warm tapwater, voornamelijk omdat in de winter niet genoeg warmte wordt opgewekt om het tapwater warm te maken.
Zonthermie op velden	72 TJ/jaar	Mogelijke zonthermieproductie volgens regelgeving van Omgevingsvisie provincie Zuid-Holland

Ruimte die gebruikt wordt voor zonthermie, kan niet gebruikt worden voor zon-pv en omgekeerd. Zonthermie en zon-pv op velden zoeken dezelfde open ruimte. Er moet dus afgewogen worden of de beschikbare potentie wordt ingezet voor zonthermie of zon-pv. Zonneboilersystemen nemen relatief weinig plaats in, gemiddeld 2,5 m² dakoppervlak (CE Delft, 2020b). Indien elk huishouden in de gemeente Katwijk een zonneboiler installeert komt dit neer op 7 ha dakoppervlak. Dit is slechts 2,5% van het totale dakoppervlak van kleine daken, 278 ha.

De zonneboilerpotentie per buurt is berekend op basis van de huishoudenssamenstelling van de klimaatmonitor en kengetallen van Milieucentraal (MilieuCentraal, Rijkswaterstaat,

lopend). Het resultaat, hoeveel warmte zonneboilers kunnen produceren, is weergegeven in Figuur 11. Hierbij is aangenomen dat ieder huishouden een zonneboiler plaatst. Buurten met veel huishoudens hebben de hoogste potentie.

Figuur 11 – Zonneboilerpotentie op woningen per buurt (TJ/jaar)



Bron: (CE Delft, 2020b).

3.1.3 PVT-panelen

Een PVT-systeem combineert een zonthermisch systeem met een zon-pv-systeem, waardoor deze naast elektriciteitslevering ook een deel van de ruimtewarmtevraag kan vervullen. PVT-systemen hebben een gecombineerde energieopbrengst groter dan de individuele systemen afzonderlijk. Het zonthermische gedeelte koelt het pv-gedeelte van de panelen zodat de elektriciteitslevering stijgt, met typisch 5% ten opzichte van standaard pv-systemen (Solar Heat Europe, 2018). Een PVT-systeem levert lagetemperatuurwarmte welke met een warmtepomp en elektriciteit gebouwen kan verwarmen.

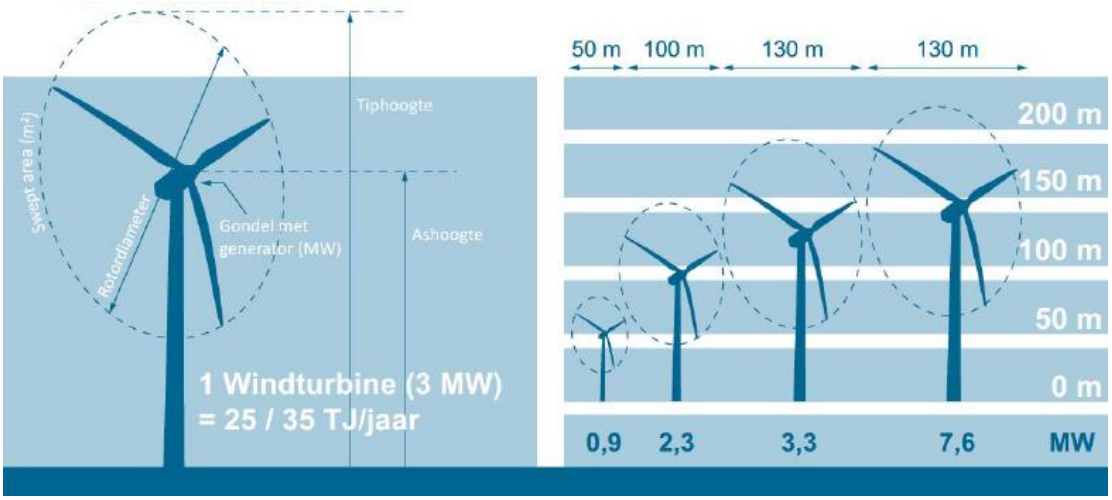
De aanschaf van PVT-panelen is momenteel nog kostbaar omdat het een nieuwe techniek is in ontwikkelingsfase. Het is goedkoper om apart zonnepanelen en een zonneboiler te nemen (MilieuCentraal, 2020). Een PVT-systeem kan wel optimaal het dakoppervlak benutten, wanneer dit beperkt is.

PVT-panelen staan momenteel nog in hun kinderschoenen, maar bieden mogelijkheden voor de toekomst. In Haarlem is het Spaargasinitiatief bezig met een startproject: De Zonnet. Met behulp van PVT-panelen op daken en een gezamenlijk WKO-net zal het project een buurt van warmte voorzien (SPAARgas.nu, 2020). Wanneer het project succesvol blijkt, biedt dit kansen voor gelijkaardige buurten en wijken in heel Nederland.

3.2 Wind

Windenergie is duurzame energie die erg interessant is op plekken waar het hard en vaak waait, met name open gebieden nabij zee of meren. Een windturbine zet door zijn draaiende beweging de energie uit de wind om in elektriciteit. Zoals aangegeven in Figuur 12 levert één windturbine van 3 MW tussen 25–35 TJ/jaar aan stroom. Dit is het elektriciteitsverbruik van 2,5 tot 3,5 duizend huishoudens.[9]

Figuur 12 - Opbrengst windenergie in Nederland



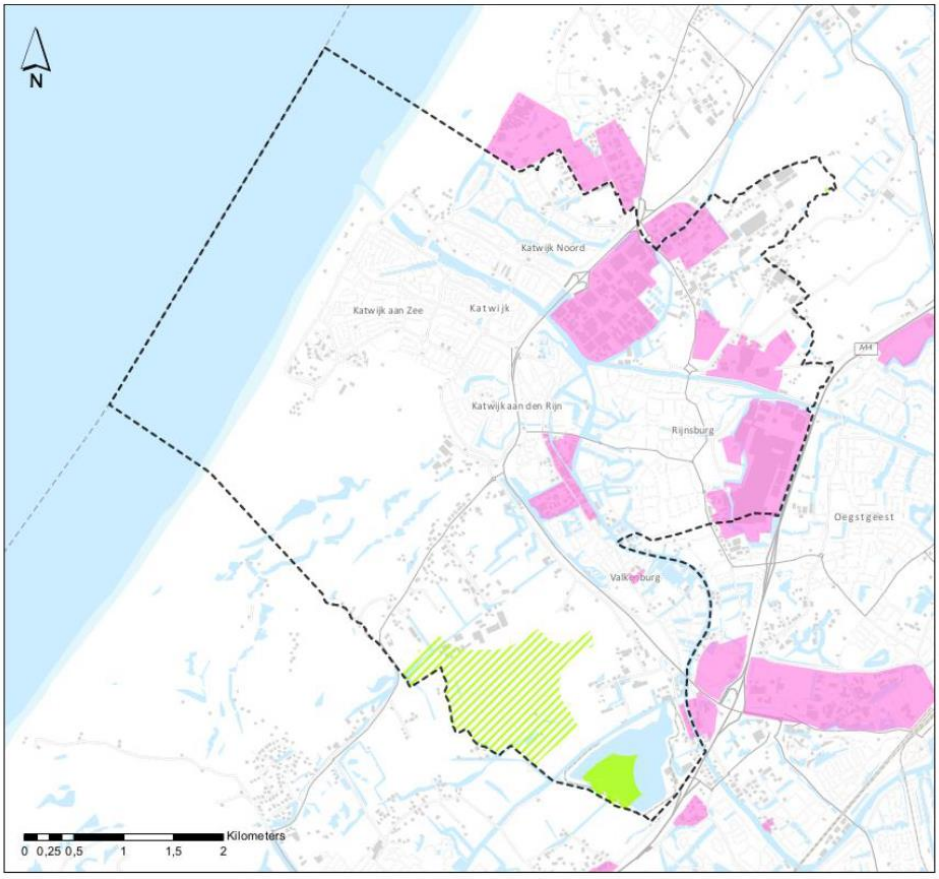
Bron: (Antea, 2019).

Bij het plannen van windparken of enkelvoudige windturbines moet rekening gehouden worden met ruimtelijke beperkingen. Vanwege de mogelijke milieugevolgen moet voldoende afstand worden aangehouden tot woningen en gevoelige gebieden, zoals natuur- en stiltegebieden. Ook dient vanwege externe veiligheidsaspecten voldoende afstand in acht genomen te worden van kwetsbare objecten, zoals woningen, hoogspanningsverbindingen, leidingen, wegen, spoorlijnen en luchtvaart. Daarnaast dient ook rekening gehouden te worden met natuur en overig provinciaal beleid.

Ten gevolge van de belemmeringen blijft er in de gemeente Katwijk ruimte over voor drie windturbines rond het Valkenburgse meer, die in totaal rond de 108 TJ per jaar kunnen opleveren (Antea, 2019). Verder onderzoek hiernaar wordt verricht ten behoeven van de nieuw te bouwen wijk Valkenhorst. De wijk heeft als doelstelling energieneutraal bouwen en wonen. Ook zijn de bedrijventerreinen en het gebied rond vliegveld Valkenburg aangewezen als een locatie waar windenergie mogelijk is.

[9] Het gemiddelde elektriciteitsverbruik van een huishouden in Nederland bedraagt 2.832 kWh/jaar (Nibud, 2020).

Figuur 13 - Kansenkaart windenergie (Groen: geen belemmeringen windenergie; Groen gestreept: Locatie vliegveld Valkenburg; Roze: Bedrijventerrein)



Bron: (Antea, 2019).

Voor verdere informatie wordt verwezen naar de kansenkart zonnevelden en windenergie RES Holland Rijnland.

3.3 Bodemwarmte

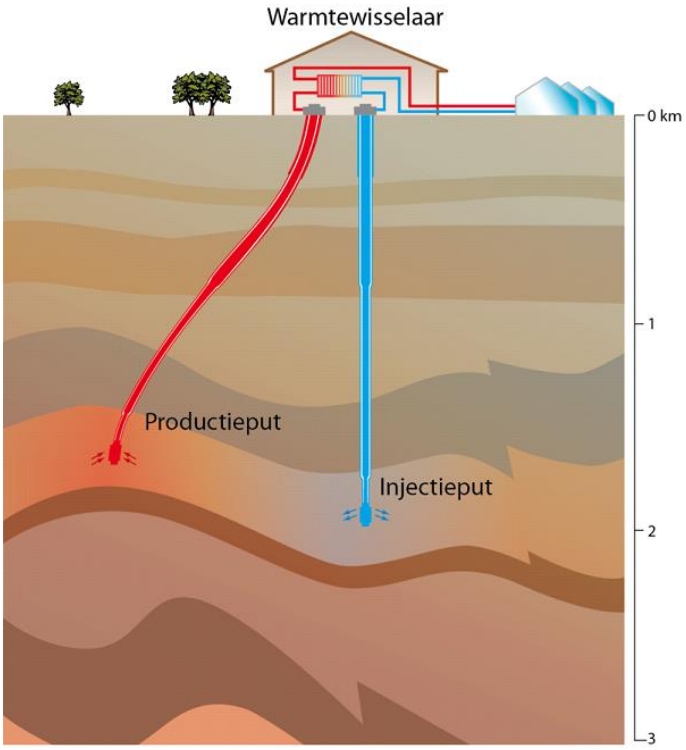
De aarde kan duurzame warmte leveren. De kwaliteit van de warmte stijgt met de diepte van de boring. Diepe aardwarmte, geothermie, levert warmte op temperaturen van 60-80°C. Warmte op deze temperaturen kan rechtstreeks gebruikt worden voor gebouwverwarming en voor de productie van warm water. Ondiepe bodemenergiesystemen functioneren voornamelijk als seizoensopslag van zomerwarmte op lage temperaturen onder 25°C. Er zijn twee types ondiepe bodemenergiesystemen: open systemen, met name de warmte- en koudeopslag (WKO), welke warm grondwater uitwisselen met de bodem, en gesloten systemen welke in een gesloten lus warmte uitwisselen met de bodem.

3.3.1 Geothermie

Diepe aardwarmte, geothermie, levert warmte op temperaturen van 60-80°C. Een geothermiedoublet maakt de aardwarmte beschikbaar aan het oppervlak met een warmtewisselaar. Figuur 14 toont het principe van een geothermiedoublet bestaande uit een productieput en een injectieput van enkele kilometers diep. Geothermie is een groot-

schalige collectieve bron die een distributienet met veel woningen van warmte kan voorzien (vuistregel minimaal 5 MW_{th}).

Figuur 14 - Principeschets geothermie



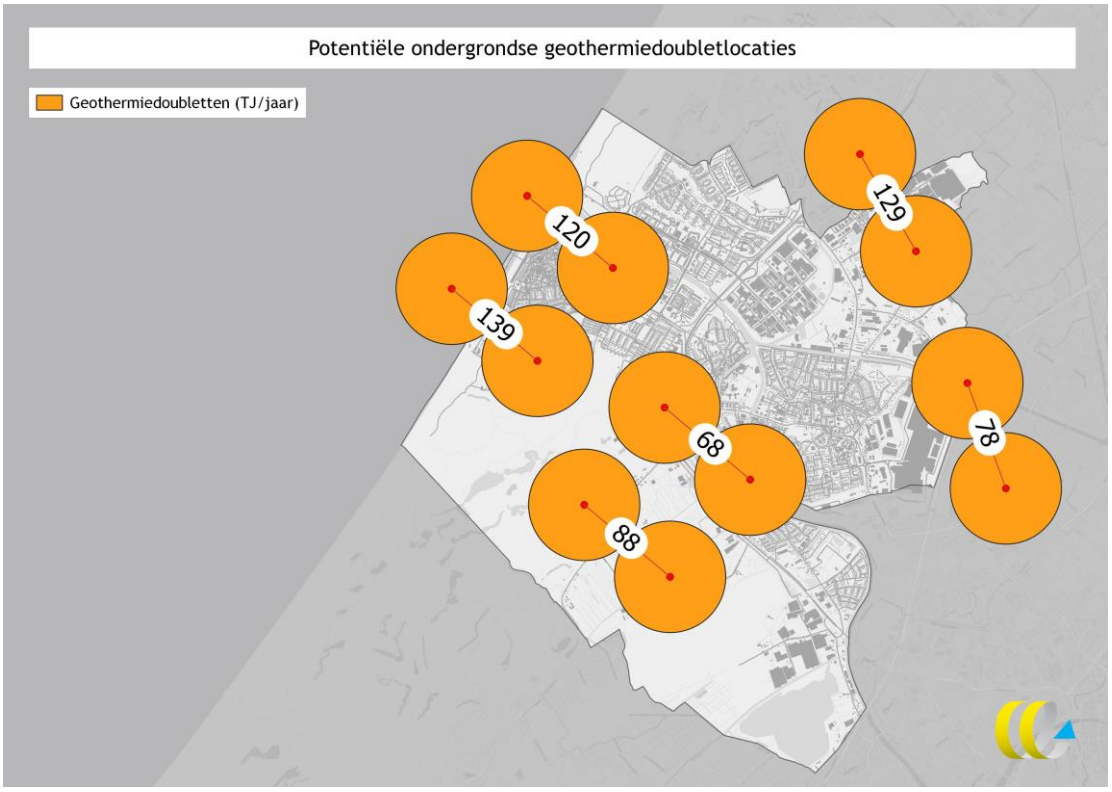
Bron: (ThermoGIS, lopend).

IF Technology heeft de geothermiepotentie voor de regio Holland Rijnland in kaart gebracht. Het Delft-Alblasserdam Member (bodemlaag) verdient de voorkeur. De maximale temperaturen van deze bodemlaag bedragen 70-75°C en een standaarddoubletconfiguratie heeft een verwachtte maximale potentie van 9 MWth. Figuur 15 geeft een globale indicatie van het ondergrondse potentieel en de ondergrondse doubletlocaties met hoogst mogelijke energetische potentie. Figuur 15 toont de potentiële geothermische warmteproductie van deze doubletten. De totale potentiële warmteproductie van de doubletten is 621 TJ/jaar. Dit komt overeen met ongeveer twee derde van de woningwarmtevraag van de gemeente Katwijk. Let op, twee van deze doubletten bevinden zich op de rand van de gemeente. Het is onduidelijk of de gemeente Katwijk zelf of een buurtgemeente over deze warmte zal kunnen beschikken.

De onzekerheid van de ondergrondsamenstelling en de geschatte warmteproductie wordt laag geacht (IF Technology, 2020).

Recent onderzoek van PanTerra Geoconsultants en Wayland technology geeft echter aan dat de maximum potentie van een geothermiedoublet 2 à 3 keer hoger ligt, 15-30 MWth per doublet in plaats van de 9 MWth die IF Technology noemt. Per doublet wordt er gemiddeld gerekend op een jaarlijkse opbrengst van 360 TJ. Dit verschilt sterk van de potentieschatting van IF Technology, zie Figuur 15. IF Technology heeft veel ervaring opgebouwd inzake bodemonderzoek. Daarom houden we hun potentie aan.

Figuur 15 - Doubletinpassing geothermie voor een globale indicatie van het potentieel in regio Holland Rijnland



Bron: (IF Technology, 2020).

Figuur 15 geeft de ondergrondse putlocaties van de doubletten weer. De oppervlakte-locaties van de doubletten, waar de warmte beschikbaar komt, kunnen verschillen van de ondergrondse putlocaties in horizontale aftand door schuin te boren. Deze horizontale afstand is afhankelijk van o.a. de diepte van het reservoir.
Bij het plaatsen van de doubletten op de kaart in Figuur 15 is alleen rekening gehouden met ondergrondse factoren, en niet met bovengrondse warmtevraag, aanwezige of toekomstige infrastructuur en andere belangen aan het aardoppervlak. Ondanks dat er geen oppervlakte-locaties mogen komen in boringvrije zones, waterwingebieden of Natura 2000-gebieden, kan er eventueel wel onder deze gebieden door geboord worden. De beperkingen op de ondergrond komen aan bod in Paragraaf 3.3.4.

3.3.2 WKO (openbodemenergiesysteem)

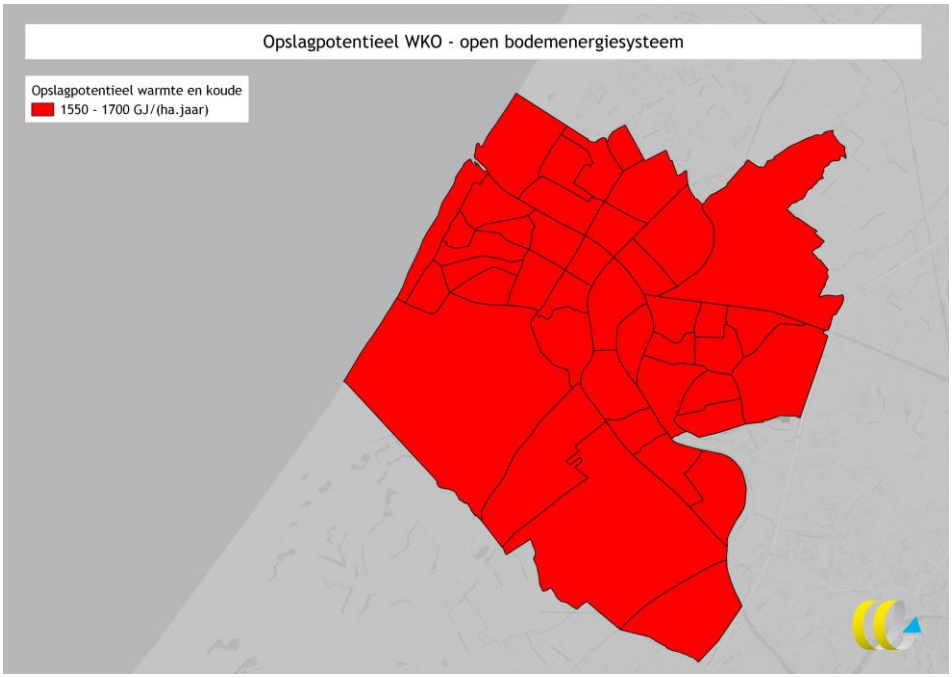
Een WKO is een openbodemenergieopslagsysteem. In de zomer wordt er warmte in de aquifer van de WKO gepompt. In de winter gebruikt de WKO het opgewarmde grondwater uit de bodem. Het temperatuurniveau van WKO-systemen is laag, onder 25°C. Een warmte-pomp kan de opgeslagen warmte opwaarderen tot hogere temperaturen. In de winter wordt er juist koude in de WKO gepompt, die in de zomer kan worden gebruikt voor koeling.

Aquathermie en WKO gaan hand in hand. Enkel wanneer ook in de winter warm water beschikbaar is in geval van TEA (thermische energie uit afvalwater), is er geen opslag nodig. Bovendien kan dan ook de capaciteit uitgebreid worden door met een opslag de

zomerwarmte te benutten. Ook voor zonthermie is, indien deze gebruikt wordt voor ruimteverwarming, een opslag nodig om de zomerwarmte op te slaan voor de koudere winterdagen. Hogere opslagtemperaturen zijn gunstiger voor zonthermie. Hiertoe wordt momenteel in het WarmingUP-programma onderzoek gedaan naar MTO en HTO (midden- en hogetemperatuuropslag) (WarmingUp, lopend).

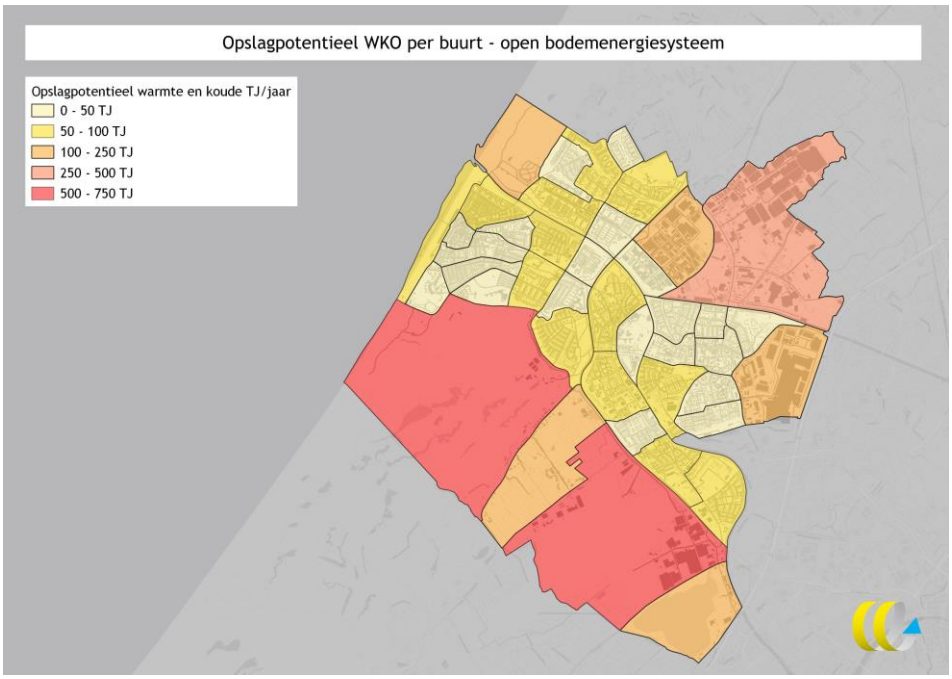
Voor de bepaling van het potentieel van WKO maken we gebruik van de potentieelkaarten van de Warmteatlas (RVO, lopend). Deze geven per buurt de maximale theoretische warmte of koude die de bodem kan opslaan en leveren tot een maximale diepte van 250 meter beneden maaiveld. Het opslagpotentieel voor WKO per hectare in de gemeente Katwijk is weergegeven in Figuur 16. De grond wordt overal even geschikt geacht voor het opslaan van koude en warmte in de buurt. Voor het potentieel per buurt, zie Figuur 18. Het potentieel per buurt verschilt, omdat buurten een verschillend oppervlak hebben. Hoe groter de buurt, hoe groter het potentieel aan WKO.

Figuur 16 -Opslagpotentieel WKO - openbodemenergiesysteem gemeente Katwijk



Bron: (RVO, lopend).

Figuur 17 - Opslagpotentieel WKO - openbodemenergiesysteem gemeente Katwijk per buurt



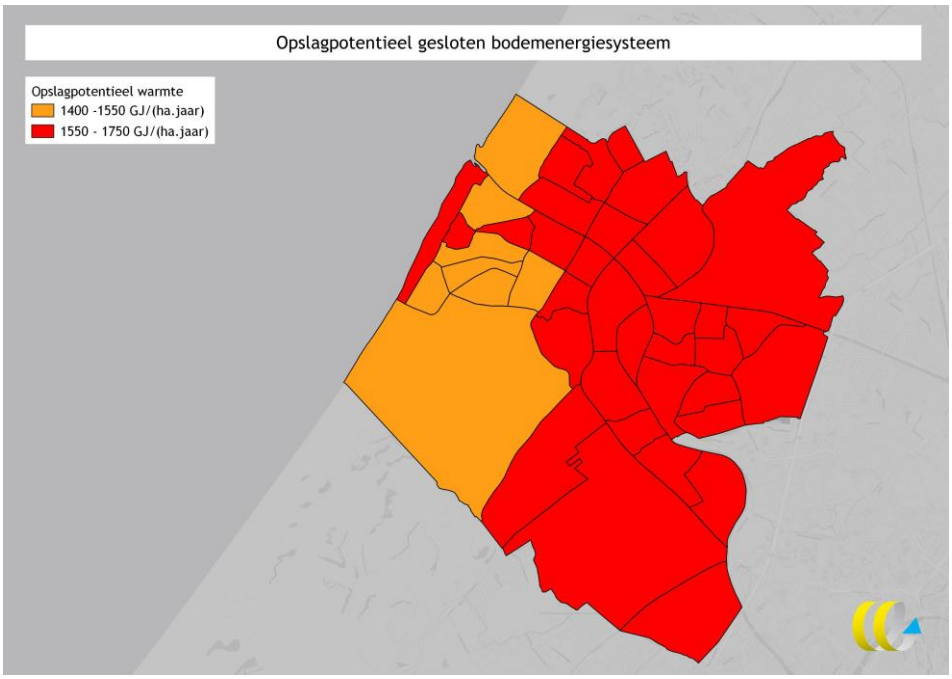
De opslagpotentie is hoog. De gemeente Katwijk heeft met zijn oppervlakte van 3.113 ha een theoretisch opslagpotentieel voor WKO van 4,8-5,3 PJ per jaar. Dit is ongeveer vier keer de warmtevraag van de gebouwde omgeving in de gemeente Katwijk.

3.3.3 Bodemwarmtewisselaar (geslotenbodemenergiesysteem)

Een bodemwarmtewisselaar is een geslotenbodemenergieopslagsysteem. Een vloeistof wordt door een bodemlus gepompt. De vloeistof verlaat de bodemlus niet, maar wisselt wel warmte uit met de omliggende bodemlaag. Omdat er geen grondwateruitwisseling plaats-vindt is de vergunningverlening minder restrictief. In de zomer wordt er warmte in de bodem opgeslagen. Deze warmte kan vervolgens in de winter benut worden. In de winter wordt er juist koude in de bodem opgeslagen, die in de zomer benut kan worden.

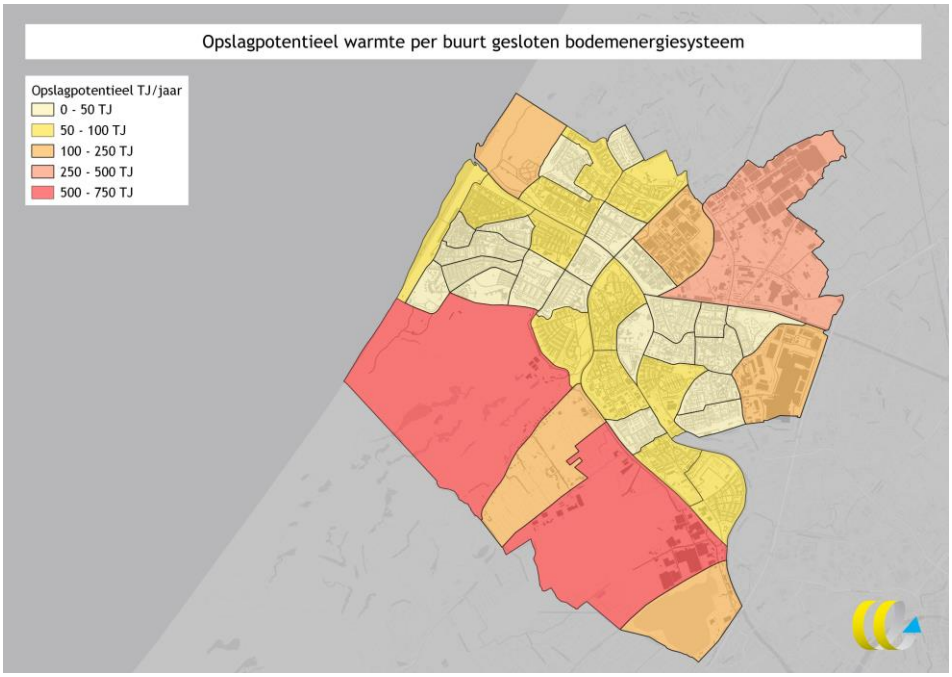
Voor de potentieelbepaling gaan we uit van de potentieelkaarten van de Warmteatlas (RVO, lopend). RVO gaat uit van een verticale bodemwarmtewisselaar met een onderlinge afstand van tien meter en een maximale diepte per lus van 150 meter beneden maaiveld.
Het opslagpotentieel voor geslotenbodemenergiesystemen is weergegeven in Figuur 18 voor warmte en in Figuur 20 voor koude. Per buurt is het opslagpotentieel bepaald in Figuur 19 voor warmte en Figuur 21 voor koude.

Figuur 18 - Opslagpotentieel geslotenbodemenergiesystemen warmte



Bron: (RVO, lopend).

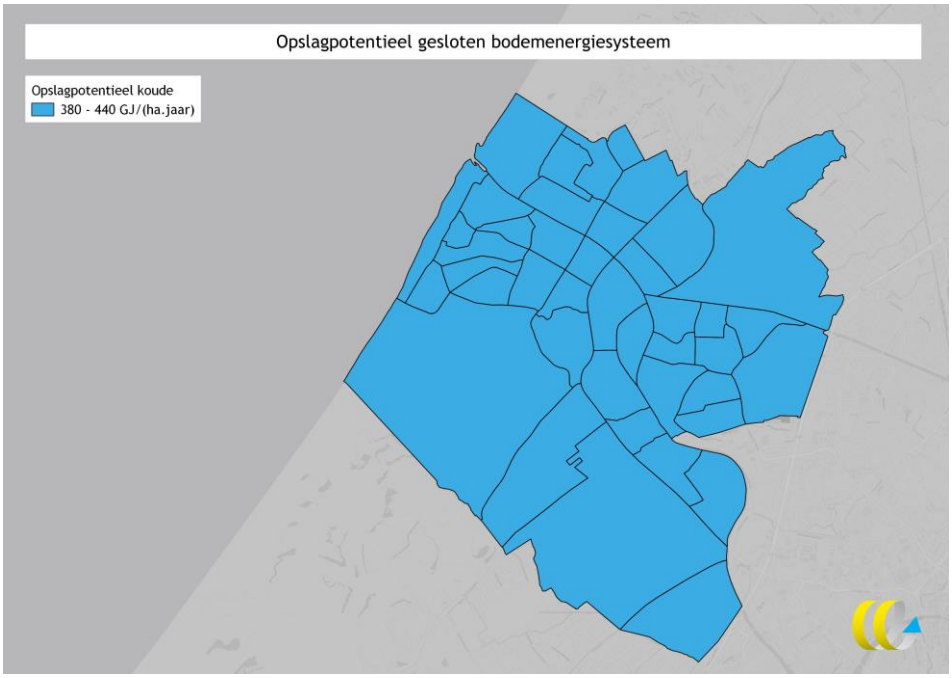
Figuur 19 - Opslagpotentieel geslotenbodemenergiesystemen warmte per buurt



De opslagpotentie is hoog. De gemeente Katwijk heeft met zijn oppervlakte van 3.110 ha een theoretisch opslagpotentieel voor geslotenbodemenergiesystemen van 4,7–5,3 PJ per jaar. Dit is ongeveer vier keer de warmtevraag van de gebouwde omgeving in de gemeente Katwijk. De gemeente Katwijk beschikt over een erg goede bodemkwaliteit, met name door

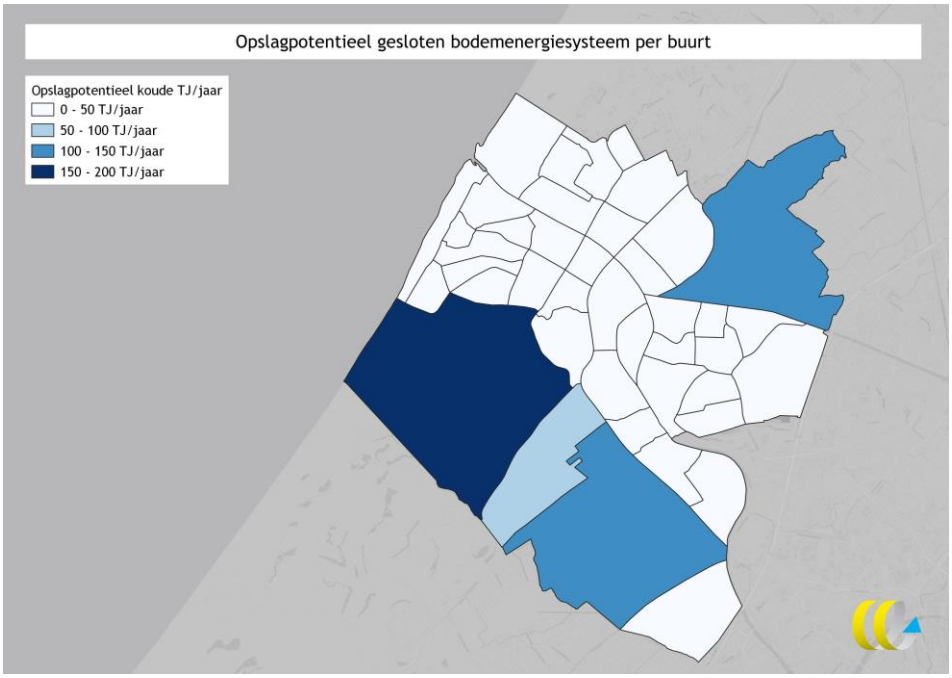
bodemreservoirs en ondergrondse waterlagen, voor de opslag van warmte. Geschiktheid voor een WKO wordt mede bepaald door kenmerken van de ondergrond zoals dikte van het watervoerende pakket waarin de opslag plaatsvindt, de doorlatendheid van de bodem, de grondwaterstand en de thermische geleiding van de bodem.

Figuur 20 - Opslagpotentieel geslotenbodemenergiesystemen koude



Bron: (RVO, lopend).

Figuur 21 - Opslagpotentieel geslotenbodemenergiesystemen koude per buurt

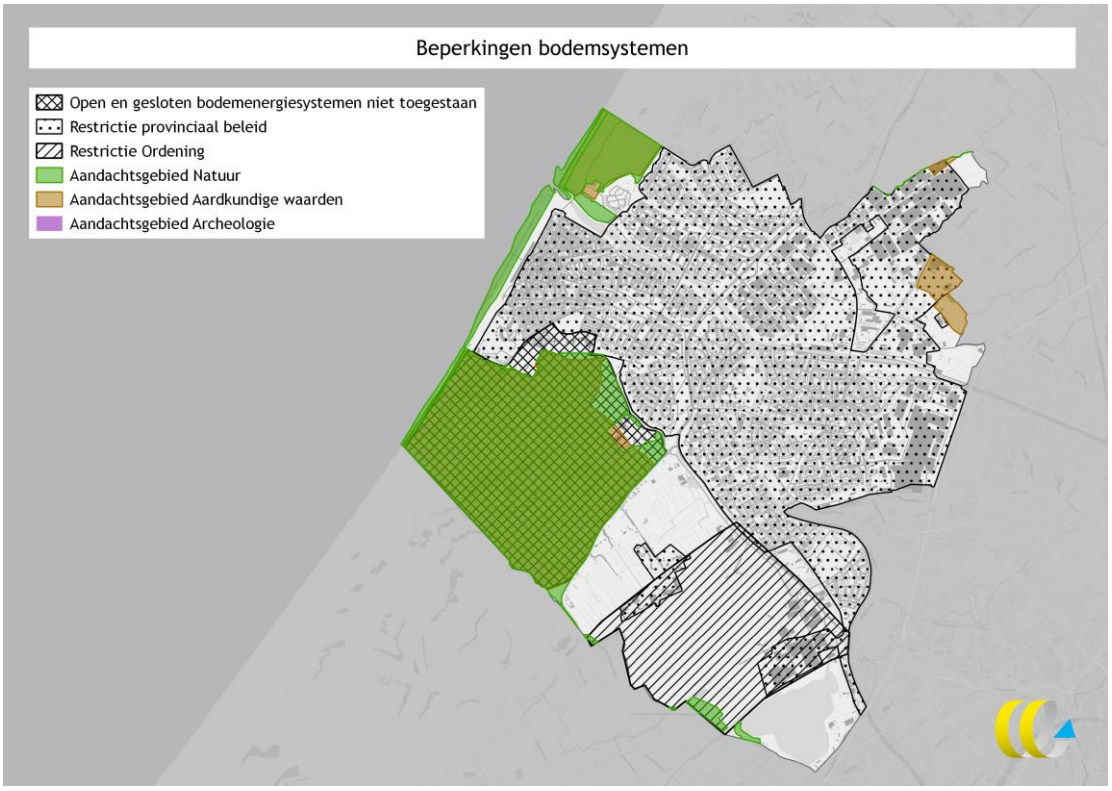


De gemeente Katwijk heeft een oppervlakte van 3.113 ha. Wanneer al dit oppervlak benut wordt om geslotenbodemenergiesystemen te plaatsen is het theoretisch opslagpotentieel van koude voor een geslotenbodemenergiesysteem 1,2-1,4 PJ per jaar (RVO, lopend).

3.3.4 Verbods-, restrictie en aandachtsgebieden bodem

Vanuit de nationale overheid en de provincie worden beperkingen opgelegd. Hiermee wil de overheid de grond- en drinkwatervoorziening beschermen, interferentie met bestaande systemen tegengaan en de groei van het aantal systemen controleren. In Figuur 22 zijn de restricties weergegeven uit de Omgevingsvisie van de provincie Zuid-Holland en de WKO-tool. Voor geslotenbodemenergiesystemen zijn er minder restricties en heerst er meestal enkel een meldingsplicht.

Figuur 22 - Beperkingen bodemsystemen



In de duinen in het westen van de gemeente Katwijk zijn bodemsystemen niet toegestaan omwille van hun functie als waterwingebied. Het waterwingebied is voor het grootste gedeelte tevens een natuurgebied. Restricties kunnen in overleg met de provincie of andere regulerende overheden versoepeld worden.

Voor een groot deel van de gemeente geldt een restrictie provinciaal beleid. Het kan zijn dat de beleidsregel alleen van toepassing is voor open of geslotenbodemenergiesystemen. Bij verdere verkenning van het mogelijk toepassen van WKO-systemen, moet voor open systemen voor deze gebieden contact op worden genomen met de provincie en voor gesloten systemen met de gemeente.

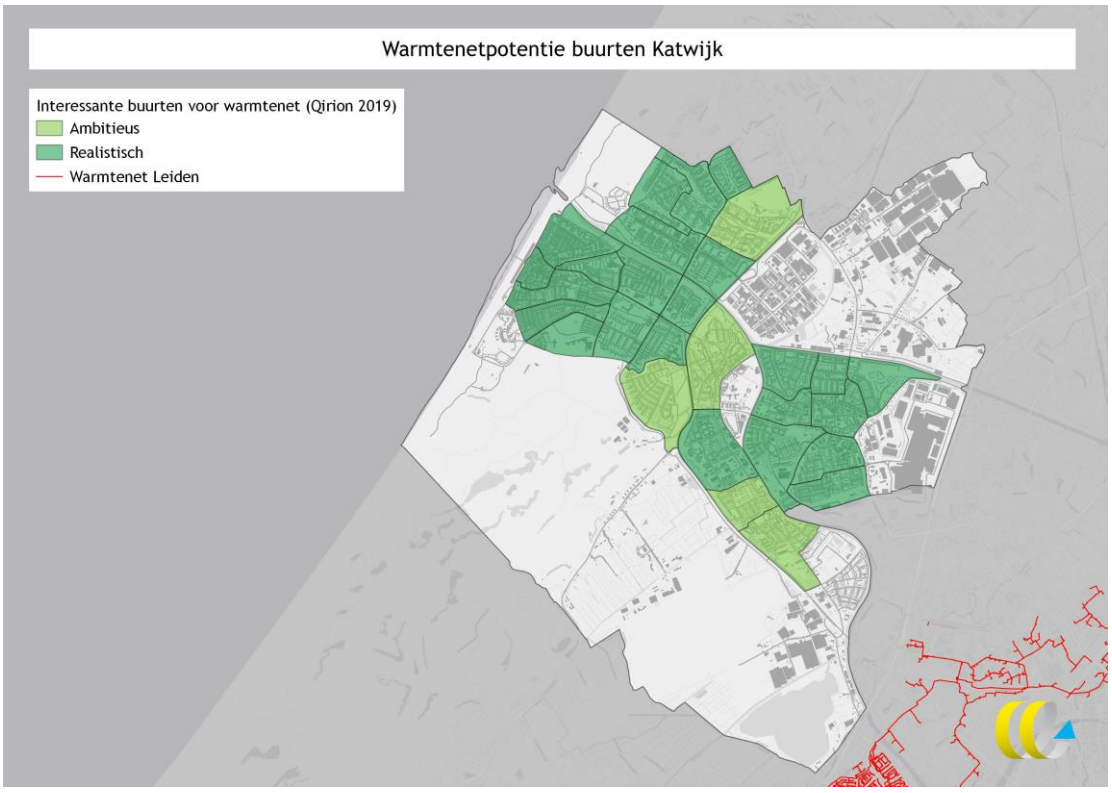
Voor het gebied aan de zuidkant van de gemeente geldt een Restrictiegebied Ordening. Hierbij kan het gaan om bodemenergieplannen, om interferentiegebieden of om een masterplan. In grote lijnen houdt dit in dat er middels een plan voorkomen wordt dat er negatieve onderlinge beïnvloeding is van bodemsystemen (interferentie) of van andere bodemfuncties. De provincie en gemeenten hebben meer informatie over dit specifieke gebied.

3.4 WarmtelinQ+

Restwarmte afkomstig van de haven van Rotterdam kan met behulp van een transportleiding warmte voorzien aan de gemeente Katwijk. De gemeente Katwijk ligt dichtbij het warmtenet van Leiden. Indien een restwarmtetransportleiding wordt aangelegd naar Leiden is de kans groot dat restwarmte ook beschikbaar zal komen voor Katwijk.
De aanleg hiervan is gepland voor 2022-2025 met in gebruikneming in 2026. Een mogelijke uitbreiding hierop is het WarmtelinQ plus traject (WlQ+). WlQ+ is een aftakking van de WarmtelinQ die deze met Leiden en Holland Rijnland verbindt.

Onderzoeksbureau Qirion heeft bepaald voor welke buurten het economisch realiseerbaar is om met restwarmte te verwarmen. Deze resultaten zijn weergegeven in Figuur 23. Volgens hun analyse met een warmteprijs van € 7/GJ komen momenteel 9.259 WEQ in de gemeente Katwijk in aanmerking (Qirion & Osborne, 2020). Dit is ongeveer een derde van alle woningen in de gemeente Katwijk (337 TJ). De warmteprijs is erg bepalend voor de economische realiseerbaarheid van het warmtenet. Het is nog onduidelijk welke warmteprijs precies voortkomt uit het LdM+-traject. Wel heeft CE Delft inzicht in de laatste prijsschattingen. Deze worden meegenomen in de CEGOIA-berekening.

Figuur 23 - Warmtenetpotentie buurten gemeente Katwijk restwarmte



In de figuur wordt aangegeven wat ambitieus en realistisch is. Realistisch is wat momenteel financieel haalbaar is in de huidige markt. Ambitieus is wat op termijn mogelijk kan worden, maar in de huidige situatie niet voor een sluitende businesscase zorgt.

De technisch-economische doorrekening van warmte uit de WarmtelinQ+ wordt herhaald in de CEGOIA-analyse (zie Hoofdstuk 5). Hierin wordt ook op basis van warmtevraag en andere lokale factoren berekend of het gebruik van warmte uit de WarmtelinQ economisch een interessante optie is.

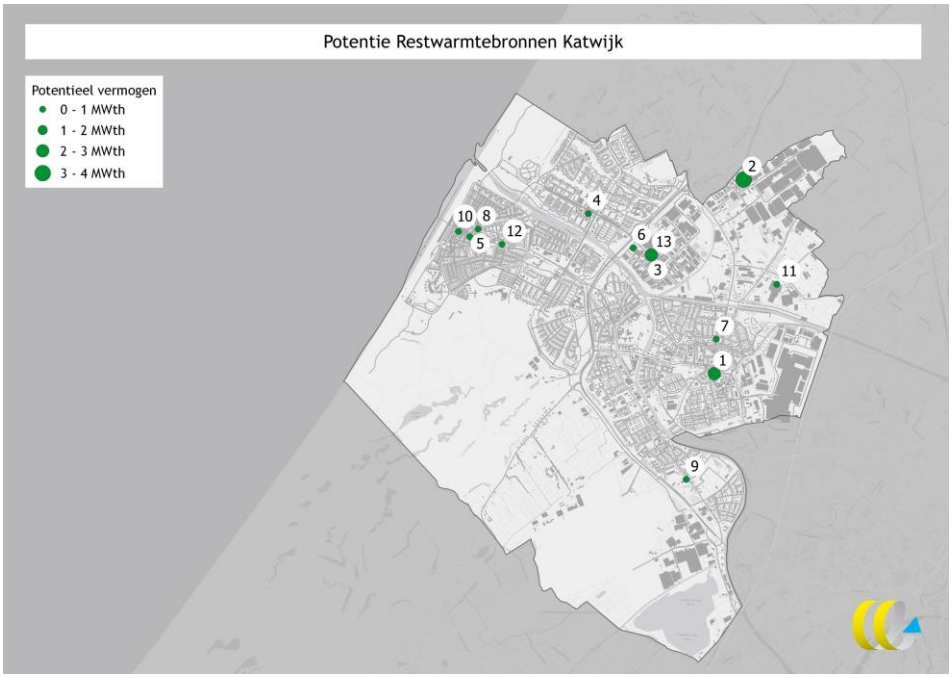
3.5 Warmte cascaderen

Een ontwikkeling die steeds meer in de aandacht komt is cascaderen van warmte.
Dit betekent dat de geleverde warmte eerst wordt gebruikt door afnemers die een hoge-temperatuur nodig hebben. De resterende warmte van een lagere temperatuur wordt daarna nogmaals gebruikt door afnemers die toe kunnen met een lagere temperatuur. Hiermee wordt de capaciteit van een warmtebron optimaal gebruikt.
Wanneer in een wijk wordt aangesloten op een HT-warmtebron is het zeker de moeite waard om in omliggende gebieden te kijken of de retourwarmte voldoet voor gebouw-verwarming of bijvoorbeeld het verwarmen van kassen. Ook kan het interessant zijn om HT-warmte eerst te gebruiken in kassen en daarna voor woningen of utiliteitsgebouwen.

3.6 Lokale restwarmte

Er zijn enkele lokale restwarmtebronnen geïdentificeerd. Deze kunnen warmte leveren op lage temperatuur. Deze warmte zal vaak opgewaardeerd dienen te worden met elektriciteit om bruikbaar te zijn. De potentiële LT-restwarmtebronnen zijn weergegeven in Figuur 24 en Tabel 4.

Figuur 24 - Potentiële restwarmtebronnen in de gemeente Katwijk



Bron: (RVO, lopend).

Tabel 4 - LT-restwarmtebronnen

Nummer	Type restwarmte bron	Vermogen in MW (RVO, sd; Qirion & AT Osborne, 2020)	Mogelijke levering in TJ/jaar (NP RES);(Qirion & AT Osborne, 2020))
1	Supermarkt	2,5-7,5	240-280
~~2~~	Productiebedrijf	3,6	57
3	Vishandel	0,4	13-16
~~4~~	Supermarkt	0,4	12-14
~~5~~	Supermarkt	0,1-0,4	12-14
~~6~~	Supermarkt	0,1-0,5	14-17
7	Detailhandel	0,4	12-14
8	Supermarkt	0,1	6,6
9	Supermarkt	0,1	6,6
10	Banketbakkerij	0,2	4,7-5,5
11	Groothandel	0,2	3,8
12	Banketbakkerij	0,1	2,0-2,4
13	Slachthuis	3,0	48[10]
Totaal		**11-17**	**430-480**

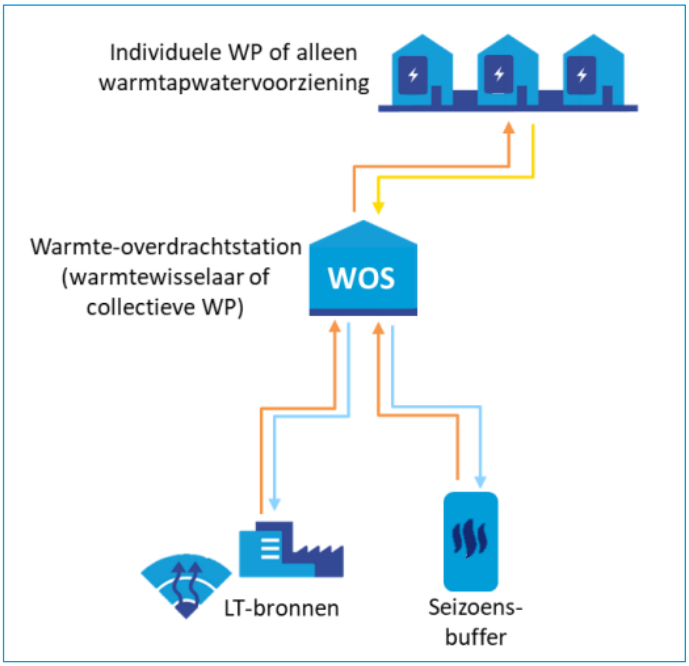
Voor alle restwarmtebronnen is het te verwachten dat zij eerst intern op zoek gaan naar mogelijkheden voor besparing en hergebruik van hun warmte. Per locatie moet worden onderzocht of zij daadwerkelijk restwarmte over hebben om in te voeden in een warmte-net.

Het benutten van het potentieel aan LT-warmte kan door dit in te voeden in een LT-warmtenet. Het gebruik van lagetemperatuurwarmte zorgt voor minder energieverlies in het distributienet dan het gebruik van hogetemperatuurwarmte, maar vraagt wel om een andere manier van verwarmen van het gebouw, namelijk een LT-warmteafgiftesysteem, zoals LT-radiatoren of vloerverwarming. Bovendien moet het gebouw goed geïsoleerd zijn; hoe lager de temperatuur van het net, hoe beter het isolatieniveau moet zijn. Voor warm tapwater is een minimale temperatuur van 55°C aan het tappunt wettelijk vereist; bij LT-netten is daarom altijd een extra systeem nodig voor het verwarmen van tapwater. Wanneer de warmte uit een LT-net te laag is voor het verwarmen van woningen, kan dit met een warmtepomp worden verhoogd. Dit kan een individuele warmtepomp zijn bij elke woning, of een collectieve warmtepomp voordat het warme water het distributienet in gaat. Zie Figuur 25 voor een schematisering van een LT-net.

Het is ook mogelijk een HT-net te combineren met een LT-net, waarbij eerst warmte geleverd wordt aan gebouwen die een hogere temperatuur nodig hebben en daarna aan gebouwen die aan een lagere temperatuur genoeg hebben (cascadering). Dit wordt toe-gepast om binnen een bestaand HT-net ook LT-afnemers en eventueel LT-opwekkers aan te sluiten.

[10] Geschat op basis van vermogen.

Figuur 25 - Algemene opzet van een LT-warmtesysteem



Een LT-bron kan ook rechtstreeks bij de bron collectief met een warmtepomp worden opgewaardeerd naar hogere temperaturen, bijvoorbeeld 70°C, in het warmteoverdrachts-station. Op deze manier kan de LT-bron een MT-net voeden. Een MT-net kan de meeste woningen in Nederland zonder ingrepen van zowel ruimteverwarming als warm tapwater voorzien, enkel erg slechtgeïsoleerde woningen moeten maatregelen treffen.

3.7 Aquathermie

Bij aquathermie wordt thermische energie gewonnen uit water. Het water heeft hierbij temperatuurniveaus tussen 7 en 25°C en is daarmee een zeer lage temperatuur (ZLT) warmtebron. De warmte wordt primair gewonnen wanneer het water warm is, dus voor-namelijk tijdens de zomermaanden en deels in het voor- en naseizoen. Deze warmte moet worden ingezet in de winter, waardoor de combinatie met WKO voor de hand ligt.
Er zijn drie verschillende types aquathermie: thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), thermische energie uit afvalwater (TEA) en thermische energie uit drinkwater (TED). Het warmtesysteem om de woningen van warmte te voorzien is gelijkwaardig aan dat van LT-warmtebronnen (zie paragraaf lokale restwarmtebronnen). De ZLT-warmte dient wel minimaal opgewaardeerd te worden naar LT om bruikbaar te zijn voor woningen.

In de gemeente Katwijk zijn reeds twee aquathermieprojecten in ontwikkeling, één project in Hoornes en een ander in Valkenburg. Hoornes Aardgasvrij is een proeflocatie voor toepas-sing van aquathermie. Hoornes gaat aan de slag met de Rijn als bron voor het warmtenet. Hiermee worden ervaringen opgedaan voor grootschalige inzet van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). Een nieuwe wijk Valkenhorst wordt aangelegd. De bedoeling is om met thermische energie uit drinkwater (TED) huizen te verwarmen en te koelen.

Tabel 5 - Lopende aquathermieprojecten in de gemeente Katwijk

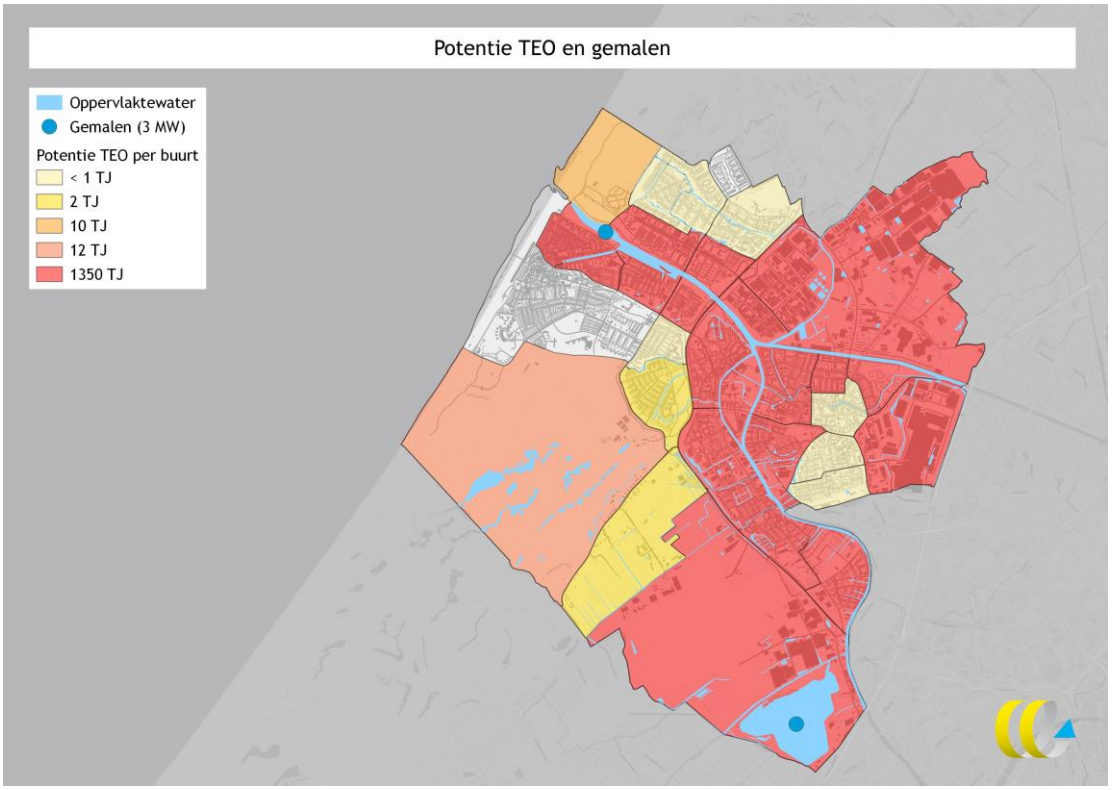
Project	Omvang eerste fase	Status	Type	Subsidie
Hoornes	500 woningen	In voorbereiding	TEO en evt. riothermie	PAW, Elena
Valkenhorst	3.500 woningen	In voorbereiding	TED	

De volgende figuren geven de potentie weer van aquathermie in de gemeente Katwijk. Om dubbeltelling te voorkomen van eenzelfde waterleiding of waterloop geven de figuren de potentie weer van het water of waterleiding met de grootste potentie in de buurt. Wanneer het warmtepotentieel in één buurt wordt benut, heeft dit invloed op het potentieel in andere buurten, die daarmee lager wordt. De figuren geven op deze manier de interessantste buurten weer voor aquathermieprojecten.

De maximale aquathermiepotentie is op buurtniveau weergegeven. Dit is gebaseerd op de aquathermiepotentie per waterlichaam of -leiding berekend door Indurio.

In buurten aangrenzend aan de Rijn is de potentie groot voor **thermische energie uit oppervlaktewater**. De rivier de Rijn bezit een jaarlijkse potentie van 1.350 TJ. De andere stilstaande wateren, meren, beken, vennen en kanalen voegen daar tezamen nog eens 450 TJ per jaar aan toe. De TEO-potentie houdt rekening met oppervlaktewateren en laat thermische energie uit zeewater buiten beschouwing.

Figuur 26 - Potentie TEO en gemalen TJ/jaar



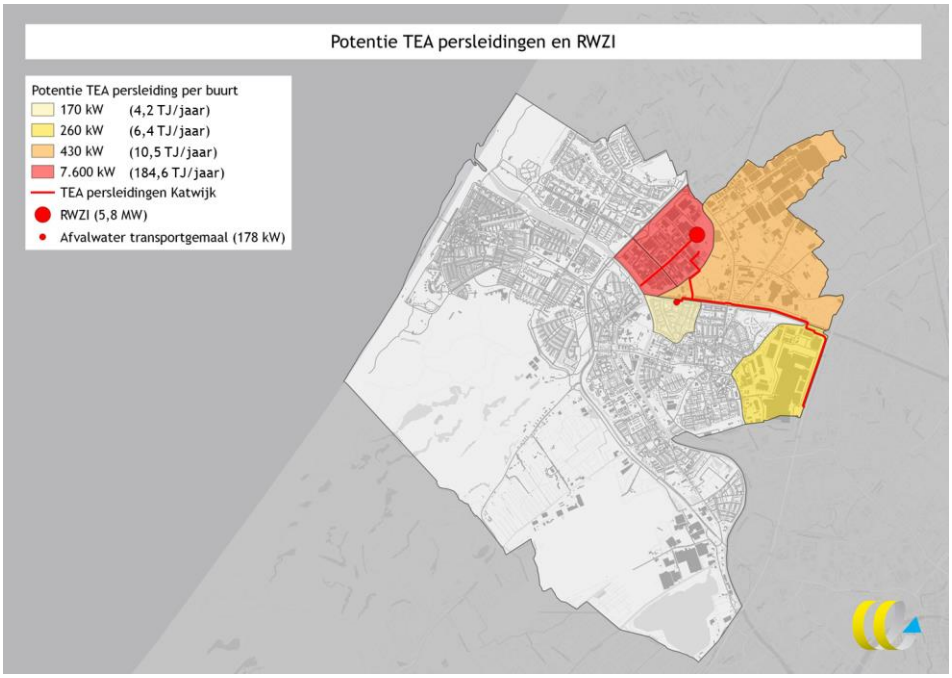
Thermische energie uit afvalwater kan uit persleidingen gewonnen worden of simpelweg uit de riolering zelf. Dit laatste wordt ook wel riothermie genoemd. De potenties van beide vormen van TEA zijn weergegeven in Figuur 27 en Figuur 28.

De jaarlijkse potentie van TEA is weergegeven in Tabel 6 en figuren.

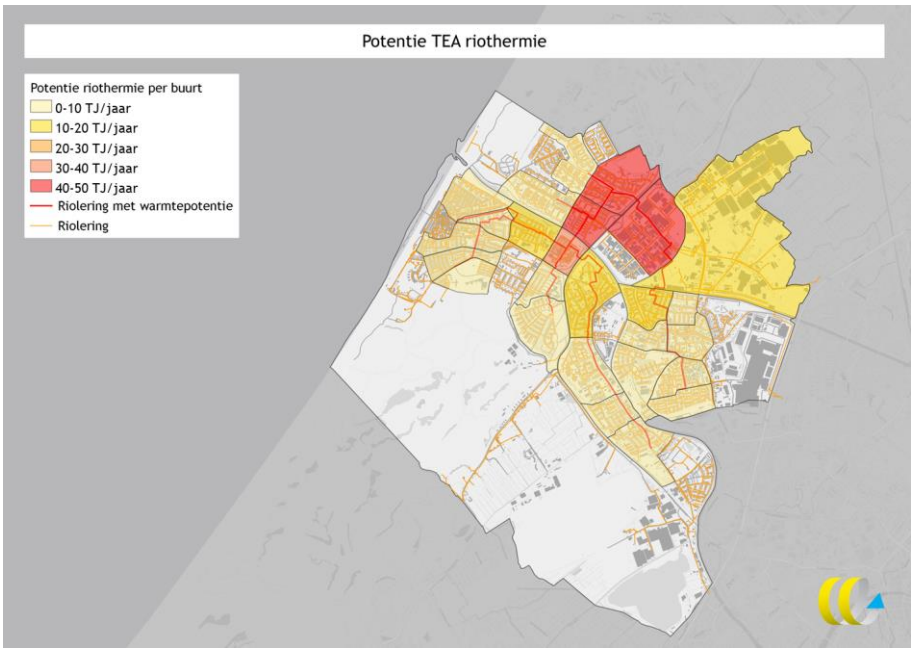
Tabel 6 - Vertaling vermogen naar energieproductie van RWZI en afvalwater transportgemaal

Vermogen leiding	Jaarlijkse energiepotentie (TJ/jaar)	Bron
Rioolwaterzuiveringsinstallatie (5,8 MW)	24,8	Greenvis
Afvalwater transportgemaal (178 kW)	4,2	Indurio

Figuur 27 - Potentie TEA persleiding en RWZI



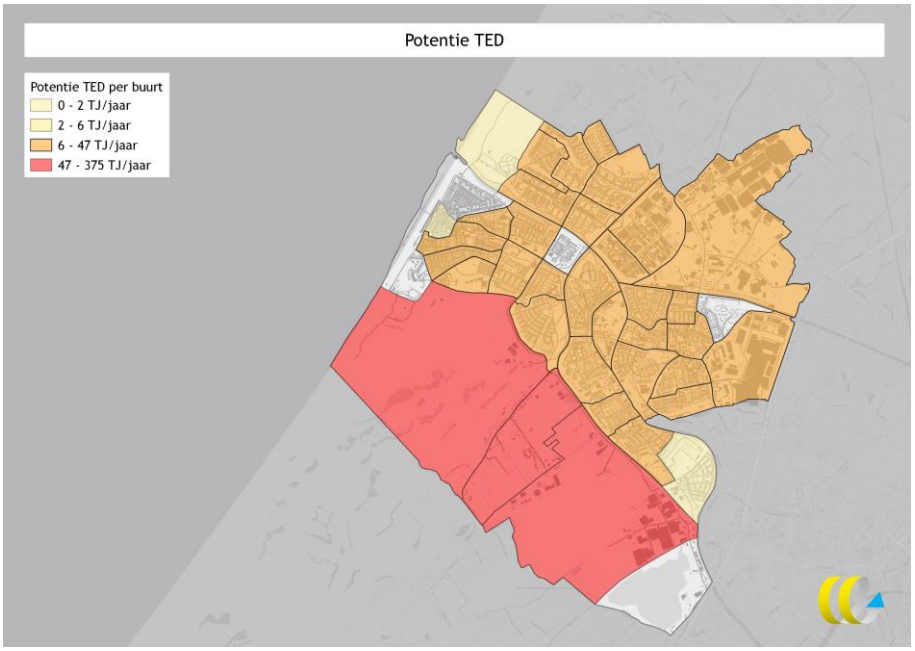
Figuur 28 - Potentie TEA Riothermie



Opmerking: Een leiding met een warmtevermogen van 400 kW levert jaarlijks 10 TJ aan warmte (Indurio).

Het potentieel aan **thermische energie uit drinkwater** is weergegeven in Figuur 29. Het potentieel per buurt heeft te maken met de leidingen die erdoorheen lopen. In Valkenhorst is de potentie van TED inderdaad veelbelovend om de nieuwbouwwijk van warmte te voorzien.

Figuur 29 - Potentie TED



Opmerking: Een leiding met een warmtevermogen van 400 kW levert jaarlijks 10 TJ aan warmte (Indurio).

4 Verduurzaming energieverbruik

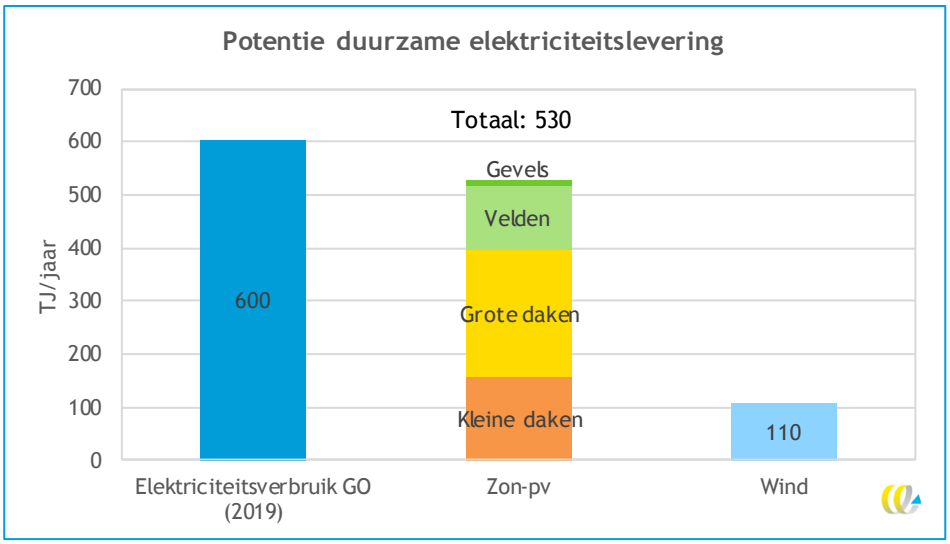
Eerder in het rapport is het energieverbruik (Hoofdstuk 2) in kaart gebracht, en de potentiële duurzame energielevering (Hoofdstuk 3). In dit hoofdstuk vergelijken we beide met elkaar, en bekijken we in welke mate het energieverbruik verduurzaamd kan worden.

De volgende grafieken geven de potentiële duurzame energielevering weer voor elektriciteit en warmte, afgezet tegen het huidige elektriciteit en gas-/warmteverbruik van de gebouwde omgeving. De grafieken zijn in tabelvorm terugvinden in Bijlage C. De potenties geven een indicatie van wat technisch mogelijk is, niet wat economisch realistisch is of maatschappelijk wenselijk is. De uiteindelijke inpassing van energiebronnen vereist maatwerk. Desalniettemin geven de grafieken duidelijke inzichten in de mogelijkheden waarmee de energievraag verduurzaamd kan worden.

4.1 Elektriciteit

De potentiële jaarlijkse duurzame elektriciteitsproductie bedraagt 106% van het huidige jaarlijkse elektriciteitsverbruik van enkel de gebouwde omgeving, zie Figuur 30. Om het volledige elektriciteitsverbruik van de gemeente duurzaam in te vullen zal er aanvullende elektriciteitsproductie nodig zijn, met andere technieken of afkomstig buiten de gemeente Katwijk. Daarnaast gaat het hier over een jaarlijks verbruik en jaarlijkse opwek, die niet met elkaar in balans zijn. Warmtepompen vragen bijvoorbeeld voornamelijk elektriciteit in de winter, terwijl zonnepanelen in de zomer elektriciteit opwekken. Hierdoor blijft het nodig om verbonden te zijn met het landelijk elektriciteitsnet, die elektriciteit kan leveren op momenten dat er lokaal te weinig wordt opgewekt. En andersom; stroom die niet nodig is in de zomer kan op die manier geleverd worden aan gebieden buiten de gemeente Katwijk. Opslag van elektriciteit helpt om het aandeel zelfopgewekte stroom te kunnen verhogen. Het is echter zeer kostbaar om elektriciteit een heel seizoen op te slaan.

Figuur 30 - Mogelijke verduurzaming van de elektriciteitslevering gebouwde omgeving: Huidig elektriciteitsverbruik[11] en potentiële duurzame elektriciteitslevering

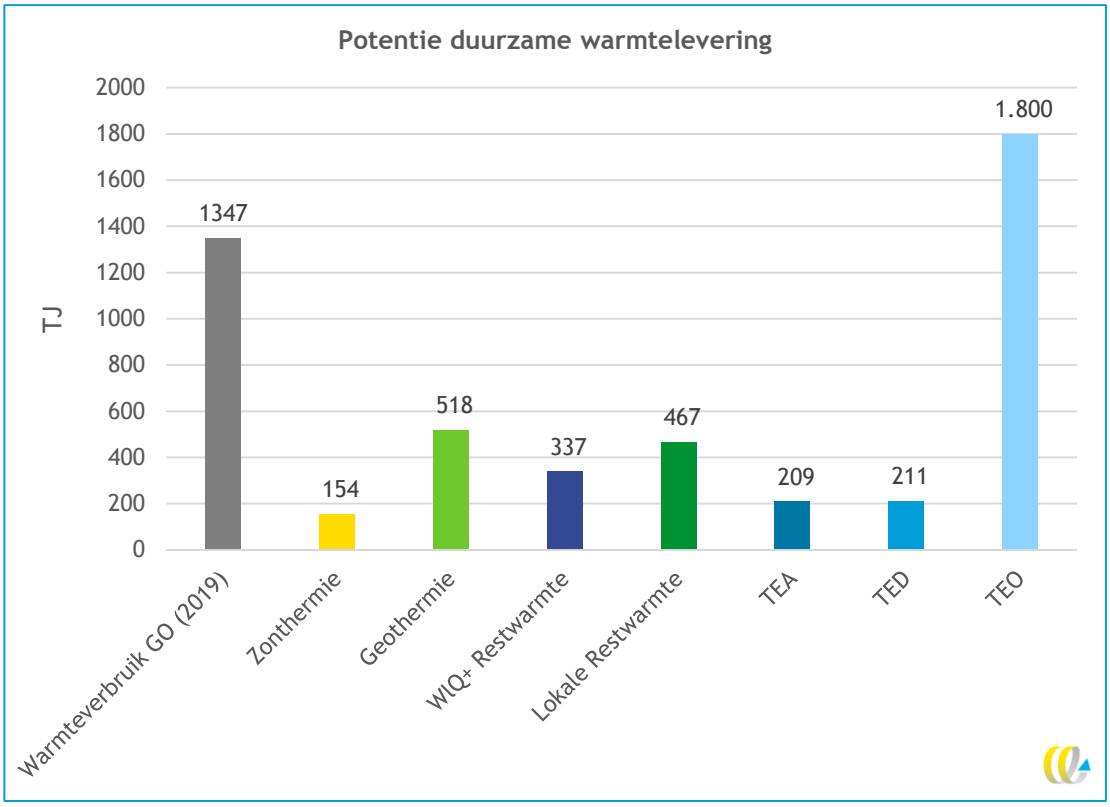


[11] 42 TJ van het huidige elektriciteitsverbruik wordt reeds voorzien door zonnestroom.

4.2 Warmte

De potentiële duurzame warmtebronnen hebben een technische potentieel van gezamenlijk 274% van het huidige warmteverbruik, zie Figuur 31. Er zullen keuzes gemaakt moeten worden welke warmtebronnen benut zullen worden. Een goede leidraad voor deze keuzes op buurtniveau zijn de nationale kosten, welke CEGOIA berekent.

Figuur 31 - Mogelijke verduurzaming van de warmtelevering gebouwde omgeving: huidig gasverbruik en potentiële duurzame warmtelevering[12]



Hogetemperatuur(rest)warmte kan in heel de gemeente Katwijk flexibel toegepast worden. Transportleidingen van HT-warmte kunnen naar iedere buurt aangelegd worden, indien restwarmte in de gemeente Katwijk beschikbaar komt. Wel brengt de aanleg van een warmtenet hoge kosten met zich mee en kan ruimtegebrek in het wegprofiel voor belemmeringen en extra kosten zorgen (Wareco, 2021). Ook geothermie is flexibel beschikbaar in elke buurt, door een geschikte oppervlaktelocatie van de geothermiecentrale te kiezen en eventueel een transportleiding aan te leggen.
Lagetemperatuurwarmte op kleine schaal is daarentegen vaak niet rendabel te transporteren. Deze warmte wordt lokaal in de buurt gebruikt waar de bron beschikbaar is. Het rekenmodel CEGOIA houdt rekening met deze beschikbaarheid van de warmtebronnen. Vervolgens bepaalt CEGOIA de financieel gunstigste warmtevoorziening op buurtniveau aan de hand van lokale factoren, en gaat daarbij een stap verder dan eenvoudigweg een warmtebron te koppelen aan energieverbruik.

[12] TED is niet weergegeven, potentiegegevens in productie ontbreken en moeten bovendien vertrouwelijk behandeld worden.

Warmtebronnen inzetten voor warmtelevering: opwaardering en piekvoorziening
Warmte op (zeer) lage temperatuur, van aquathermie of LT-(rest)warmte, is vaak niet direct bruikbaar voor directe verwarming van woningen. Deze warmte wordt opgewaardeerd met behulp van elektriciteit. Dit gebeurt efficiënt, maar vaak is er nog grootteorde een derde of een vierde deel elektriciteit nodig om de warmte bruikbaar te maken.

De meeste duurzame warmtebronnen leveren het liefst continu eenzelfde vermogen warmte. Om fluctuaties in de vraag of extreme situaties op te vangen is er een piekvoorziening nodig. De duurzame warmtebron levert gemiddeld 70 tot 80% van de warmte, de rest wordt geleverd door de piekvoorziening.

De bodem in de gemeente Katwijk is erg geschikt voor opslag van warmte. De potentie is 2,5 maal groter dan het warmteverbruik. Wel moet er opgelet worden voor verbods-, restrictie- en aandachtsgebieden. Welke gebieden uiteindelijk in aanmerking komen voor opslag van warmte in de bodem, zal moeten blijken bij vervolgonderzoek per project-locatie.

5 Warmteoplossing per buurt

De financieel gunstigste warmtetechniek per buurt wordt bepaald met het CEGOIA-model. Het CEGOIA-model is een door CE Delft ontwikkeld model waarmee de maatschappelijke kosten, ook wel nationale kosten genoemd, per duurzame warmtetechniek per buurt kunnen worden berekend. Meer informatie over dit model is te vinden in Bijlage D. In dit hoofdstuk wordt eerst toegelicht wat de techniek met de laagste nationale kosten precies inhoudt, waarna de resultaten van de CEGOIA-doorrekening worden gepresenteerd.

5.1 Laagste nationale kosten

Het CEGOIA-model berekent per buurt in de gemeente Katwijk voor elke techniek wat de kosten zijn voor de samenleving als geheel. Deze kosten worden ook wel de nationale kosten genoemd. Nationaal betekent hier dus ‘voor de hele samenleving’. Het model houdt rekening met de kosten over de gehele keten van de warmtevoorziening (zie Figuur 32). Alle kosten zijn berekend, exclusief belastingen. Belastingen zijn een verschuiving van geld (tussen de overheid en de consument) en zeggen niets over de kosten voor de samenleving.

Figuur 32 - Totale keten van de warmtevoorziening

- Onder bronkosten vallen de kosten voor investeringen in de bron en het energieverbruik buiten het gebouw. Het gaat hierbij om o.a. warmteverliezen (bij een warmtenet), collectieve opwaardering en de kosten van duurzame warmte.
- Onder distributie vallen de kosten voor de energie-infrastructuur: het (verzwaarde) elektriciteitsnet en indien van toepassing gasnet of warmtenet. Het betreft de kosten voor de regionale netten. Ook eventuele amoveringskosten van het gasnet zijn inbegrepen.
- Onder gebouw vallen de isolatiemaatregelen.
- Onder installatie worden alle kosten bedoeld die te maken hebben met de installatie in het gebouw. Hieronder vallen de systemen voor ruimteverwarming en afgifte, warm tapwater, koeling en ventilatie.
- Onder energieverbruik vallen de kosten, exclusief belastingen, voor het energieverbruik in het gebouw.

Let op: dit zijn de kosten exclusief de belastingen (energiebelasting, ODE en btw).

CEGOIA berekent dus op buurtniveau deze bovenstaande kosten voor elke warmtetechniek en voor ieder isolatieniveau. Uiteindelijk bekijkt het model welke combinatie van techniek en isolatieniveau de goedkoopste kosten geeft. Een hoger isolatieniveau betekent hogere kosten voor gebouw, maar levert een besparing op voor het energieverbruik. Bij bepaalde technieken met een lagetemperatuurverwarming, zoals een all electric-warmtepomp, is een minimaal isolatieniveau vereist, omdat het anders niet warm genoeg wordt in het gebouw.

Naast nationale kosten zijn er nog andere aspecten die uiteindelijk de keuze voor een warmtetechniek bepalen. Binnen de gemeente zal een keuze gemaakt moeten worden

welke aspecten zij wil meewegen in de beslissing voor een warmtetechniek. Het is in ieder geval belangrijk om, naast te kijken naar de nationale kosten, ook de betaalbaarheid voor bewoners mee te wegen in de beslissing. In de beslissing zal ook CO_2-besparing moeten worden meegenomen. In theorie zijn alle uitgewerkte technieken CO_2-vrij, maar er moet voor een warmtenet wel een duurzame bron gebruikt kunnen worden en de benodigde elektriciteit voor warmtepompen moet uiteindelijk duurzaam worden opgewekt.

Daarnaast is het belangrijk om met alle stakeholders in gesprek te gaan om samen tot een uiteindelijke beslissing te komen. Factoren die hierbij aan de orde komen zijn bijvoorbeeld de (tijdelijke) impact op het straatbeeld, de mogelijke overlast voor bewoners en de technische uitvoerbaarheid van de oplossing.

De technieken die zijn meegenomen zijn:
- All electric:
  - warmtepomp – buitenlucht;
  - warmtepomp – bodem.

- Warmtenet:
  - warmtenet HT (hoge temperatuur > 75 °C) (WarmtelinQ);
  - warmtenet MT (midden temperatuur 55-75 °C) (geothermie);
  - warmtenet LT (lage temperatuur 30-55°C);
  - warmtenet LT met individuele warmtepomp;
  - warmtenet ZLT (zeer lage temperatuur < 30°C) met individuele warmtepomp;
  - WKO-net.

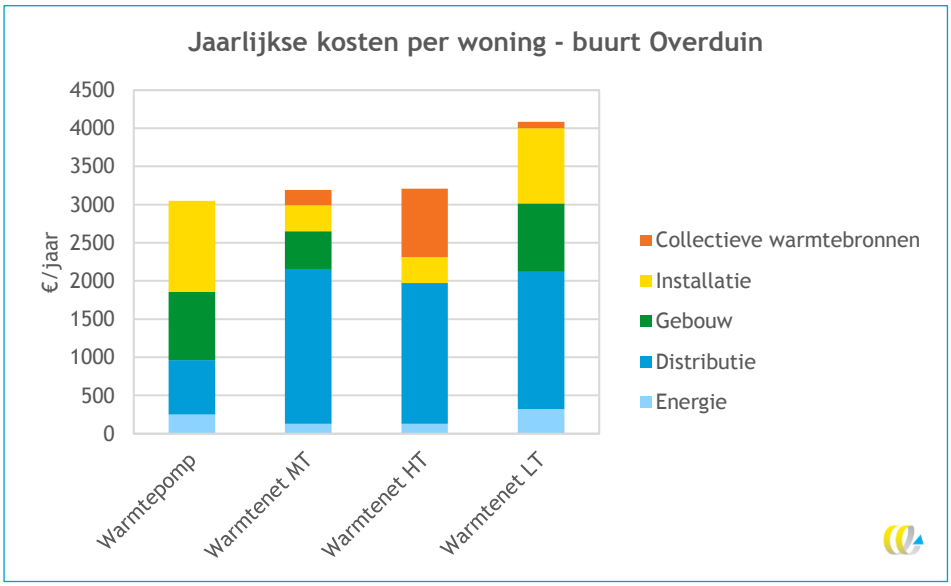
- Techniek als tussenoplossing (alleen in 2030):
  - hr-ketel;
  - hybride warmtepomp – buitenlucht;
  - hybride warmtepomp – ventilatielucht.

De nationale kosten zijn afhankelijk van lokale factoren, waaronder woningdichtheid, beschikbaarheid bronnen, karakteristieken woningen en utiliteit (bouwjaar, isolatiegraad) en warmtevraag van de buurt. Al deze factoren worden meegenomen in CEGOIA. Hierdoor kunnen technieken dus concreet en specifiek voor de situatie in de gemeente Katwijk ten opzichte van elkaar worden afgewogen.

Over het algemeen zijn er per techniek dezelfde kostenposten die hoger en lager zijn. Bij het toepassen van warmtepompen zitten de nationale kosten vooral in de isolatiemaatregelen die nodig zijn en de aanschaf van een warmtepomp. Daarnaast moeten er in veel gevallen extra kosten worden gemaakt om het elektriciteitsnet te verzwaren. Bij een HT/MT-warmtenet zitten de kosten vooral in de realisatie van het warmtenet. Er hoeven weinig woningaanpassingen gedaan te worden. Voor het LT-warmtenet ligt dit anders, omdat hier een goede schilisolatie van belang is. Daarnaast is het vaak nodig om een WKO aan te leggen om de warmte in de zomer, en de koude in de winter, in de grond op te slaan. Ook hiervoor moeten extra kosten worden gemaakt. Daarom is, ondanks het hoge technisch potentieel van aquathermie in de gemeente, dit vaak kostentechnisch gezien niet de beste oplossing. In Figuur 33 is voor de buurt Overduin een kostenverdeling te zien van de vier hoofdroutes waarop kan worden ingezet per buurt. Hierin is duidelijk te zien waar per hoofdroute de kostenposten voornamelijk zitten. Bij de warmtepomp zit geen investering in een collectieve bron en zijn de distributiekosten relatief laag. Bij een warmtenet zijn de distributiekosten hoog, maar vallen de installatie- en isolatiekosten weer mee. Behalve bij een LT-net, waarbij zowel moet worden geïnvesteerd in de distributie als in de

isolatie (‘gebouw’) als in de installaties in het gebouw. Bij die laatste post gaat het in dit geval om een LT-afgiftesysteem en een extra voorziening voor warm tapwater.

Figuur 33 - Verdeling jaarlijkse kosten per woning per kostenpost - buurt Overduin



5.2 Warmteoplossingen in de gemeente Katwijk (CEGOIA-berekening)

Voor de gemeente Katwijk zijn in overleg met de gemeente verschillende scenario’s doorgerekend. De resultaten van het basisscenario worden eerst gepresenteerd. Daarnaast geven aanvullende scenario’s inzicht in hoe verschillende randvoorwaarden en politieke beslissingen van invloed kunnen zijn op de uitkomsten van de berekening en het mogelijk eindbeeld in de gemeente Katwijk.

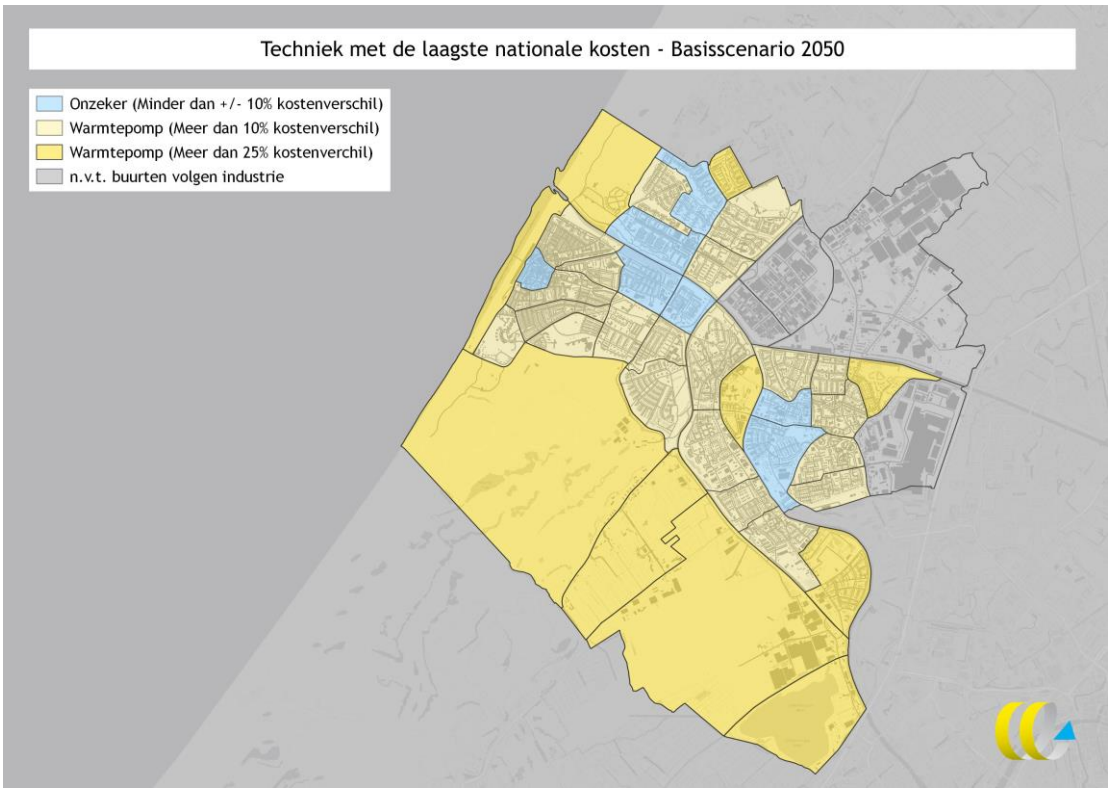
Voor alle scenario’s zijn vooraf keuzes gemaakt door de gemeente. Zo is voor een eindbeeld gekozen zonder groen gas en zonder waterstof, omdat de beschikbaarheid van deze energiedragers voor de gebouwde omgeving erg onzeker is. Daarnaast wordt het gebruik van biomassa niet als optie meegenomen, omdat dit niet 100% CO_2-neutraal is.

De scenario’s zijn allen doorgerekend voor 2050 en voor 2030, waarbij de resultaten van 2050 als input dienen voor 2030. Dit houdt in, dat een buurt maar eenmaal overschakelt op een andere warmtetechniek. Wanneer een buurt in 2050 op een all electric-oplossing uitkomt, zal voor 2030 voor deze buurt het warmtenet worden uitgesloten. Voor 2030 is het gebruik van aardgas nog wel een optie. Hiervoor kan de hr-ketel worden gebruikt, maar ook een hybride warmtepomp, waarbij een hr-ketel wordt gecombineerd met een warmtepomp.

Basisscenario – 2050

In het basisscenario is geen eis gesteld aan de minimale isolatie. De gemeente Katwijk heeft wel het streven om alle woningen en utiliteitsgebouwen te isoleren naar energielabel B, maar is ook geïnteresseerd in het scenario dat dit niet lukt. In Figuur 34 is het eindbeeld weergegeven voor 2050 in het basisscenario.

Figuur 34 - Uitkomsten techniek laagste nationale kosten in het basisscenario 2050



Opmerking: Kostenverschil wordt uitgedrukt tussen individuele techniek (bodemwarmtepomp en lucht-warmtepomp) en collectieve techniek (warmtenet op MT of HT).

Wat opvalt aan het eindbeeld in het basisscenario is, dat de uitkomsten voor een zevental buurten erg dichtbij elkaar liggen. Voor de meerderheid van de buurten zijn de nationale kosten van de luchtwarmtepomp significant lager. Gemiddeld genomen is een warmtenet in de gemeente Katwijk 20% duurder dan luchtwarmtepomp, maar dit verschilt sterk per buurt. De bodemwarmtepomp is gemiddeld 11% duurder dan de warmtepomp op buitenlucht. Voor de buurten die lichtblauw gekleurd zijn, liggen de jaarlijkse nationale kosten van een all electric-oplossing, waarbij minimaal naar Label B wordt geïsoleerd, en een MT/HT warmtenet, waarbij veel minder isolatie wordt toegepast, minder dan 10% van elkaar. Dit kostenverschil valt binnen een foutmarge van de modelresultaten, waardoor er op basis van nationale kosten geen significante voorkeur voor één van de twee technieken kan worden uitgesproken. Voor lichtgele buurten is het kostenverschil tussen 10% en 25%, in het voordeel van een warmtepomp. Voor de donkergele buurten geldt dat er nog een significanter kostenverschil is van meer dan 25% in het voordeel van een elektrische warmtepomp ten opzichte van een warmtenet.

De kosten van de CEGOIA-resultaten zijn weergegeven in Bijlage E.

Basisscenario - 2030

Wanneer het basisscenario doorgerekend wordt voor 2030, waarbij rekening wordt gehouden met de uitkomsten van 2050, wordt duidelijk voor welke buurten overstappen in 2030, op basis van nationale kosten, al voordeliger is. Dit geldt enkel voor een aantal dun bebouwde gebieden aan de rand van de gemeente Katwijk, zie Bijlage E.

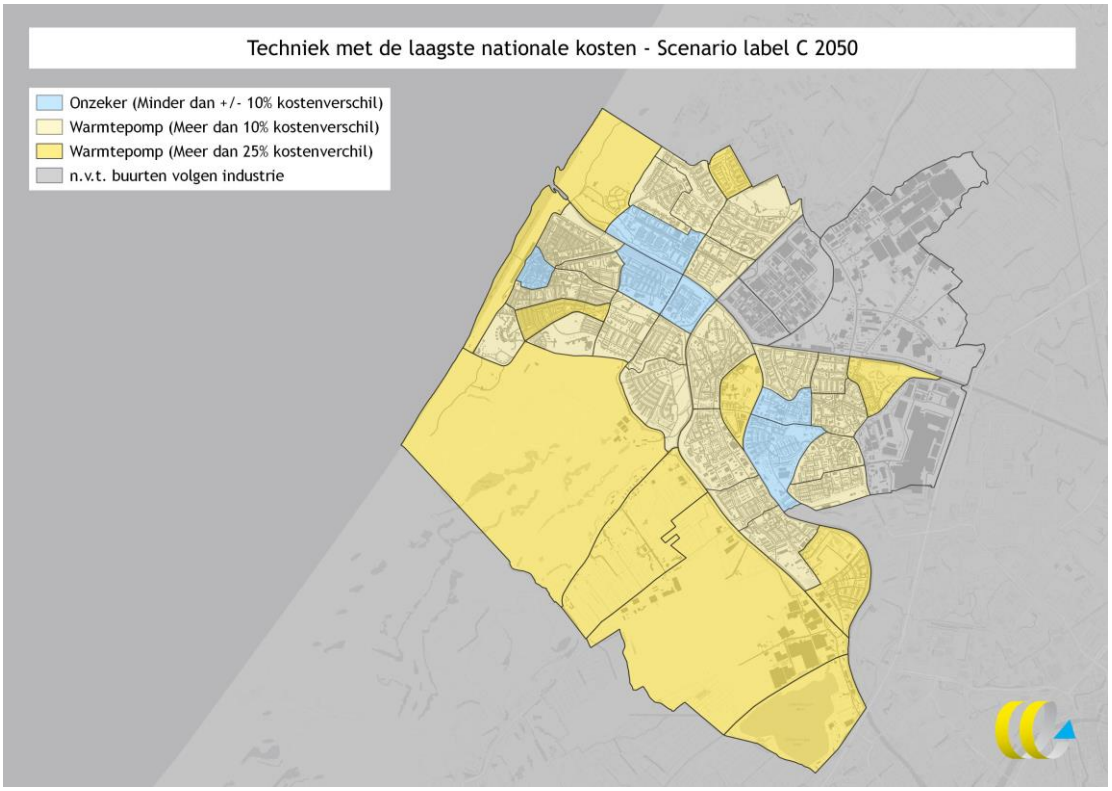
Alternatieve scenario's - 2050

Om te kijken wat een minimaal isolatielabel doet met het eindbeeld, hebben we de situaties doorgerekend waarbij minimaal naar schillabel C is geïsoleerd in 2050 en minimaal naar schillabel B is geïsoleerd in 2050.

Scenario 'minimaal isoleren naar schillabel C'

Voor een all electric-oplossing is minimaal schillabel B nodig, terwijl voor een MT-warmtenet minimaal schillabel C nodig is. Wanneer er modelmatig wordt opgelegd dat minimaal naar schillabel C wordt geïsoleerd in alle buurten, heeft dit vooral gevolgen voor het verschil in kosten tussen een HT- en een MT-warmtenet. Voor een HT-warmtenet is namelijk geen minimaal isolatieniveau nodig, waardoor deze optie in totaal iets duurder wordt wanneer hij gecombineerd wordt met minimaal schillabel C. Wanneer geïsoleerd wordt, is een MT-net structureel goedkoper dan een HT-net. Gemiddeld is het kosten-verschil 8% ten opzichte van 2% in het basisscenario, in het voordeel van het MT-net.
In Figuur 35 is te zien dat het eindbeeld niet veel verschilt van het basisscenario in 2050. Het kostenverschil tussen all electric en een warmtenet wordt gemiddeld iets duurder, waardoor een warmtepomp er in een aantal buurten uitkomt als optie met een groter kostenverschil dan 10%, terwijl dit in het basisscenario nog minder dan 10% was.

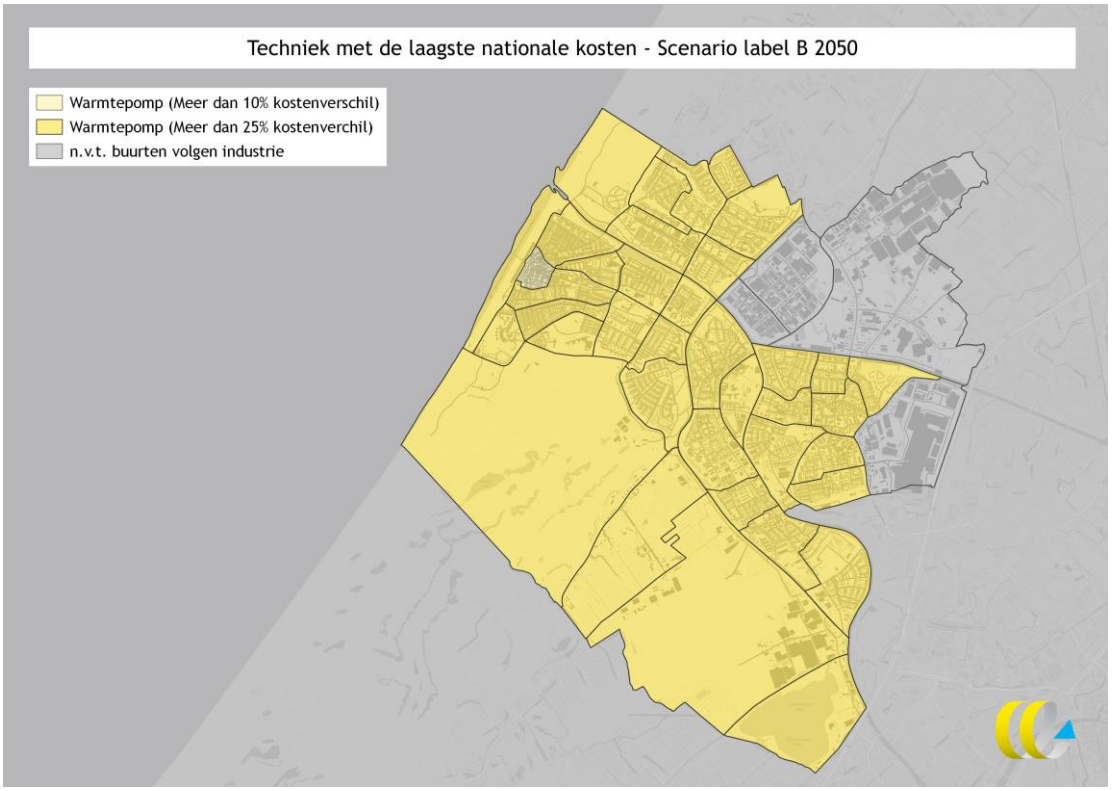
Figuur 35 - Uitkomsten techniek laagste nationale kosten in het scenario met minimaal isoleren naar energielabel C - 2050



Scenario 'minimaal isoleren naar schillabel B'

Wanneer er minimaal naar schillabel B wordt geïsoleerd, betekent dit dat de minimale kosten die gemaakt worden voor isolatie hoog liggen. Voor een all electric-oplossing moeten die kosten in ieder geval worden gemaakt, om woningen en utiliteit voldoende warm te kunnen krijgen. Voor een MT- en HT-warmtenet is het financieel voordeliger om niet naar schillabel B te isoleren. Wanneer de minimale isolatie-eis wordt meegenomen in de CEGOIA-berekening, is te zien dat voor alle buurten geldt dat een warmtepomp veel lagere nationale kosten met zich meebrengt dan een warmtenet. De meerkosten zijn minimaal 37% wanneer wordt gekozen voor een MT-warmtenet en liggen gemiddeld zelfs 42% hoger voor een HT-net.

Figuur 36 - Uitkomsten techniek laagste nationale kosten in het scenario met minimaal isoleren naar energielabel B - 2050

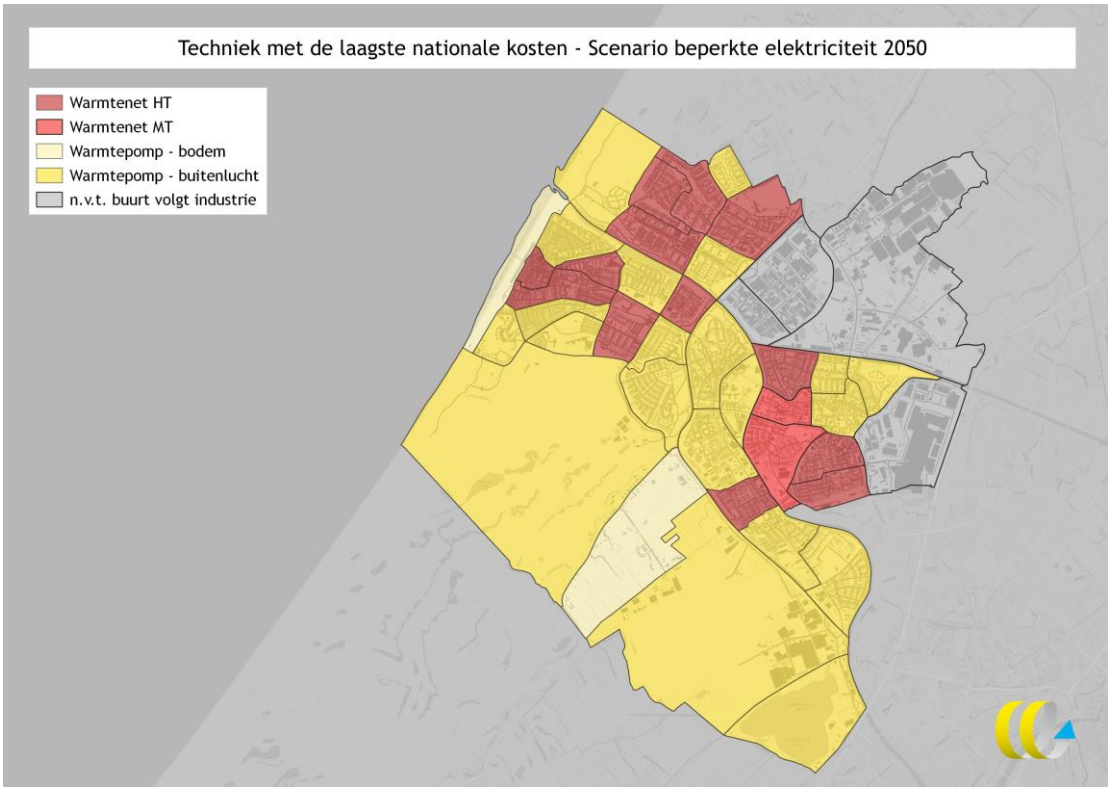


Scenario 'beperkte toename elektriciteitsvraag'

In bovenstaande scenario's komt de warmtepomp in de meeste buurten naar voren als goedkoopste optie op basis van nationale kosten. Het elektrificeren van de warmtevraag heeft wel een grote impact op de extra vraag naar elektriciteit. Zoals eerder in de rapportage is omschreven, is het totale potentieel aan opwek in de gemeente 106% van de huidige elektriciteitsvraag van enkel de gebouwde omgeving. Dit betekent dat bij een toename van de elektriciteitsvraag, deze elektriciteit van elders moet komen. Daarnaast vraagt een grote toename aan elektriciteitsvraag ook om een uitbreiding van het elektriciteitsnet. De benodigde uitbreiding van het elektriciteitsnet is afhankelijk van het vermogen dat gelijktijdig nodig is. Bij gebruik van warmtepompen zal het benodigde vermogen van het elektriciteitsnet sterk toenemen, omdat de gelijktijdigheid van warmtepompen groot is; wanneer het koud is moeten ze allemaal tegelijk aankunnen. De extra benodigde netcapaciteit is wel in de kostenberekening meegenomen, maar in de praktijk moet samen met de netbeheerder worden gekeken of dit mogelijk is en op welke termijn de netverzwaring gerealiseerd kan worden. Wanneer alle buurten overstappen op een warmtepomp, zal de elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving toenemen met 296TJ/jaar. Dit betekent een toename van 50% ten opzichte van de huidige elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving. In overleg met de gemeente hebben we besloten om een scenario door te rekenen waarin de elektriciteitsvraag ten gevolge van de warmtevoorziening maar met maximaal 25% mag toenamen. In dit scenario kijken we welke buurten er nog steeds overschakelen naar een all electric-warmtevoorziening.

In Figuur 37 zijn de uitkomsten te zien wanneer de elektriciteitsvraag met 25% toeneemt. Meerdere buurten die in de andere scenario's op een warmtepomp uitkwamen, zijn aangesloten op een warmtenet in het eindbeeld. Te zien is dat de meeste buurten op een warmtenet gebruikmaken van HT-warmte. Deze HT-warmte is afkomstig uit de WarmtelinQ. Het MT-warmtenet is gekoppeld aan een geothermiebron. Wanneer een minimale isolatie-eis van schillabel C wordt gesteld, zal voor alle buurten op een warmtenet gelden dat de MT-optie het goedkoopst is. Doordat het geothermiepotentieel, zoals berekend door IF Technology, beperkt is, zullen waarschijnlijk niet al deze buurten gebruik kunnen gaan maken van geothermie.

Figuur 37 - Uitkomsten techniek laagste nationale kosten in het scenario met een beperkte elektriciteitstoename t.g.v. de warmtevoorziening in 2050

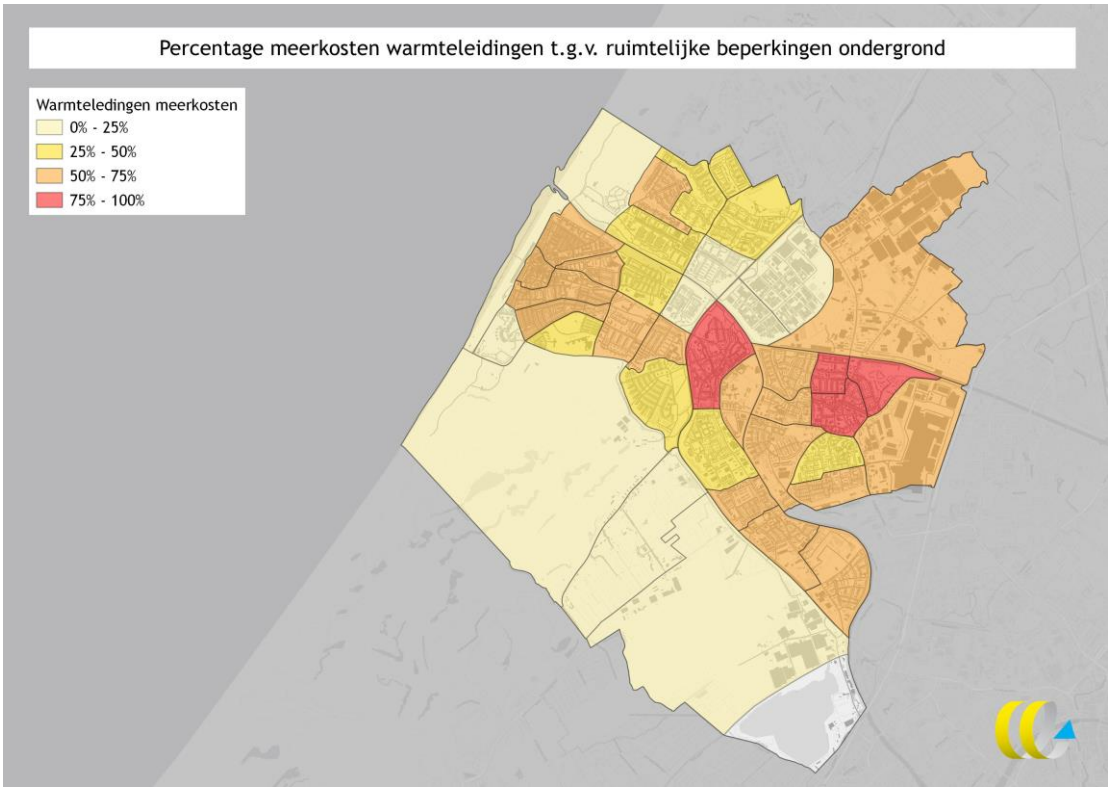


5.3 Kosten aanleg warmtenet

De gemiddelde jaarlijkse kosten van een warmtenet, zitten hem vooral in de aanleg van de infrastructuur. In de CEGOIA-berekeningen is rekening gehouden met de kosten van de aanleg van deze infrastructuur per strekkende meter leiding. Wareco heeft een onderzoek gedaan naar de ruimte in het straatprofiel, om zo de extra kosten te bepalen van de aanleg van een warmtenet per straat. In Figuur 38 is per buurt aangegeven wat de extra kosten zijn op basis van ruimte in het straatprofiel. Hierbij is te zien dat voor vier buurten geldt dat de extra kosten hoger liggen dan 75% en dat voor ongeveer de helft van de buurten geldt dat de kosten tussen de 50 en 75% hoger liggen. Hierbij moet worden opgemerkt dat het CEGOIA-model rekent met gemiddelde kosten, waarbij een gemiddelde beperkte ruimte in de ondergrond is meegenomen. Bovendien worden er voor buurten met stedelijke oud-bouw hogere warmtenetkosten gerekend. Over het algemeen geldt namelijk dat er in oudere buurten minder ruimte in de ondergrond om een warmtenet aan te leggen.

De kosten zoals weergegeven in Figuur 38 hoeven zodoende niet opgeteld te worden bij de CEGOIA-resultaten, maar de kostenberekening van Wareco van de extra kosten door beperkingen in de ondergrond is wel nauwkeuriger dan die waar het CEGOIA-model mee rekent. De kosten van de aanleg van een warmtenet zijn echter niet alleen afhankelijk van de ruimte in het straatbeeld. De kosten liggen bijvoorbeeld lager wanneer de werkzaamheden van de aanleg van een warmtenet samenvallen met werkzaamheden aan bijvoorbeeld riolering of het elektriciteitsnet. Daarnaast worden de kosten bijvoorbeeld beïnvloed door de grondsoort en het type bestrating (asfalt openbreken is duurder dan klinkers verleggen).

Figuur 38 - Meerkosten aanleg warmtenet ten gevolge van beperkte ruimte in de ondergrond (Wareco, 2021)



6 Conclusies

Energievraag

De huidige woningvoorraad in de gemeente Katwijk heeft gemiddeld een iets beter energielabel dan C, waarmee een groot deel van de woningen al geschikt is voor middentemperatuurverwarming (MT-verwarming). Enkel in en rondom de stads- en dorpskernen hebben delen van buurten oude bebouwing die nog niet geschikt is voor MT-verwarming.

Wanneer alle woningen en utiliteitsgebouwen in de gemeente worden geïsoleerd naar energielabel B, wordt er een besparing van 32% gerealiseerd op de warmtevraag.
De besparing is groter en rendabeler bij woningen die starten op energielabel F of G, dan woningen die al energielabel C of D hebben. Bij isoleren van de hele woningvoorraad naar energielabel C is de gemiddelde besparing 18%. Dat dit zo veel minder is, komt voornamelijk omdat al veel woningen in de gemeente Katwijk een energielabel hebben van C of beter.

De toename in elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving hangt voornamelijk af van de warmtetechniek waarop in de toekomst zal worden overgeschakeld en de elektrificatie van het personenvervoer. In het uiterste scenario, waarin de gehele gebouwde omgeving overschakelt op een warmtepomp, zal de warmtevoorziening een 50% hogere elektriciteitsvraag hebben. Wanneer alle personenauto's in 2050 op elektriciteit rijden, zal dit een toename van 40% veroorzaken ten opzichte van het huidige elektriciteitsgebruik.
In totaal veroorzaakt dit scenario een toename van 90% van de huidige elektriciteitsvraag.

Bij toename van de elektriciteitsvraag kan het zijn dat het elektriciteitsnet verzwaard moet worden. Dit hangt af van de toename van gevraagd vermogen. Voornamelijk wanner veel gebruik zal worden gemaakt van warmtepompen, zal het gevraagde vermogen op het elektriciteitsnet sterk toenemen, omdat warmtepompen op hetzelfde moment allemaal aan staan.

Potentiële opwek elektriciteit

Het potentieel van zon-pv in de gemeente Katwijk bedraagt 530 TJ per jaar, waarvan bijna 400 TJ per jaar zon op daken bedraagt en 12 TJ zon op gevels. Het overige deel van het potentieel komt van zon-pv op land. Voor windenergie blijft er in de gemeente Katwijk ten gevolge van de belemmeringen ruimte over voor drie windturbines rond het Valkenburgse meer, die in totaal rond de 108 TJ per jaar kunnen opleveren. In totaal is het potentieel aan opwek van zon-pv op dak en windenergie in de gemeente 106% van het huidige elektriciteitsgebruik van de gebouwde omgeving.

Potentiële warmtebronnen

De potentiële duurzame warmtebronnen hebben een technisch potentieel van gezamenlijk 270% van het huidige warmteverbruik van de gebouwde omgeving. De warmtevraag van glastuinbouw in de gemeente is ongeveer een vijfde van de warmtevraag van de gebouwde omgeving. Ook deze sector zal gaan verduurzamen en kan gebruikmaken van dezelfde warmtebronnen als de gebouwde omgeving.

Thermische energie uit oppervlaktewater heeft een hoog technisch potentieel, maar deze warmte is van zeer lage temperatuur, waardoor er hoge onrendabele investeringen nodig zijn om gebruik te kunnen maken van dit potentieel. Lagetemperatuurwarmte is daarnaast vaak niet rendabel om over grote afstand te transporteren. Het technisch potentieel van lagetemperatuurrestwarmte is gering in de gemeente. De ondergrond in Katwijk is zeer geschikt voor WKO-systemen en kan in combinatie met LT-bronnen worden gebruikt.

Het potentieel van geothermie en hogetemperatuurrestwarmte uit de WarmtelinQ kunnen een significante bijdrage leveren aan het invullen van de huidige warmtevraag van de gemeente Katwijk. HT-warmte kan wel langere afstanden afleggen en het potentieel hiervan voor de gemeente Katwijk is dan ook in te zetten door heel de gemeente Katwijk, afhankelijk van de businesscase. Het meest kansrijk voor de WarmtelinQ zijn echter de buurten in de omgeving van Leiden zelf, aangezien deze buurten dichter bij de bron liggen en daarmee ook een betere businesscase zullen hebben.

Oplossingen op basis van nationale kosten

Voor een zevental buurten in de gemeente Katwijk geldt dat het nationale kostenverschil tussen het toepassen van een elektrische warmtepomp en een MT/HT-warmtenet in 2050 erg dicht bij elkaar liggen. Voor de meerderheid van de Katwijkse buurten komt de elektrische warmtepomp het goedkoopst naar voren in 2050, waarbij het kostenverschil in een zestal buurten groter is dan 25%.

Als we kijken naar het scenario waarin alle woningen en utiliteitsgebouwen minimaal naar label C moeten isoleren, verandert het eindbeeld niet sterk ten opzichte van wanneer er geen minimale isolatie-eis wordt opgelegd. Voor een elektrische warmtepomp is namelijk minimaal energielabel B nodig en voor een MT-net minimaal energielabel C. Enkel voor de buurten die eerder op een HT-net uitkwamen, verandert er iets. Meer isoleren maakt de totale kosten in die buurten iets duurder, waardoor het gunstiger is om over te stappen op een MT-warmtenet. Hierdoor wordt het verschil tussen de elektrische warmtepomp en het warmtenet wat groter.

Wanneer de isolatie-eis van de gebouwde omgeving minimaal schillabel B is, zullen op basis van nationale kosten alle buurten naar 2050 toe overschakelen op een warmtepomp. Voor een warmtenet zijn vooral hoge investeringskosten nodig in de infrastructuur. Wanneer bovenop deze kosten ook hoge kosten voor isolatie moeten worden gemaakt, liggen de totale kosten van een warmtenet in de gemeente Katwijk hoger dan die van een elektrische warmtepomp. Voor het overschakelen op een elektrische warmtepomp is energielabel B ook in andere scenario's een vereiste, om ervoor te zorgen dat de gebouwen voldoende warm kunnen worden gemaakt en gehouden.

7 Aanbevelingen

Dit onderzoek geeft een eerste indicatie van de oplossingsrichtingen die geschikt zijn om de warmtevoorziening in de gemeente Katwijk mee te verduurzamen. Voor het maken van een keuze voor een bepaalde warmtetechniek zullen ook andere factoren dan beschikbaarheid en nationale kosten moeten worden meegewogen. Zo is het sociale aspect van de warmte-voorziening ook zeer belangrijk, zoals kosten voor de bewoners en hun betrokkenheid bij de keuze voor een bepaalde warmtetechniek.

De eerst volgende stap in de warmtetransitie is het kiezen van buurten waar gestart zal worden. Hiervoor kan het verschil in nationale kosten van de warmtetechnieken een van de factoren zijn om de keuze voor een bepaalde buurt op te baseren. Namelijk, wanneer de kosten tussen warmtetechnieken sterk uiteenlopen, is dit een indicatie om voor een bepaalde warmtetechniek te kiezen. Een afwegingskader, waarin ook andere factoren worden meegewogen, zal uiteindelijk de keuze voor de buurten bepalen. Deze andere factoren zijn bijvoorbeeld de homogeniteit van een buurt, de afschrijving van het gasnet en het aandeel woningen van woningbouwcorporaties.

Parallel aan het kiezen van buurten om te gaan starten met de warmtetransitie, zal het praktisch potentieel van de warmteopties, die in dit onderzoek naar voren komen als potentieel interessant, moeten worden onderzocht. Kostentechnisch lijken warmtepompen en een HT-en MT-net het meest interessant, maar het lokaal toepassen van een LT-net, zoals in Hoornes, behoort ook tot de opties. Voor het maken van een keuze voor een warmtetechniek, zal moeten worden onderzocht of geothermie inderdaad kan worden gewonnen in de gemeente. Ook moet worden onderzocht wat de leveringszekerheid van warmte uit de WarmtelinQ is en wat de uiteindelijke kosten voor de gemeente zullen bedragen wanneer warmte hieruit zal worden afgenomen. Voor de aanleg van een warmtenet moet ook de ruimte in de ondergrond worden meegenomen, zoals bepaald door Wareco. Wanneer wordt ingezet op warmtepompen, moet samen met de netbeheerder worden bepaald hoeveel netverzwaring er nodig is en of het haalbaar is deze netverzwaring te realiseren.

8 Literatuur

Antea, 2019. Ruimtelijke potentie duurzame energie. Antea Group.

CBS. lopend. *Statline* [Online]. Available: https://opendata.cbs.nl/statline [Accessed 5 januari 2021].

CBS. lopend. *Statline* [Online]. Statline. Aantal inwoners - Gemeenten Available: https://cbsinuwbuurt.nl/#sub-gemeenten2019_aantal_inwoners

CE Delft, 2020a. Kosten zontoepassingen: Methode om private en maatschappelijke kosten te vergelijken. Delft, CE Delft.

CE Delft, 2020b. Verkennend onderzoek zonthermie Zuid-Holland. Delft, CE Delft.

Geodan, Generation Energy & CE Delft. lopend. *NP RES: Analysekaarten* [Online]. Available: https://services.geodan.nl/viewer/v2/?config=75d9971f-53e0-4ab3-9975-bb50872d7832 [Accessed].

Holland Solar, 2015. Ruimte voor zonne-energie in Nederland 2020-2050. Utrecht, Holland Solar.

IF Technology, 2020. Potentie geothermie Holland Rijnland. Arnhem, IF Technology B.V.

Kadaster. 2020. *Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)* [Online]. Available: https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag [Accessed 2021].

MilieuCentraal. 2020. *Waar let ik op bij de aanschaf van zonnepanelen* [Online]. Available: https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-kopen/waar-let-ik-op-bij-aanschaf-zonnepanelen/ [Accessed].

MilieuCentraal. lopend. *Zonneboiler* [Online]. Available: https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-warm-water/zonneboiler/ [Accessed 4 januari 2021].

Nibud. 2020. *Energie en water* [Online]. Available: https://www.nibud.nl/consumenten/energie-en-water/ [Accessed 7 december 2020].

Overmorgen. 2020. *Potentie opwek duurzame elektriciteit Gemeente Utrecht, Web Map* [Online]. Available: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=ca82248e06294081977154b4a7f9aa30 [Accessed].

Provincie Zuid-Holland. lopend. *Warmteprofielen* [Online]. Available: https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c487f867908e41ffbbbdc3570c10ebfe [Accessed 18 december 2020].

Qirion & Osborne, 2020. Warmtenet Holland Rijnland: Financiële analyse.

Rijkswaterstaat. lopend. *Klimaatmonitor* [Online]. Available: https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/dashboard/energiegebruik/ [Accessed 16 december 2020].

RVO. lopend. *Warmteatlas* [Online]. Available: https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2 [Accessed 8 februari 2021].

Solar Heat Europe. 2018. *Increasingly popular: Heat and power from the same roof (PVT technology)* [Online]. Available: http://solarheateurope.eu/2018/04/30/increasingly-popular-heat-and-power-from-the-same-roof/ [Accessed 2020].

SPAARgas.nu. 2020. *Ramplaankwartier Haarlem in 2025 Aardgas-vrij* [Online]. Available: https://www.vakbeursenergie.nl/files/54events/energie/pdf/2018/SpaarGas%20presentatie.pdf [Accessed 2021].

ThermoGIS. lopend. *Het principe van geothermie* [Online]. Available: https://www.thermogis.nl/het-principe-van-geothermie [Accessed 8 december 2020].

Wareco, 2021. Ondergrondse ruimte voor warmtenetten Katwijk. Amsterdam, Wareco.

WarmingUp. lopend. *Ondergrondse Warmteopslag* [Online]. Available: https://www.warmingup.info/thema/5/ondergrondse-warmteopslag [Accessed 11 december 2020].

A Resultaten Startanalyse 2020

Energievraag voor verwarmen, ventileren, koelen, elektrische behoeften volgens de startanalyse[13] (rekenjaar 2030).

BU_NAAM	Strategie Start-analyse	LNK-naam	LNK-variant	Minimum energie-label	Aan-sluitingen totaal	Aantal inwoners	Aantal huis-houdens	Aantal WEQ	Energie-vraag totaal (GJ/woning/jaar)	Ruimte verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Tapwater verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag ventilatie (GJ/woning/jaar)	Koudevraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag apparaten en licht (GJ/woning/jaar)
Rijnsoever-West	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	775	1.925	750	822	43	23	7	0	1	12
Rijnsoever-Oost	's1a'	e-WP	WP lucht	B	865	2.240	825	984	45	23	7	0	2	14
Hoornes-West	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	2.074	3.280	1.620	1.942	40	19	5	0	2	13
Hoornes-Oost	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.193	2.135	955	1.094	38	20	6	0	1	11
Rijnsoever-Noord	's1a'	e-WP	WP lucht	B	356	830	300	352	31	15	7	0	0	9
Rijnsoever-Midden	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.171	2.815	1.105	1.115	40	22	8	0	0	10
't Heen-Zuid	's3f'	Warmten et LT-bron	MT-net met LT-restwarmte	D	80	5	0	372	90	18	1	0	9	63

[13] In de varianten S1a, S1b, S2a, S2b, S2c, S3a,S3b, S3c, S3d,S3e, S4a, S4b, S5a, S5b en voor alle utiliteitsgebouwen wordt geïsoleerd tot niveau B.
In de varianten S2d,S2f, S2e, S3f, S3g, S3h, S4c, S4d, S5c, S5d wordt geïsoleerd tot niveau D.

BU_NAAM	Strategie Start-analyse	LNK-naam	LNK-variant	Minimum energie-label	Aan-sluitingen totaal	Aantal inwoners	Aantal huis-houdens	Aantal WEQ	Energie-vraag totaal (GJ/woning/jaar)	Ruimte verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Tapwater verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag ventilatie (GJ/woning/jaar)	Koudevraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag apparaten en licht (GJ/woning/jaar)
't Heen-Noord	's3f'	Warmte-net LT-bron	MT-net met LT-restwarmte	D	75	10	5	412	78	18	1	0	8	51
Dorp	's1a'	e-WP	WP lucht	B	1.193	2.810	1.135	1.327	48	23	7	0	3	14
't Sandt	's1b'	e-WP	WP bodem	B	294	545	200	526	51	20	4	0	4	23
Molenwijk	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.188	2.330	1.090	1.238	45	23	6	0	2	14
Cleijn Duin	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	667	1.240	545	621	42	22	6	0	2	13
Koestal	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	673	1.465	595	736	41	20	6	0	2	13
Zanderij	's1a'	e-WP	WP lucht	B	1.038	3.160	1.025	1.035	36	18	8	0	0	10
Strand	's3a'	Warmte-net LT-bron	LT-net met LT-restwarmte	B	22	5	0	165	87	17	2	0	20	48
De Noord	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.480	3.550	1.445	1.561	45	23	7	0	2	13
Noord-Oost	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	800	1.705	730	857	42	19	6	0	2	16
Centrum	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	747	1.150	560	900	58	21	5	0	6	26
Midden	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.443	3.490	1.330	1.503	47	25	7	0	2	12

BU_NAAM	Strategie Start-analyse	LNK-naam	LNK-variant	Minimum energie-label	Aan-sluitingen totaal	Aantal inwoners	Aantal huis-houdens	Aantal WEQ	Energie-vraag totaal (GJ/woning/jaar)	Ruimte verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Tapwater verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag ventilatie (GJ/woning/jaar)	Koudevraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag apparaten en licht (GJ/woning/jaar)
Zuid-West	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	392	545	220	441	43	19	6	0	2	15
Zuid	's3e'	Warmte-net LT-bron	MT-net met TEO	B	975	2.685	925	988	44	23	7	1	1	12
Zuid-Oost	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	488	1.030	320	607	48	24	6	0	2	16
Witte Hek	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	953	1.965	910	1.235	49	19	6	0	4	20
Overduin	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	948	1.665	805	956	45	22	6	0	2	15
Noordduinen	's1a'	e-WP	WP lucht	B	60	5	0	66	85	32	4	0	27	22
Zuidduinen	's1b'	e-WP	WP bodem	B	20	25	10	174	86	31	4	0	30	20
De Mient en Kooltuin	's1a'	e-WP	WP lucht	B	73	460	20	243	79	20	3	0	19	37
Centrum	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.022	1.695	800	1.191	49	21	6	0	4	18
Kleipetten	's3h'	Warmte-net LT-bron	MT-net met TEO	D	1.018	2.750	1.010	1.074	42	23	7	0	1	11
De Horn	's1a'	e-WP	WP lucht	B	448	1.055	415	453	43	22	8	1	1	12
Frederiksoord-Noord	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.161	2.445	1.010	1.249	41	19	6	0	1	14
Frederiksoord-Zuid	's1a'	e-WP	WP lucht	B	712	1.715	650	691	45	24	7	1	1	13

BU_NAAM	Strategie Start-analyse	LNK-naam	LNK-variant	Minimum energie-label	Aan-sluitingen totaal	Aantal inwoners	Aantal huis-houdens	Aantal WEQ	Energie-vraag totaal (GJ/woning/jaar)	Ruimte verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Tapwater verwarmings-vraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag ventilatie (GJ/woning/jaar)	Koudevraag (GJ/woning/jaar)	Energievraag apparaten en licht (GJ/woning/jaar)
Centrum-Noord	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	647	1.175	565	679	43	22	7	0	2	13
De Hoek	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	1.055	2.555	975	1.033	42	24	7	0	0	11
Westerhaghe	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	687	1.570	655	762	40	20	6	0	2	12
Kamphuizer-polder	's1b'	e-WP	WP bodem	B	104	185	75	801	35	17	1	0	3	14
Rijnsburg-Noord	's1a'	e-WP	WP lucht	B	412	1.085	360	831	45	21	4	0	3	15
Dorp	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	816	1.825	730	840	47	24	7	0	2	14
't Joght	's2e'	Warmte-net MT-bron	MT-net geothermie	D	791	1.860	700	741	43	23	8	0	1	11
't Duyfrak	's1a'	e-WP	WP lucht	B	806	2.085	720	799	38	19	7	0	1	11
Valkenburgse Meer	's1a'	e-WP	WP lucht	B	35	55	25	101	88	33	3	0	12	40
Overige verspreide huizen Valkenburg	's1a'	e-WP	WP lucht	B	44	95	40	82	63	28	4	0	6	24

B Kengetallen energievraag

Tabel 7 - Warmtevraag ruimteverwarming utiliteit, bron Functioneel Ontwerp Vesta 4.0

	Huidige warmtevraag (GJ/m²/jaar)				
BAG-functie	**0-1919**	**1920-1974**	**1975-1989**	**1990-1994**	**1995-2017**
Winkel	0,394	0,394	0,312	0,281	0,24
Logies	0,432	0,432	0,432	0,394	0,32
Gezondheidszorg	0,429	0,429	0,384	0,362	0,343
Kantoor	0,433	0,433	0,357	0,32	0,268
Bijeenkomst	0,645	0,645	0,598	0,583	0,505
Onderwijs	0,356	0,356	0,307	0,27	0,262
Sport	0,437	0,437	0,388	0,386	0,329
Cel	0,543	0,543	0,517	0,499	0,451
Overig	0,301	0,301	0,228	0,22	0,177

Tabel 8 - Percentages energiebesparing woningbouw, van huidig label naar label B (Macjen)

Huidig label	Besparing naar label B
G	-32%
F	-29%
E	-24%
D	-16%
C	-9%
B	0%
A	0%

Tabel 9 - Warmtevraag ruimteverwarming utiliteit na besparing naar energielabel B

	Warmtevraag energielabel B (GJ/m²/jaar)				
BAG-functie	**0-1919**	**1920-1974**	**1975-1989**	**1990-1994**	**1995-2017**
Winkel	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11
Logies	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
Gezondheidszorg	0,39	0,37	0,34	0,31	0,3
Kantoor	0,27	0,24	0,22	0,22	0,21
Bijeenkomst	0,21	0,34	0,41	0,4	0,34
Onderwijs	0,16	0,15	0,13	0,12	0,12
Sport	0,32	0,34	0,31	0,3	0,28
Cel	0,38	0,38	0,33	0,3	0,3
Overig	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11

Bron: Sipma, 2014.

Tabel 10 - Huidige functionele vraag elektriciteit utiliteit (SWING (RVO, 2014))

Functionele vraag	BAG-functie	Vraag (GJ/m²/jaar)
Warm tapwater	Winkelfunctie	0,006
Warm tapwater	Logiesfunctie	0,065
Warm tapwater	Gezondheidszorgfunctie	0,095
Warm tapwater	Kantoorfunctie	0,006
Warm tapwater	Bijeenkomstfunctie	0,065
Warm tapwater	Onderwijsfunctie	0,007333333
Warm tapwater	Sportfunctie	0,078888889
Warm tapwater	Celfunctie	0,065
Koude	Winkelfunctie	0,011
Koude	Logiesfunctie	0,077
Koude	Gezondheidszorgfunctie	0,03
Koude	Kantoorfunctie	0,034
Koude	Bijeenkomstfunctie	0,077
Koude	Onderwijsfunctie	0,002
Koude	Sportfunctie	0
Koude	Celfunctie	0,077
Ventilatie	Winkelfunctie	0,008
Ventilatie	Logiesfunctie	0,048
Ventilatie	Gezondheidszorgfunctie	0,046
Ventilatie	Kantoorfunctie	0,019
Ventilatie	Bijeenkomstfunctie	0,048
Ventilatie	Onderwijsfunctie	0,009
Ventilatie	Sportfunctie	0,081
Ventilatie	Celfunctie	0,048
Apparatuur	Winkelfunctie	0,546
Apparatuur	Logiesfunctie	0,361
Apparatuur	Gezondheidszorgfunctie	0,312
Apparatuur	Kantoorfunctie	0,292
Apparatuur	Bijeenkomstfunctie	0,361
Apparatuur	Onderwijsfunctie	0,145
Apparatuur	Sportfunctie	0,187
Apparatuur	Celfunctie	0,361
Hulpenergie	Winkelfunctie	0,01
Hulpenergie	Logiesfunctie	0,019
Hulpenergie	Gezondheidszorgfunctie	0,016
Hulpenergie	Kantoorfunctie	0,007
Hulpenergie	Bijeenkomstfunctie	0,019
Hulpenergie	Onderwijsfunctie	0,0085
Hulpenergie	Sportfunctie	0,0422
Hulpenergie	Celfunctie	0,019

Bron: (SWING (RVO, 2014)).

Tabel 11 - Koudevraag utiliteit bij isolatie naar label B

Functie	Koudevraag (GJ/m²)	Bron
Bijeenkomst	0,18	Vesta 3.5
Cel	0,09	Vesta 3.5
Gezondheidszorg	0,03	Vesta 3.5
Kantoor	0,09	Vesta 3.5
Logies	0,16	Vesta 3.5
Onderwijs	0,0	Vesta 3.5
Anders	0,09	Vesta 3.5
Sport	0,09	Vesta 3.5
Winkel	0,04	Vesta 3.5

Tabel 12 - Koudevraag woningen

Isolatieniveau	Koude (GJ/m²)	Bron
LT 50 kWh/m2	0,05	Aanname CE
Huidig	0	Aanname CE

C Potentiële energielevering

Elektriciteitslevering

Type	Potentiële elektriciteitsproductie (TJ/jaar)
Zon-pv	530
Wind	108

Warmtelevering

Type	Potentiële warmteproductie (TJ/jaar)
Geothermie[14]	414-621
Zonthermie	145-162
TEO	1.800
TEA[15]	209
TED	47-375
WarmtelinQ	337
Lokale Restwarmte	467

[14] Ondergrens bepaald door de doubletlocaties die op de grens van de gemeente vallen niet mee te nemen.

[15] Enkel TEA persleidingen en RWZI worden opgeteld om dubbeltelling met riothermie te voorkomen.

D Korte omschrijving CEGOIA

De Nederlandse warmtevoorziening gaat op de schop. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de gebouwde omgeving klimaatneutraal moet zijn in 2050. De gebouwde omgeving, oftewel woningen en utiliteiten (zoals kantoren, scholen en gezondheidszorg), wordt nu voor het grootste gedeelte verwarmd door aardgas. Voor al deze woningen en utiliteiten moet dus een klimaatneutrale oplossing worden gezocht.

Wat houdt dat eigenlijk in, een 'klimaatneutrale gebouwde omgeving'? Welke opties zijn er om gebouwen klimaatneutraal te verwarmen (en koelen)? Welke bronnen en technieken zijn er beschikbaar, en wat is de meeste kostenefficiënte oplossing in een buurt?

Het CEGOIA-model is ontwikkeld om deze vragen te beantwoorden. Het model berekent op CBS-buurtniveau welke opties een buurt heeft om klimaatneutraal te worden, en hoeveel deze gaan kosten. Het model maakt gebruik van lokale informatie zoals woningtype en bouwjaar, buurteigenschappen en lokale warmtebronnen. De resultaten geven uiteindelijk antwoord op de vraag: Welke warmtevoorziening in welke buurt levert voor uw gebied de laagste maatschappelijke kosten op binnen de doelstelling om klimaatneutraal te worden?

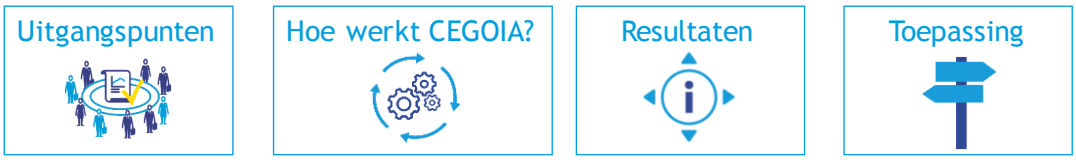
Diverse partijen, waaronder gemeentes, woningcorporaties en netbeheerders, zijn momenteel actief bezig om de energietransitie vorm te geven. De resultaten en het advies rondom het CEGOIA-model bieden een basis om verdere stappen te nemen op weg naar een klimaatneutrale warmtevoorziening.

Wat kun je ermee?

Het CEGOIA-model berekent op buurtniveau wat de kosten zijn voor elke warmtetechniek in combinatie met het meest rendabele isolatieniveau. Dit maakt het mogelijk om de kosten van de verschillende technieken te vergelijken. Daarnaast houdt het model ook rekening met de beschikbare warmtebronnen per buurt. Als een warmtebron en/of energiedrager beperkt beschikbaar is (bijvoorbeeld groengas), dan berekent het model welke verdeling van de warmtebron/energiedrager over de buurten uiteindelijk de laagste kosten oplevert voor het hele gebied (de optelsom van alle buurten). Het resultaat is dat de energiebron op die plek wordt ingezet waar het de grootste kostenbesparing oplevert ten opzichte van een (duurder) alternatief.

De uitkomsten kunnen gebruikt worden als input voor diverse vormen van beleid, waaronder de Transitievisie Warmte, de investeringsplanning van woningcorporaties, en als input voor netbeheerders.

Leeswijzer



D.1 Uitgangspunten

Algemene uitgangspunten

De gebouwde omgeving in Nederland heeft een bepaalde vraag naar ruimteverwarming, warm tapwater en in sommige gevallen ook koeling. Omdat de doelstelling voor de gebouwde omgeving in 2050 'klimaatneutraal' is, zal er voor de warmtevoorziening geen gebruik meer gemaakt worden van aardgas. Wel zal er mogelijk nog sprake zijn van het gebruik van duurzame gassen, bijvoorbeeld groengas of waterstof.

Op het gebied van de warmtetransitie zijn er veel innovaties gaande. In het model wordt er gebruikgemaakt van bewezen technieken.[16]
Er zijn een aantal verschillende warmtetechnieken beschikbaar. Deze zijn grofweg op te delen in vijf categorieën[17]:

1. Conventionele hr-ketel. Deze oplossing maakt gebruik van gas. Momenteel is dit vooral aardgas, maar om klimaatneutraal te worden moet aardgas worden vervangen door duurzaam gas.
2. Hybride warmtepomp. Een hybride warmtepomp gebruikt een combinatie van omgevingswarmte, elektriciteit en gas. Net als bij de hr-ketel is de aanname dat er in de toekomst alleen nog duurzaam gas wordt gebruikt.
3. All electric-warmtepomp. Een warmtepomp maakt gebruik van bodemwarmte of buitenlucht en waardeert deze warmte op met elektriciteit om de woning en tapwater te kunnen verwarmen. Dit gebeurt met lagetemperatuurwarmte (LT), wat betekent dat een woning voldoende geïsoleerd moet zijn/worden om de woning voldoende te kunnen verwarmen op LT-niveau. Daarnaast zijn lagetemperatuurradiatoren[18] vereist.
4. Collectieve warmtenetten. Warmtenetten zijn er in verschillende varianten. De temperatuur van het net hangt af van de brontemperatuur en eventuele opwaardering. Over het algemeen geldt: hoe lager de temperatuur van het net, hoe beter het gebouw geïsoleerd moet zijn.
5. Cv-ketel op vaste biomassa. Dit is een cv-ketel die vaste biomassa, meestal houtpellets, verbrandt met een hoog rendement. Bij de verbranding komen emissies vrij, waaronder fijnstof, wat een negatieve impact heeft op de luchtkwaliteit. Er speelt een maatschappelijke discussie over de wenselijkheid van deze techniek. In CEGOIA wordt deze techniek meestal alleen toegepast in schaars bebouwde gebieden.

Voor elke techniek worden de investeringskosten (CAPEX) en de operationele kosten (OPEX) berekend bij ieder mogelijk isolatieniveau. Een verdere toelichting van deze kosten vindt u in Hoofdstuk 0D.2. De investeringen worden met behulp van een rentevoet en de gemiddelde levensduur omgerekend naar jaarlijkse kosten. Dit maakt het mogelijk om alle technieken met elkaar te kunnen vergelijken op buurtniveau.

[16] Nieuwe technieken kennen een lange ontwikkeltijd voordat ze daadwerkelijk op grote schaal geïmplementeerd kunnen worden. Wanneer een techniek voldoende bewezen is, kan deze worden opgenomen in het CEGOIA-model.

[17] Uiteraard zijn er nog meer technieken in de omloop, waaronder zonneboilers en infraroodpanelen. Deze technieken worden vaak als toevoeging gebruikt maar niet als zelfstandige techniek. Vandaar dat ze niet in het model worden weergegeven.

[18] Voor meer uitleg over radiatoren, zie deze factsheet over afgiftesystemen.

De berekeningen van de kosten vinden plaats op CBS-buurtniveau. De resultaten voor woningen worden berekend op basis van een gemiddelde in de buurt. Dit geeft inzicht in welke techniek op buurtniveau de laagste kosten oplevert. Uiteraard zullen de specifieke kosten per woning of gebouw variëren.

De berekeningen maken gebruik van buurtgegevens van het CBS, gebouwkenmerken en gebruiksfuncties uit de BAG, en de parameters. Hieronder vallen o.a. de rentevoet, investeringskosten en energieprijzen. Alle kengetallen en parameters zijn te vinden in de parameterbijlage die wij afzonderlijk per project leveren.

Energiedragers

Warmtetechnieken zetten energie om in warmte voor de woningen en gebouwen.
De energiedragers die gebruikt worden voor ruimteverwarming zijn:

- **Elektriciteit:** wordt door elke techniek gebruikt, voor de meeste technieken in de vorm van hulpenergie (om water rond te pompen) en voor warmtepompen om de omgevingswarmte op te waarderen.
- **Warm water**: Warmte wordt via water dat in een warmtedistributienet stroomt verplaatst van de bron naar de gebruiker. De warmte wordt uit het warme water overgedragen naar de woning door warmtewisselaars.
- **Vaste biomassa (houtpellets)**: Deze pellets worden gemaakt uit hernieuwbare grondstoffen (biomassa) en zijn geschikt voor verbranding in een pellet cv-ketel. Duurzame biomassa is zeer beperkt beschikbaar en wordt daarom altijd gelimiteerd ingezet.
- **Groengas:** Groengas is duurzaam gas dat wordt gewonnen uit biogas. Het heeft vergelijkbare eigenschappen als aardgas, en kan dus ook in aardgasgestookte installaties worden ingezet. Groengas is zeer beperkt beschikbaar en wordt daarom altijd gelimiteerd ingezet.
- **Waterstof:** Waterstof is een gas dat op verschillende manieren opgewekt kan worden. ‘Groene’ waterstof is waterstof opgewekt uit duurzame elektriciteit. Waterstof is momenteel nog niet beschikbaar voor de gebouwde omgeving. In de toekomst is de beschikbaarheid van waterstof voor de gebouwde omgeving nog onbekend.

Warmtebronnen

Afhankelijk van de beschikbaarheid in de regio zijn er meerdere warmtebronnen mogelijk: warmte uit een stoom en gascentrale (STEG), industriële restwarmte, geothermie, lagetemperatuurrestwarmte, warmte opgewekt in een biomassacentrale, en aquathermie.

CEGOIA maakt gebruik van data uit verschillende bronnen, waaronder het warmtebronnenregister en ThermoGIS, om deze warmtebronnen in kaart te brengen. Per project wordt de beschikbaarheid van de bronnen afgestemd met de opdrachtgever, en is het mogelijk om lokale input toe te voegen of aanpassingen te maken indien gewenst.

Warmtetechnieken

Het CEGOIA-model berekent de kosten van een aantal warmtetechnieken. Hieronder vindt u een overzicht welke technieken er mogelijk zijn. Per individueel project wordt in samenwerking met de projectgroep afgestemd welke technieken wel en niet meegenomen worden. De meeste technieken bevatten een link naar factsheets waarop een verdere uitleg over de techniek te vinden is.

Overzicht warmtetechnieken

Tabel 13 - Overzicht warmtetechnieken met benodigde energiedrager(s) en isolatieniveau

Pictogram	Naam techniek	Energiedrager[19]	Benodigd isolatieniveau[20]
	Hr-ketel	(Groen)gas	Geen
	Hybride warmtepomp - buitenlucht	(Groen)gas en elektriciteit	Geen eisen, maar goede isolatie verbetert het rendement
	Cv-ketel	Vaste biomassapellets	Geen
	Warmtepomp - bodem	Elektriciteit	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau[21])
	Warmtepomp - buitenlucht	Elektriciteit	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Hr-ketel [waterstof]	Waterstof	Geen
	Hybride warmtepomp - buitenlucht [waterstof]	Waterstof en elektriciteit	Geen
	Warmtenet HT	Warmte van hoge temperatuur (~70 tot 90˚C)	Geen
	Warmtenet MT	Warmte van middelhoge temperatuur (~55 tot 70˚C)	Redelijke schilisolatie (Minimaal MT-niveau[22])
	Warmtenet LT	Warmte van lage temperatuur (~30 tot 55˚C)	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	WKO-net	Lokale bodemwarmte en koude	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Warmtenet LT met individuele warmtepomp	Warmte van lage temperatuur	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)
	Warmtenet ZLT met individuele warmtepomp	(Warmte (zeer lage temperatuur (<30˚C))	Goede schilisolatie (Minimaal LT-niveau)

19 Alle technieken maken naast de genoemde energiedrager ook gebruik van elektriciteit voor hulpenergie.

20 De isolatieniveau 's worden in de webtool weergegeven in een warmtevraag per m^2. Dit is in de plaats gekomen van zogenoemde (schil)labels, omdat dit meer informatie geeft over de warmtevraag van het gebouw.

21 LT-niveau komt overeen met een warmtevraag van maximaal 50 kW/m^2.

22 MT-niveau komt overeen met een warmtevraag van maximaal 70 kW/m^2.

D.2 Hoe werkt CEGOIA?

Het CEGOIA-model berekent per buurt voor elke techniek wat de kosten zijn voor de samenleving als geheel. Deze kosten worden ook wel de nationale kosten genoemd. Nationaal betekent hier dus 'voor de hele samenleving'. Het model houdt rekening met de kosten over de gehele keten van de warmtevoorziening (zie Figuur 39). Alle kosten zijn berekend exclusief belastingen. Belastingen zijn een verschuiving van geld (tussen de overheid en de consument) en zeggen niets over de kosten voor de samenleving. Het is wel mogelijk om de resultaten ook inclusief belastingen te berekenen.

Figuur 39 - Totale keten van de warmtevoorziening

- Onder **bron**kosten vallen de kosten voor het energieverbruik buiten het gebouw en investeringen in de bron. Het gaat hierbij om o.a. warmteverliezen (bij een warmte-net), collectieve opwaardering en de kosten van duurzame warmte.
- Onder **distributie** vallen de kosten voor de energie-infrastructuur: het (verzwaarde) elektriciteitsnet en indien van toepassing gasnet of warmtenet. Het betreft de kosten voor de regionale netten. Ook eventuele amoveringskosten van het gasnet zijn inbegrepen.
- Onder **gebouw** vallen de isolatiemaatregelen.
- Onder **installatie** worden alle kosten bedoeld die te maken hebben met de installatie in het gebouw. Hieronder vallen de systemen voor ruimteverwarming en afgifte, warm tapwater, koeling en ventilatie.
- Onder **energieverbruik** vallen de kosten voor het energieverbruik in het gebouw. Let op: dit zijn de kosten exclusief de belastingen (energiebelasting, ODE en btw).
- Indien gewenst is het wel mogelijk om belastingen apart weer te geven in de webtool.

CEGOIA berekent dus op buurtniveau deze bovenstaande kosten voor elke warmtetechniek en voor ieder isolatieniveau. Uiteindelijk worden in de webtool alleen de kosten weergegeven per warmtetechniek voor het isolatieniveau met de laagste kosten. Dit werkt als volgt: een hoger isolatieniveau betekent hogere kosten voor gebouw maar levert een besparing op voor het energieverbruik. Het model berekent de totale kosten per isolatiestap, en laat het isolatieniveau zien wat de laagste kosten oplevert. Dit kan ook inhouden dat niet extra isoleren de laagste kosten oplevert. Bij bepaalde technieken met een lage-temperatuurverwarming, zoals een all electric-warmtepomp, is een minimaal isolatieniveau vereist, zie Tabel 13

E CEGOIA-resultaten: nationale kosten

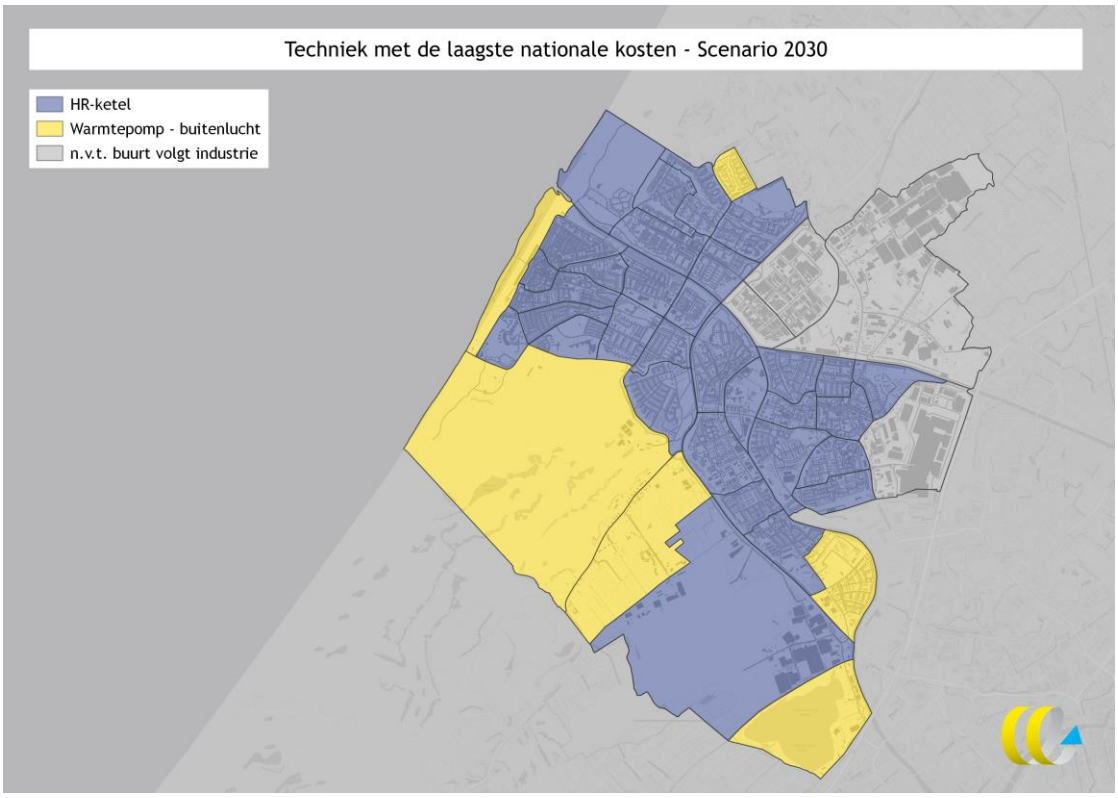
Tabel 14 - Nationale kosten woningen - 2050

Buurtcode	Buurtnaam	Aantal woningen	Warmtepomp - buitenlucht (€/woning/jaar)	Warmtepomp - bodem (€/woning/jaar)	Warmtenet MT (€/woning/jaar)	Warmtenet HT (€/woning/jaar)	Warmtenet LT (€/woning/jaar)
BU05370507	Zuid	929	3.463	3.796	4.416	4.324	5.173
BU05370505	Midden	1.344	3.297	3.640	3.676	3.637	4.522
BU05370601	Noordduinen	3	6.408	6.759	11.280	10.750	12.200
BU05370502	De Noord	1.575	2.993	3.337	3.514	3.496	4.262
BU05370503	Noord-Oost	806	2.591	2.937	2.877	3.008	3.621
BU05370506	Zuid-West	525	2.354	2.710	2.682	2.876	3.263
BU05370504	Centrum	576	2.979	3.329	3.329	3.236	4.044
BU05370510	Overduin	830	2.885	3.221	3.191	3.208	3.920
BU05370508	Zuid-Oost	433	2.941	3.287	3.361	3.311	4.002
BU05370501	Strand	4	9.620	9.950	13.340	12.660	13.700
BU05370602	Zuidduinen	13	26.660	27.000	29.920	29.380	32.640
BU05370701	Kleipetten	1.167	3.071	3.413	2.999	3.446	4.266
BU05370703	Frederiksoord-Noord	1.204	2.606	2.954	2.965	2.973	3.595
BU05370704	Frederiksoord-Zuid	791	3.161	3.495	3.674	3.606	4.401
BU05370104	Hoornes-Oost	979	2.191	2.517	2.492	2.756	3.163
BU05370509	Witte Hek	1.143	2.470	2.810	2.648	2.945	3.544
BU05370705	Centrum-Noord	667	2.594	2.926	3.154	3.133	3.746
BU05370102	Rijnsoever-Oost	805	3.495	3.830	3.943	3.961	4.866
BU05370105	Rijnsoever-Noord	608	2.001	2.350	2.998	3.088	#N/B
BU05370302	't Sandt	839	2.229	2.586	2.909	2.937	3.719
BU05370304	Cleijn Duin	551	2.848	3.170	3.074	3.145	3.795
BU05370106	Rijnsoever-Midden	1.106	3.139	3.480	3.482	3.400	4.273
BU05370301	Dorp	1.131	3.644	3.982	4.125	4.094	5.080
BU05370103	Hoornes-West	1.949	2.123	2.462	2.352	2.405	2.859
BU05370702	De Horn	747	2.800	3.145	3.560	3.552	4.058
BU05370706	De Hoek	999	3.047	3.379	3.415	3.394	4.196
BU05370604	De Mient en Kooltuin	16	11.560	11.830	13.510	13.290	15.480
BU05370801	't Joght	769	2.951	3.294	3.592	3.384	4.596
BU05370800	Dorp	794	3.214	3.556	3.677	3.706	4.540
BU05370802	't Duyfrak	869	2.315	2.650	3.442	3.777	3.600
BU05370809	Overige verspreide	5.634	2.554	2.908	3.459	3.794	3.781

Buurtcode	Buurtnaam	Aantal woningen	Warmte pomp - buitenlucht (€/woning/ jaar)	Warmte pomp - bodem (€/woning/ jaar)	Warmtenet MT (€/woning/ jaar)	Warmtenet HT (€/woning/ jaar)	Warmtenet LT (€/woning/ jaar)
	huizen Valkenburg						
BU05370305	Koestal	633	2.731	3.061	3.331	3.186	4.240
BU05370306	Zanderij	1.305	2.673	3.012	3.138	3.292	4.326
BU05370808	Valkenburgse Meer	24	7.762	8.104	9.415	8.966	11.040
BU05370303	Molenwijk	1.323	2.717	3.048	3.285	3.164	4.188
BU05370700	Centrum	1.012	2.864	3.208	3.284	3.230	3.962
BU05370707	Westerhaghe	664	2.655	2.993	2.760	3.144	3.725
BU05370101	Rijnsoever-West	757	3.246	3.584	3.632	3.588	4.466
BU05370709	Rijnsburg-Noord	539	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370708	Kamphuizer-polder	73	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370201	't Heen-Zuid	3	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370202	't Heen-Noord	4	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.

Tabel 15 - Nationale kosten utiliteit - 2050

Buurtcode	Buurtnaam	Aantal WEQ (150 m²)	Warmtepomp - buitenlucht (€/WEQ/ jaar)	Warmte pomp - bodem (€/WEQ/ jaar)	Warmtenet MT (€/WEQ/ jaar)	Warmtenet HT (€/WEQ/ jaar)	Warmtenet LT (€/WEQ/ jaar)
BU05370507	Zuid	53	3.677	4.005	4.102	4.416	4.006
BU05370505	Midden	131	3.618	3.933	3.925	4.239	3.846
BU05370601	Noordduinen	52	4.153	4.456	8.160	7.960	8.311
BU05370502	De Noord	103	3.648	3.973	3.916	4.238	3.891
BU05370503	Noord-Oost	80	3.988	4.323	4.214	4.391	4.201
BU05370506	Zuid-West	43	3.514	3.833	3.801	4.197	3.785
BU05370504	Centrum	269	3.910	4.239	4.191	4.172	4.107
BU05370510	Overduin	93	3.775	4.106	4.068	4.221	4.047
BU05370508	Zuid-Oost	138	3.629	3.943	3.956	4.524	3.898
BU05370501	Strand	34	4.582	4.869	#N/B	7.966	7.210
BU05370602	Zuidduinen	140	9.960	10.240	13.000	13.410	13.960
BU05370701	Kleipetten	46	3.403	3.712	3.671	4.069	3.689
BU05370703	Frederiksoord-Noord	62	3.810	4.153	3.962	3.734	4.021
BU05370704	Frederiksoord-Zuid	12	3.059	3.410	3.271	3.320	3.320
BU05370104	Hoornes-Oost	31	3.255	3.598	3.498	3.743	3.499
BU05370509	Witte Hek	125	3.600	3.922	3.797	4.035	3.801
BU05370705	Centrum-Noord	52	3.778	4.089	4.051	4.398	3.990
BU05370102	Rijnsoever-Oost	149	3.334	3.667	3.669	3.486	3.661
BU05370105	Rijnsoever-Noord	1	3.391	3.713	3.844	3.728	#N/B

Buurtcode	Buurtnaam	Aantal WEQ (150 m²)	Warmtepomp - buitenlucht (€/WEQ/ jaar)	Warmte pomp - bodem (€/WEQ/ jaar)	Warmtenet MT (€/WEQ/ jaar)	Warmtenet HT (€/WEQ/ jaar)	Warmtenet LT (€/WEQ/ jaar)
BU05370302	't Sandt	163	3.776	4.098	4.241	4.480	4.445
BU05370304	Cleijn Duin	47	3.763	4.084	4.085	4.595	4.054
BU05370106	Rijnsoever-Midden	0	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370301	Dorp	187	3.696	4.006	4.090	4.384	4.007
BU05370103	Hoornes-West	171	3.597	3.918	3.775	4.139	3.769
BU05370702	De Horn	20	3.812	4.133	4.157	4.555	4.080
BU05370706	De Hoek	20	3.352	3.691	3.550	3.730	3.567
BU05370604	De Mient en Kooltuin	101	5.071	5.376	7.099	7.144	7.219
BU05370801	't Joght	25	3.283	3.576	3.855	3.845	4.076
BU05370800	Dorp	85	3.748	4.064	4.127	4.471	4.075
BU05370802	't Duyfrak	31	3.403	3.731	3.733	3.728	3.752
BU05370809	Overige verspreide huizen Valkenburg	34	3.749	4.071	4.104	4.220	4.090
BU05370305	Koestal	114	3.189	3.530	3.590	3.677	3.892
BU05370306	Zanderij	7	3.594	3.913	4.098	3.875	4.351
BU05370808	Valkenburgse Meer	64	4.822	5.143	6.546	6.320	6.746
BU05370303	Molenwijk	125	3.819	4.144	4.263	4.336	4.517
BU05370700	Centrum	232	3.756	4.077	4.027	4.332	3.976
BU05370707	Westerhaghe	72	3.350	3.675	3.620	3.894	3.594
BU05370101	Rijnsoever-West	60	3.615	3.950	3.883	3.781	3.875
BU05370709	Rijnsburg-Noord	109	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370708	Kamphuizer-polder	60	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370201	't Heen-Zuid	303	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
BU05370202	't Heen-Noord	296	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.

Figuur 40 - Techniek met laagste kosten in 2030