



# WARMTENETTEN MET VERLAAGDE TEMPERATUUR REDUCEREN KOSTENEFFECTIEF CO<sub>2</sub>-UITSTOOT

## TKI WINST-Consortium



Visser & Smit Hanab  
brengt energie



Technology Creating energy

---

## SAMENVATTING

Het WINST-consortium heeft het CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel en de kostenstructuur bestudeerd van warmtenetconcepten met een aanvoertemperatuur van 70°C of lager. Voor drie bestaande dichtbevolkte wijken in Nederland zijn warmteconcepten gedefinieerd en doorgerekend. In deze wijken blijkt een besparing op de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 50 tot 85% mogelijk door isolatie en inzet van duurzame warmtebronnen. Bij 70/40 warmtenetten worden de ambities uit het Klimaatakkoord van 49% CO<sub>2</sub>-reductie voor 2030 behaald tegen de laagste jaarlijkse kosten per woning (OPEX en afschrijving op CAPEX). Voor deze warmtenetten zijn de kosten voor huisgebonden maatregelen relatief laag omdat volstaan kan worden met isolatie tot energielabel B. De jaarlijkse kosten per woning zijn minimaal 15% lager voor de warmtenet concepten dan voor individuele all-electric oplossingen.

Als in 2050, conform de ambitie van het Klimaatakkoord, 2,6 miljoen woningen zijn aangesloten op 70/40 warmtenetten, levert dit jaarlijks een reductie van 3600 kton CO<sub>2</sub>-uitstoot op. Bij aansluiting op 40/25 netten loopt dit zelfs op tot een reductie van 4900 kton CO<sub>2</sub>-uitstoot per jaar.

---

## INTRODUCTIE

Voor de verduurzaming van de warmtevoorziening in de bebouwde omgeving, is het voor Nederland de opgave om de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 49% te reduceren in 2030 en met 90-95% in 2050. Er moet geïnvesteerd worden in isolatie en alternatieve warmteconcepten, gebaseerd op elektriciteit, groen gas en/of warmtenetten, om warmtelevering te kunnen blijven garanderen.

Onder de vlag van TKI Urban Energy is het **WINST (Warmte Infrastructuur Nederland met verlaagde Systeem Temperatuur)** project uitgevoerd om voor lokale overheden en andere stakeholders inzichtelijk te maken wat de beste technisch-economische alternatieven zijn voor onze huidige 'aardgas aansluiting'. Met verlaagde temperatuur worden temperaturen van 70°C of lager bedoeld.

## SCOPE

Het WINST-consortium, bestaande uit DNV GL, Thermaflex, TU Eindhoven, Visser & Smit Hanab en IF Technology heeft binnen het TKI project WINST onderzoek gedaan naar de techno-economische haalbaarheid van 'lage temperatuur' warmtenetten, met de temperatuurregimes 70/40, 40/25 en 20/10. Hierbij geeft het eerste getal de aanvoer- en het tweede de retourtemperatuur in graden Celsius. De warmtenetten kunnen gevoed worden met lage temperatuur warmtebronnen industriële restwarmte, aardwarmte en 'warmte uit oppervlaktewater'.

Om te kunnen vergelijken hoe deze warmtenetten op de verschillende temperatuurregimes presteren ten opzichte

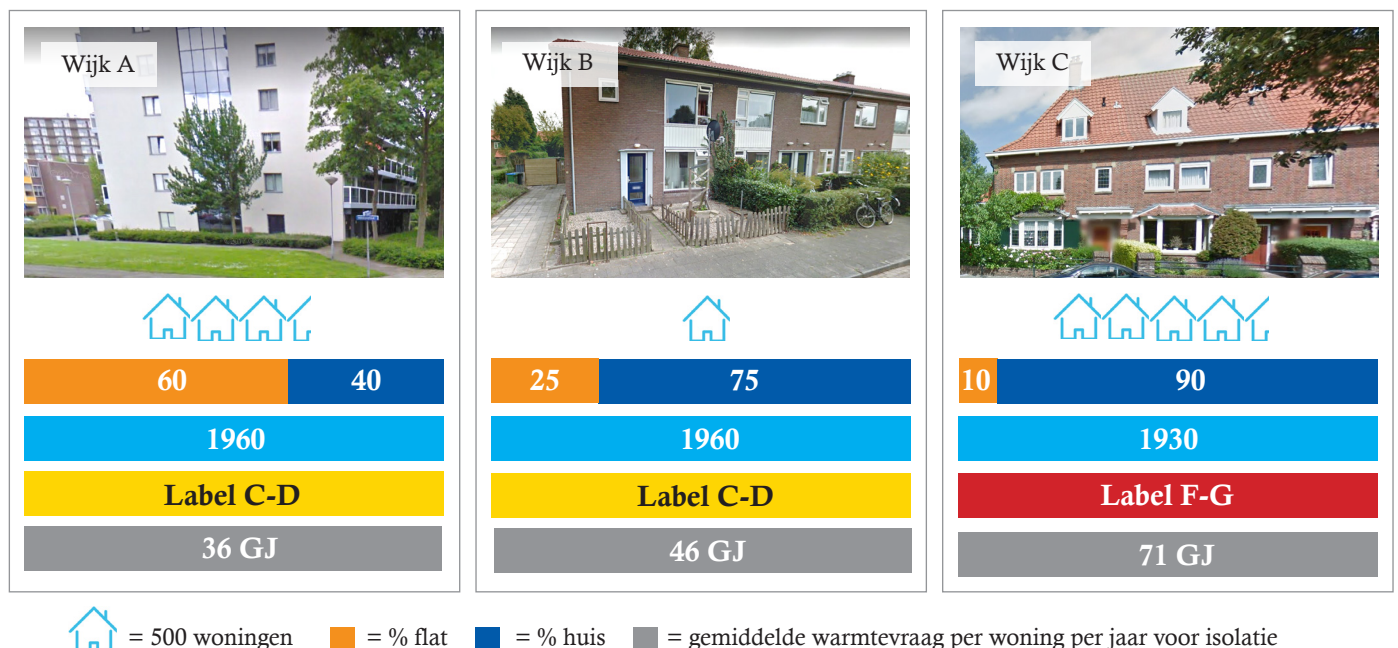
van de huidige gasverwarmingssituatie en een all-electric aanpak met een lucht-warmtepomp zijn drie typische woonwijken geanalyseerd.

Wijk A is een wijk uit 1960 van gemiddelde grootte, met voornamelijk appartementen. Wijk B is een kleine wijk uit 1960 met vooral rijtjeshuizen. Wijk C is de grootste wijk uit 1930 met vooral grondgebonden woningen. In figuur 1 is een aantal kenmerken van de WINST-demowijken weergegeven.

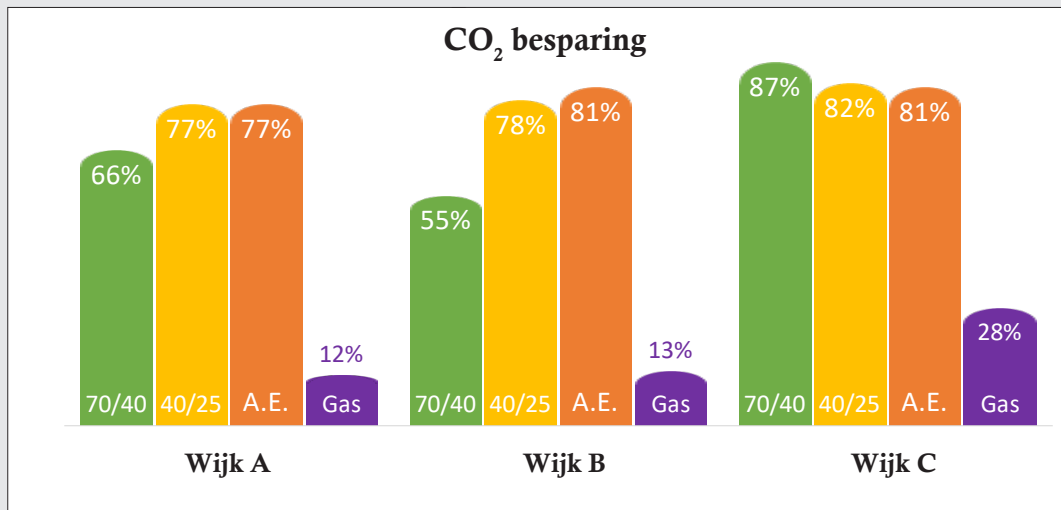
Voor deze woonwijken is de huidige warmtevraag geanalyseerd en is bepaald wat de warmtevraag wordt na isolatie. Dit is gedaan op basis van de Energiebesparingsverkenner van RVO. Er is aangenomen dat voor de 70/40 warmtenetten een energielabel B voldoet, terwijl voor de 40/25 netten en de all-electric concepten met een individuele lucht-water warmtepomp energielabel A nodig is.

Voor de woonwijken zijn ook de beschikbare warmtebronnen geanalyseerd. Om te voldoen aan de aanvoertemperatuur van het warmtenet, worden de warmtebronnen eventueel voorzien van een collectieve warmtepomp.

Het consortium heeft voor elke demowijk meer dan 10 warmteconcepten opgesteld met diverse configuraties van huisaanpassingen en lokaal beschikbare warmtebronnen. Voor wijk C is bijvoorbeeld gekeken naar een 70/40 warmtenet met een geothermie bron en naar een 40/25 warmtenet met een aquathermie bron (waarbij de warmte wordt gewonnen uit oppervlaktewater).



Figuur 1 - Wijk karakteristieken



*Figuur 2 - Vergelijking CO<sub>2</sub>-reductie voor de financieel meest voordelige warmtenetten vergeleken met een all-electric concept met een individuele lucht-water warmtepomp (A.E.), en een warmteconcept met een gasketel, waarbij wordt geïsoleerd tot energielabel B (Gas)*

De verschillende warmteconcepten zijn doorgerekend met een warmtemodel van DNV GL. Dit rekenmodel levert de behaalde CO<sub>2</sub>-reductie en de jaarlijkse kosten per warmteconcept en de jaarlijkse kosten in 2030 per woningequivalent (WEQ). Deze jaarlijkse kosten bestaan uit de afschrijving op de investering voor het warmtenet, de warmtebronnen en huisaanpassingen en de operationele kosten voor onderhoud en energie. Financieringslasten, grondverwervingskosten en bouw- en sloopwerkzaamheden achter de meter zijn niet meegenomen. Alle uitgangspunten, warmteconcepten en resultaten zijn uitgebreid beschreven in het TKI WINST eindrapport.

In het TKI WINST eindrapport zijn alle uitgangspunten, warmteconcepten en resultaten beschreven. Daarnaast zijn enkele innovatieve varianten doorgerekend, zoals aansluiting op een retourleiding van een andere wijk, een warmtenet dat op verschillende temperatuurregimes kan opereren, een netwerk dat geleidelijk in de tijd van 70/40 naar 40/25 migreert en een 3-pijps concept waarbij woningen afhankelijk van hun warmtevraag op een 70/40 óf op een 40/25 leidingnet aangesloten worden. In deze studie wordt de piek in warmtevraag geleverd door een gasgestookte hulpcentrale.

## RESULTATEN

### Met de warmteconcepten is een CO<sub>2</sub>-reductie mogelijk van 50 tot 85%

Voor alle demowijken blijkt dat de warmtenetten een CO<sub>2</sub>-reductie hebben van 50 tot 85%. Ter vergelijking een woning isoleren naar energielabel B in combinatie met een state-of-the-art gasketel heeft een CO<sub>2</sub>-reductie van 10 tot 25%.

De CO<sub>2</sub>-reductie voor de 70/40 warmtenetten ligt voor de meeste warmtebronnen tussen 50 en 65%. Zie hiervoor ook figuur 2, waarin de resultaten van de financieel meest voordelige concepten per wijk worden weergegeven. De 40/25 warmtenetten behalen een CO<sub>2</sub>-reductie van tussen de 70 en 85%, wat vergelijkbaar is met de reductie van de all-electric oplossingen met individuele lucht-water warmtepomp. De CO<sub>2</sub>-reductiepercentages liggen bij 70/40 netten lager dan bij de 40/25 netten omdat meer elektriciteit nodig is voor warmtepompen bij de centrale warmtebronnen, die de temperatuur van het water ophogen. Het 70/40 concept met geothermische warmte in wijk C heeft echter een CO<sub>2</sub>-reductie van boven de 80% dankzij de hoge temperatuur van deze geothermie bron.

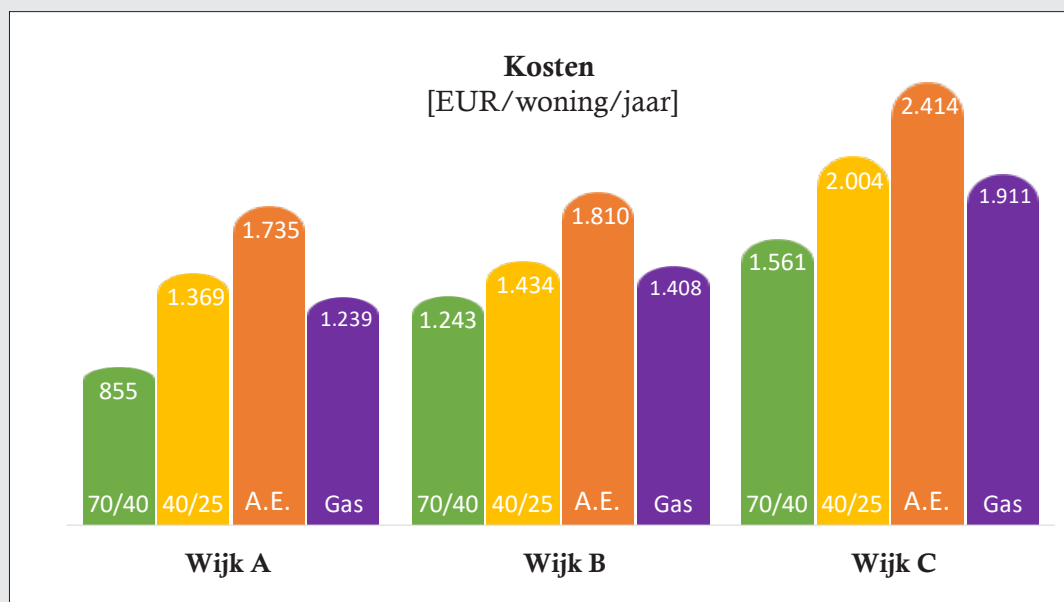


De resterende CO<sub>2</sub>-uitstoot bij de warmtenet concepten komt van gasgestookte piekvoorzieningen. De CO<sub>2</sub>-reductie van 50% komt overeen met de doelstellingen voor 2030 beschreven in het klimaatakkoord. Om de doelstelling van 2050 te halen moeten nog extra stappen gezet worden. De CO<sub>2</sub>-uitstoot kan verder nog gereduceerd worden door

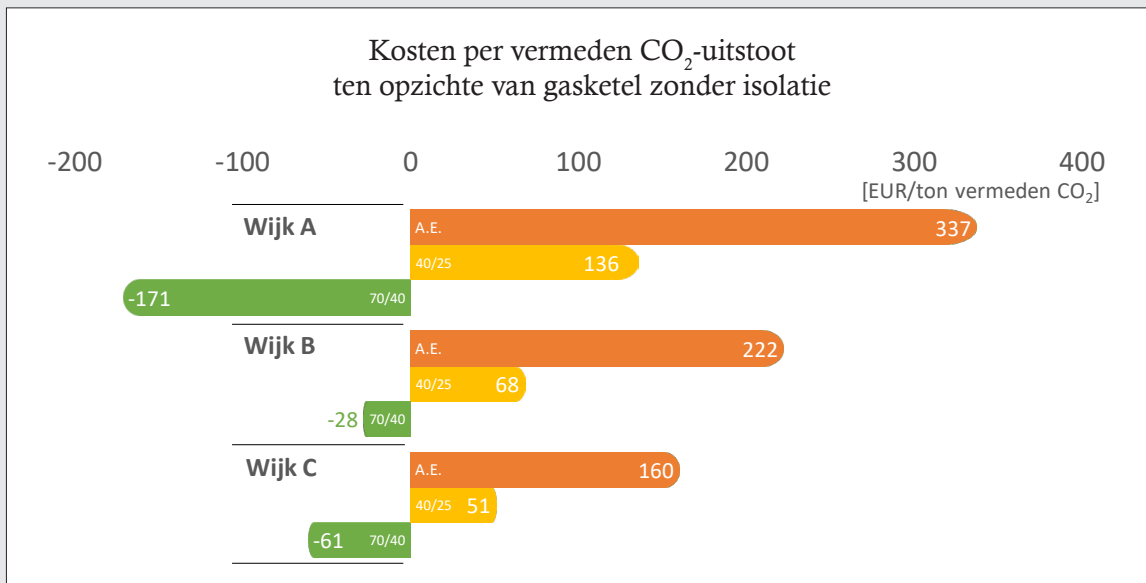
het verduurzamen van elektriciteit, door een alternatief voor de piekvraag warmtevoorziening (in meeste gevallen een gasketel), of door verdere reductie in warmtevraag door betere en meer isolatiemaatregelen. Bij betere isolatiemaatregelen migreert het 70/40 warmtenet naar een 40/25 net tegen vergelijkbare kosten en CO<sub>2</sub>-reductie. Het vergroenen van de piekvoorziening heeft vooral bij 70/40 netten een grote impact op de CO<sub>2</sub>-reductie. Het is echter twijfelachtig of met een vergroende piekvoorziening 70/40 nog steeds goedkoper is dan 40/25. Richting 2050 hebben 40/25 warmteconcepten daarom een hogere potentie.

### De collectieve warmtenetten zijn goedkoper dan individuele all-electric oplossingen

Figuur 3 laat de jaarlijkse kosten per woning zien voor de financieel meest voordelige warmteconcepten per wijk. In alle drie de demowijken zijn de collectieve warmtenetten goedkoper gebleken dan de individuele all-electric oplossingen. De jaarlijkse kosten per woning voor de 70/40 warmtenetten zijn zo'n 50 tot 70% van die voor de all-electric oplossingen. Voor de 40/25 warmtenetten zijn deze jaarlijkse kosten zo'n 75 tot 85% van die voor de all-electric oplossingen. Voor de onderzochte wijktypen vormen warmtenetten een voordeliger alternatief dan individuele all-electric oplossingen.



**Figuur 3** - Kosten per woning per jaar voor de financieel meest voordelige warmtenetten vergeleken met een all-electric concept met een individuele lucht-water warmtepomp (A.E.), en een warmteconcept met een gasketel, waarbij wordt geïsoleerd tot energielabel B (Gas)



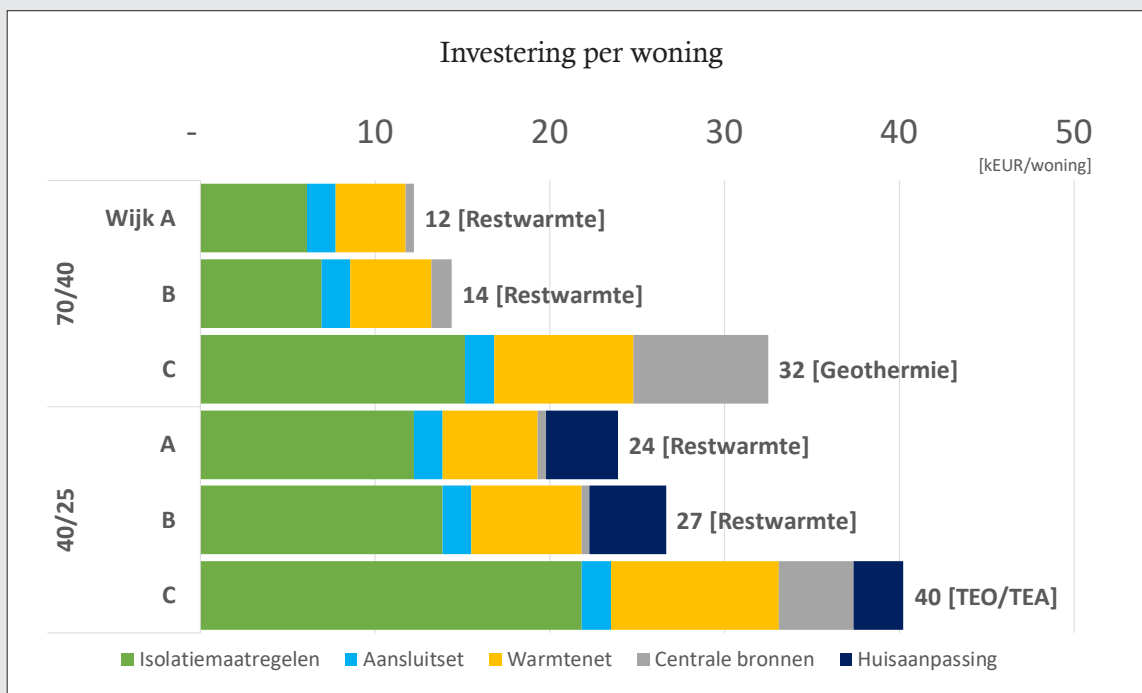
*Figuur 4 - Vergelijking kosten per vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot ten opzichte van een gasketel zonder isolatie voor de meest voordelige warmtenetten vergeleken en een all-electric concept met een individuele lucht-water warmtepomp (A.E.)*

### CO<sub>2</sub>-besparing met een warmtenet is goedkoper dan met all-electric oplossing

De kosten die gemaakt moeten worden om CO<sub>2</sub> te besparen, verschillen sterk (zie figuur 4). Om te bepalen hoeveel de CO<sub>2</sub>-reductie kost, zijn de jaarlijkse kosten voor een warmteconcept verminderd met de jaarlijkse kosten van een gasketel zonder isolatie. Het totaal is gedeeld door de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot van het concept. De kosten per vermeden ton CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn bij de 70/40 warmteconcepten negatief omdat deze warmteconcepten goedkoper

zijn dan de gasketel zonder isolatie. Uit de berekeningen blijkt dat 40/25 warmteconcepten ongeveer een gelijke CO<sub>2</sub>-reductie behalen als individuele all-electric oplossingen (figuur 1). De kosten per ton vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn voor de 40/25 warmtenetten echter aanzienlijk lager. Als beide criteria, van hoogste CO<sub>2</sub>-reductie én laagste kosten per vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot, even zwaar wegen, zullen beslissers in deze wijken, naar verwachting, een sterke voorkeur hebben voor de 40/25 oplossingen boven de all-electric varianten.





**Figuur 5** - Kostenverdeling warmtenetten voor drie demowijken. Onder huisaanpassingen vallen aanpassingen zoals een booster warmtepomp en een lage temperatuur radiator.

### Investeringen in collectieve 70/40 warmtenetten zijn lager dan in 40/25 warmtenetten

Figuur 5 laat zien dat de investeringen per woning voor 40/25 warmtenetten hoger zijn dan voor 70/40 netten. Dit komt vooral door de extra huis-gebonden maatregelen die nodig zijn om aan te sluiten op een 40/25 net, zoals isoleren tot energielabel A in plaats van energielabel B, lage temperatuur radiatoren en voorzieningen voor tapwater.

Voor de drie demowijken vormen de kosten voor isolatie tot energielabel B (voor aansluiting op een 70/40 warmtenet) tussen de 45 en 50% van de totale investeringen, zoals te zien is in figuur 5. De kosten voor isolatie tot energielabel A (voor aansluiting op een 40/25 warmtenet) bedragen tussen de 50 en 55% van de totale investeringen. Wijk C heeft in beide temperatuurregimes de hoogste investering per woning. Dit komt doordat wijk C veel grote en oude woningen heeft (met een grotere relatieve warmtevraag) in vergelijking met wijk A en B.

De investeringskosten voor de warmtenet beheerder worden met name bepaald door woondichtheid, de ondergrond, de totale capaciteit en het verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur. Voor alle drie de onderzochte woonwijken bedragen de kosten voor de warmtenet beheerder 25 tot 35% van de totale investeringen (zie figuur 5).

De investeringskosten van de warmteconcepten gebaseerd op centrale warmtebronnen worden sterk bepaald door locatie-specifieke kenmerken. Over het algemeen geldt dat de investering afhangt van de temperatuur van de warmtebron, de afstand tot het warmtenet en specifiek voor geothermie en lage temperatuur aardwarmte, de geologie van de ondergrond en de hiermee samenhangende verwachte debieten en bronvermogens.

### Afstemming tussen lage temperatuurbronnen en wijk grootte is essentieel

Warmtebronnen zoals aardwarmte en grote industriële restwarmtebronnen zijn pas rendabel bij een voldoende grote warmtevraag. Bij wijk B bleek dat Lage Temperatuur Aardwarmte (LTA) warmte kan leveren voor wel 6 keer het aantal woningen in de wijk. De investering per woning wordt voor deze wijk dan vergelijkbaar met de goedkoopste oplossing op basis van restwarmte. Om te voorkomen dat deze in prijs aantrekkelijke oplossingen uitgesloten worden, is het van belang om in lijn met het klimaatakkoord warmteplannen minimaal op gemeentelijk niveau te maken. Met plannen op gemeentelijk niveau kan ook voorkomen worden dat verschillende wijken zonder overleg gaan rekenen op dezelfde lokale warmtebronnen. Dit zou tot onaangename verrassingen in de realisatiefase kunnen leiden.

### 70/40 warmtenetten de voordeligste keus voor 55 tot 70% van de woningen

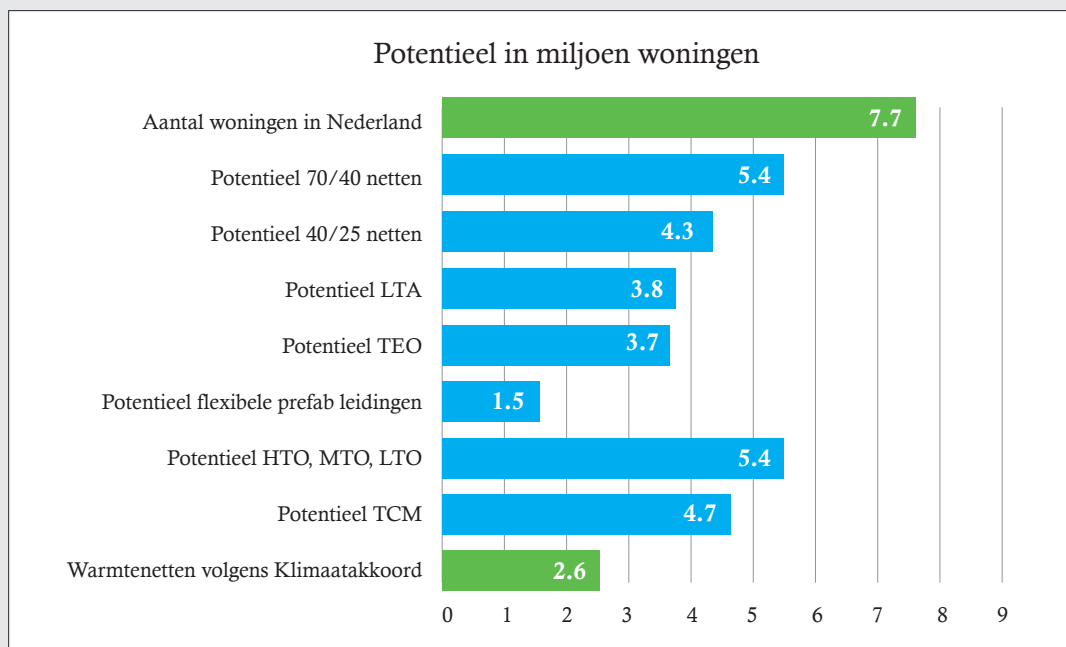
Bij het inschatten van het potentieel van warmtenetten, nemen we aan dat warmtenetten gerealiseerd worden in buurten met een stedelijkheidsgraad 3 of lager volgens de categorisatie van het CBS. Het gaat dan om 70% van de 7,7 miljoen woningen (= 5,4 miljoen woningen) in ongeveer 1200 dichtbebouwde wijken. Voor 70/40 warmtenetten bevat dit ook de 20% woningen die voor de oorlog gebouwd zijn. Uit de resultaten voor demowijk C blijkt dat die woningen te isoleren zijn tot energielabel B en daarmee geschikt zijn voor 70/40 warmtenetten. Voor 40/25 warmtenetten gaat het om een potentieel van 55% van alle woningen (= 4,3 miljoen woningen), omdat het isoleren van vooroorlogse woningen isoleren tot het noodzakelijke niveau technisch lastig en duur is. Als we ons beperken tot stedelijkheidsklasse 1 en 2 dan is het potentieel voor 70/40 warmtenetten 50% van alle woningen en voor 40/25 warmtenetten 40% van de woningen. Overigens kunnen volgens het klimaatakkoord maximaal 2,6 miljoen woningen aangesloten worden op een warmtenet tot 2050, door onzekerheden, beschikbare capaciteit en/of nog niet

bekende technieken. Dit gaat om 70 tot 100 duizend aansluitingen op een warmtenet per jaar vanaf 2025.

Het consortium heeft op basis van literatuuronderzoek en eigen inschatting ook het potentieel voor diverse onderzochte bronnen en innovatieve technieken geschat. We bouwen hierbij voort op de schattingen en denklijnen van het potentieel van de 70/40 warmtenetten. De schattingen zijn opgenomen in figuur 6. Voor onderbouwing verwijzen we naar het WINST rapport.

### CO<sub>2</sub>-reductie 70/40 netten loopt op van 140 tot 3600 kton/jaar richting 2050

Het klimaatakkoord verwacht dat vanaf 2025 tot 100.000 woningen per jaar op een warmtenet worden aangesloten. Bij aansluiting op een 70/40 warmtenet met een gemiddelde CO<sub>2</sub>-besparing van 55% wordt dan per jaar bijna 140 kton minder CO<sub>2</sub> uitgestoten. Dit loopt bij 2,6 miljoen aangesloten woningen in 2050 op tot 3600 kton vermeden CO<sub>2</sub> per jaar. Bij aansluiting op 40/25 netten met een gemiddelde CO<sub>2</sub>-besparing van 75% loopt dit op tot 4900 kton per jaar in 2050.



Figuur 6 - Potentieel inschatting warmtenetten en innovatieve technieken

## CONCLUSIE

Warmteconcepten gebaseerd op lage temperatuur warmtenetten hebben een significante potentie voor de Nederlandse gebouwde omgeving. Bij voldoende woondichtheid en aanwezige warmtebronnen, zijn de jaarlijkse kosten per woning voor 70/40 warmtenetten 30 tot 50% lager dan individuele all-electric concepten. De bijbehorende CO<sub>2</sub>-besparing ligt boven de 50%. Bij 40/25 warmtenetten liggen de CO<sub>2</sub>-besparingen boven de 70%. Dit is vergelijkbaar met individuele all-electric concepten. De kosten van de 40/25 netten liggen zo'n 15 tot 25% lager dan individuele all-electric concepten. De CO<sub>2</sub>-reductie loopt richting 2050 op tot 3600 kton per jaar als de volgens het klimaatakkoord verwachte 2,6 miljoen woningen zijn aangesloten op 70/40 warmtenetten. Bij 40/25 netten loopt dit op tot 4900 kton vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot per jaar in 2050. Tot slot merken we op dat deze studie zich beperkt heeft tot het vergroenen van bronnen voor de basislast en dat we uitgaan van 63% duurzame elektriciteit richting 2030. Verbetering van de CO<sub>2</sub>-reductie is mogelijk door ook de pieklast te vergroenen én doordat elektriciteit richting 2050 bijna 100% duurzaam wordt.

## AANBEVELINGEN

Het WINST-consortium heeft aangetoond dat warmtenetten met een verlaagde systeemtemperatuur haalbaar zijn en bijdragen aan het realiseren van de klimaatdoelstellingen voor 2030. Tot slot komt het consortium tot de volgende aanbevelingen:

- Begin met isoleren. Dit is een no-regret maatregel ongeacht het warmteconcept dat gekozen wordt. Per huis verschilt het welke mate van isolatie haalbaar is tegen welke acceptabele kosten. Het blijkt dat een deel van de jaren dertig woningen comfortabel met energielabel C uit kunnen.
- Formuleer zo snel mogelijk concrete warmteplannen. De gemeentes moeten hier hun regierol pakken, voor zover ze dit nog niet gedaan hebben. Bewoners en andere stakeholders willen weten waar ze aan toe zijn. Maak duidelijke keuzes, die verwoord staan in een warmteplan. Laat de gekozen concepten het grootste deel van de wijk afdekken. Voor de laatste 20 tot 30% is altijd maatwerk nodig.
- Kijk bij het opstellen van warmteplannen meteen naar de beschikbaarheid van lokale warmtebronnen. In veel wijken valt er iets of zelfs veel te kiezen. Kijk ook over wijkgrenzen heen om sub optimalisatie te voorkomen. Als er geen geschikte warmtebronnen zijn, worden alternatieve warmteconcepten zoals all-electric of groen gas pas interessant.
- Betrek en benut een (actieve) wijkvereniging maximaal bij het opstellen van warmteplannen, dat maakt het verschil!
- Pas op met het gebruik van kentallen. In de praktijk blijkt dat kosten vaak hoger uitvallen en dat energiebesparing veelal lager uitpakt.



**Contactpersoon:**  
Nynke Verhaegh



nynke.verhaegh@dnvgl.com



06 - 1506 3442

---

## BIJLAGE 1 - WINST-Consortiumpartners

---



### DNV GL (penvoerder)

DNV GL gebruikt binnen TKI WINST een flexibel rekenmodel om verschillende warmteconcepten te analyseren en door te rekenen. Daarvoor maakt DNV GL gebruik van kennis en kentallen over warmtebronnen, warmtenetten, marktmodellen en systeemintegratie uit het consortium, de klankbordgroep en externe partners. DNV GL heeft daarnaast de demowijken geselecteerd en begeleid. Tevens heeft DNV GL het onderzoek naar het industriële restwarmtepotentieel uitgevoerd.



### Thermaflex

Thermaflex is in het TKI WINST consortium de expert op het gebied van de warmte distributie door middel van een warmtenet. Per wijk is een netwerk gecalculeerd. Binnen het programma is een prefab hybride netwerk ontwikkeld dat snelle uitrol van 70-graden netwerken binnen de bestaande bouw betaalbaar en schaalbaar maakt.



### TU Eindhoven

De technische universiteit Eindhoven zorgt binnen TKI WINST voor de kennis van het thermochemische warmte opslag-/pomp concept. Dit innovatieve opslagconcept is de afgelopen jaren doorontwikkeld binnen de universiteit, waarbij in dit project de nadruk ligt op de potentie van en de eisen aan een zo'n thermochemische opslag in combinatie met een lage temperatuur netwerk. Hierbij wordt kritisch gekeken naar de gevraagde vermogens, werktemperaturen en opslagcapaciteit in de toepassing.



### Visser & Smit Hanab

V&SH heeft ruime ervaring met het aanleggen van netwerken voor warmte, water, CO<sub>2</sub>, gas en elektriciteit. Binnen TKI WINST brengt ze haar kennis in met betrekking tot het boren naar Lage Temperatuur Aardwarmte. Met deze innovatie wil V&SH een mooie stap maken in de energietransitie.



Technology **Creating energy**

### IF Technology

IF Technology is een technisch adviesbureau met een focus op duurzame warmte en koude uit de ondergrond en oppervlaktewater. Binnen TKI WINST brengt IF Technology expertise in van seizoensopslag op lage temperaturen (WKO) en hoge temperaturen (MTO en HTO), thermische energie uit oppervlaktewater en lage temperatuur aardwarmte.