
Project: Communicatie gasloze energievoorziening Wonen in de Wilgen in Krimpen aan den IJssel	Datum: 20 november 2017
Onderwerp: Brochure toepassing warmtepomp	Status: Definitief
Auteur: ir. K.F. Haak	Co-lezer: ing. L.H. den Dekker

1 Inleiding

De tekst in onderstaande opsomming is overgenomen uit het document 'Verkavelingsopzet en beeldkwaliteitskader De Wilgen, Krimpen aan den IJssel' van 10 april 2017.

- Voor de locatie van het voormalige tuincentrum tussen de IJsseldijk en de Boveneindselaan in Krimpen aan den IJssel is een verkavelingsopzet gemaakt om tot herontwikkeling van het terrein te komen.
- Het verkavelingsplan gaat primair uit van 10 vrijstaande woningen op ruime kavels.



Figuur 1.1 Verkavelingsopzet De Wilgen, bron: Verkavelingsopzet en beeldkwaliteitskader De Wilgen

De gemeente heeft gekozen voor een gasloos energieconcept op deze locatie. De energie-infrastructuur in het gebied omvat dan wel elektriciteit, maar niet het bekende aardgas. Hierbij voorziet warmtepomptechnologie in de warmtevraag van de woningen. Deze brochure geeft meer informatie over de mogelijkheden en aandachtspunten van de warmtepomp.

2 Geheim van warmtepomptechnologie

De laatste decennia is de warmtepomp sterk in opkomst als energiezuinige warmteleverancier. Het geheim achter de warmtepomptechnologie is dat het toestel in staat is om ogenschijnlijk onbruikbare omgevingswarmte (van circa 0°C) te transformeren naar een nuttig temperatuurniveau (circa 45°C). Met deze temperatuur is het prima mogelijk om een woning te verwarmen naar een comfortabele ruimtetemperatuur.

De omgevingswarmte is duurzaam, onbeperkt en zonder milieubelasting beschikbaar. De inzet van deze omgevingswarmte als energiebron verklaart de energiezuinigheid van de warmtepomp. Hier staat dan tegenover dat de warmtepomp elektrische hulpenergie nodig heeft als aandrijving voor het opwaardeerproces van de omgevingswarmte naar een nuttig temperatuurniveau.

Rekenvoorbeeld

Voor één deel elektriciteit levert de warmtepomp (afhankelijk van het rendement) circa drie tot vijf delen nuttige warmte. Andersom gezegd: de omgevingswarmte is indirect goed voor 67% tot 80% van de warmtevraag, terwijl elektriciteit het restant van slechts 20% tot 33% invult.

3 Uitvoeringsvormen warmtepomp

De warmtepomp is in meerdere soorten en capaciteiten verkrijgbaar. Onderstaande opsomming toont een globaal overzicht.

- Collectieve warmtepomp
Een collectief systeem bedient meerdere woningen. De verschillende uitwerkingen van centralisatie zijn wat minder aantrekkelijk voor dit nieuwbouw project. Daarom laten we de collectieve warmtepomp nu verder buiten beschouwing en richten we ons op de individuele systemen waarbij iedere woning een eigen warmtepomp heeft.
- Luchtwarmtepomp per woning
Dit toestel omvat in de regel een binnendeel en een buitendeel, die onderling zijn verbonden met koudemiddel leidingen. Het is ook mogelijk dat de fabrikant deze binnen- en buitenunit heeft samengebouwd in één toestel. In ieder geval onttrekt deze luchtwarmtepomp omgevingswarmte uit de buitenlucht, en soms ook nog uit de retourlucht van het ventilatiesysteem. Er zijn dus verschillende uitwerkingsvormen mogelijk.
- Bodemplus warmtepomp per woning
De bodemplus levert bodemwarmte aan de (verdampers van de) warmtepomp. Deze bodemwarmte uit de ondergrond is hoogwaardiger dan omgevingswarmte uit de buitenlucht. Door de gunstigere temperaturen resulteert de inzet van de bodemplus in een beter rendement van de warmtepomp, die dan minder elektriciteit nodig heeft.
Die bodemplus betreft een soort tuinslang, die als een U-lus circa 50 tot 150 meter diep is ingegraven. Deze diepte is afhankelijk van de eigenschappen van de ondergrond ter plaatse, de benodigde capaciteit en het materiaal van de boorfirma die de bodemplus realiseert. Afhankelijk van deze factoren zijn één of meerdere lussen nodig.

Navolgende tabel vergelijkt de individuele warmtepomp varianten.

Tabel 3.1 *Vergelijking individuele warmtepomp varianten*

Onderdeel	Luchtwarmtepomp	Bodemlus warmtepomp
Investering	Gemiddeld	Hoger door bodemlus
Logistieke inpassing in bouwproces	Eenvoudig	Aandachtspunt
Geluidsproductie binnen woning	Aandachtspunt	Aandachtspunt
Geluidsproductie buiten woning	Aandachtspunt buitenunit	Nihil
Indicatie technische levensduur warmtepomp	15 jaar	20 jaar
Rendement warmtepomp	Gemiddeld	Hoger door gunstige bodemtemperaturen
Jaarlijkse energiekosten	Gemiddeld	Lager door goed rendement
Onderhoudsgevoeligheid	Hoger door bewegende delen buitenunit	Gemiddeld

4 Consequenties comfort en woninginstallaties

De keuze voor de warmtepomp heeft een aantal consequenties voor de andere woninginstallaties. Dit is per onderdeel toegelicht in de navolgende paragrafen. De verschillen tussen de luchtwarmtepomp en de bodemlus warmtepomp zijn hier ook aangegeven.

4.1 Ruimteverwarming

Een laag temperatuurniveau van het afgiftesysteem is een voorwaarde voor een goed functionerende warmtepomp. Er is dan relatief veel verwarmend oppervlak nodig om voldoende warmte in de ruimte te brengen. Voor deze laagtemperatuurverwarming (LTV) bestaan verschillende mogelijkheden, waarbij vloerverwarming het meest bekend is. Minder gunstig, maar niet onmogelijk is de toepassing van extra grote radiatoren, convectorradiatoren en/of wand- of plafondverwarming. Hoewel vloerverwarming voor de hand ligt, is dat dus geen harde vereiste.

Aandachtspunt bij vloerverwarming is de keuze van een type vloerafwerking met een lage isolatiewaarde, zoals plavuizen. Mocht dat niet haalbaar of wenselijk zijn, dan komen de andere mogelijkheden in beeld.

Specifiek voor de badkamer kunnen aanvullend op de vloerverwarming nog extra maatregelen nodig lijken om het gewenste comfort te leveren. Daarom is de badkamer soms voorzien van een elektrische handdoekradiator. In de dagelijkse gebruikspraktijk is de warmtelevering van die handdoekradiator vaak zeer beperkt.

4.2 Boilervat warm tapwater

Door middel van een boilervat voorziet de warmtepomp in de bereiding van warm tapwater. Deze tapwater boiler smeert de piekvraag uit over langere tijd en beperkt daarmee het benodigd vermogen.

De inhoud van de verkrijgbare boilervaten loopt uiteen van 150 tot 500 liter. Afhankelijk van het gewenste comfortniveau is 200 tot 300 liter per badkamer gebruikelijk. Het vereiste volume is afhankelijk van het aantal badkamers, het aantal en type toestellen (douche of bad) en de wensen voor gelijktijdig gebruik van deze toestellen.

De keuken krijgt tegenwoordig vaak een eigen elektrische boiler. Deze elektrische boiler scoort energetisch slecht, maar ontlast de centrale tapwater boiler en verkort de wachttijd. De wachttijd is het tijdsverschil tussen het openen van de kraan en het moment dat het uitstromende drinkwater op temperatuur is. Een lange leidinglengte tussen de centrale tapwater boiler en het tappunt resulteert in een lange wachttijd. Gelet op de wachttijd eis en de lage warm tapwater vraag in de keuken kan het slechte energierendement van de elektrische boiler soms nog wel acceptabel zijn. De kortere wachttijd

scheelt ook weer verlies van drinkwater dat wegstroomt tijdens de periode dat het uitstromende drinkwater nog niet op voldoende hoge temperatuur is.

4.3 Ventilatie

De lage temperatuur en het grote oppervlak van het afgiftesysteem kunnen resulteren in koudeval en tochtklachten rondom de ventilatieroosters in de buitengevels. Bij vloerverwarming in kleinere woonkamers is dit een bekend aandachtspunt. De oplossingen liggen in de sfeer van voorverwarming van de koude ventilatielucht. Dit is mogelijk met balansventilatie (centraal of decentraal) en met slimme sturing van de afzuiging.

- Centrale balansventilatie
Dit ventilatiesysteem omvat één centrale unit voor de hele woning, waarop alle toevoer- en afzuigpunten met kanalenwerk zijn aangesloten. De voorverwarming van de koude ventilatielucht vindt plaats door warmteterugwinning in de centrale unit. Er zijn verschillende merken en typen in omloop, zoals de Zehnder ComfoAir en de Itho Daalderop HRU ECO BAL.
- Decentrale balansventilatie
Net als bij centrale balansventilatie vindt voorverwarming plaats door warmteterugwinning uit afzuiglucht. De decentrale opstelling van meerdere units in de buitengevel beperkt de hoeveelheid kanalenwerk en het ruimtebeslag daarvan. Dergelijke decentrale ventilatiesystemen met units in de gevel zijn bijvoorbeeld de Aeropac van Acoustair, de Jaga Oxygen en de ClimaRad.
- Slimme afzuiging
De ventilatielucht doorspoelt eerst ongebruikte ruimtes zoals slaapkamers, die de lucht opwarmen, en stroomt pas daarna de leefruimte binnen. Dit idee is de basis van het DemandFlow systeem van Itho Daalderop.

Deze opsomming is niet uitputtend, maar geeft een eerste verkennend overzicht. De diverse fabrikanten presenteren regelmatig innovaties en slimme combinaties van bestaande systemen.

4.4 Koken

De afwezigheid van aardgas betekent dat koken op een gasfornuis ook niet meer mogelijk is. Voor elektrisch koken bestaan de volgende uitvoeringen.

- Traditionele ronde, zwarte elektrische kookplaten
- Keramische kookplaat
- Inductie kookplaat



Figuur 4.1 Traditionele kookplaten



Figuur 4.2 Keramische kookplaat



Figuur 4.3 Inductie kookplaat

De diverse uitvoeringen voor elektrisch koken hebben ieder hun kwaliteiten en prijskaartje.

4.5 Mogelijkheid comfortkoeling

Het laagtemperatuur afgiftesysteem voor ruimteverwarming is vaak ook geschikt voor de levering van koude. Zeker met vloerverwarming is dat prima mogelijk. Daarmee kunt u uw woning in de zomer lekker koel houden. Aandachtspunt is het voorkomen van condensatie op het afgiftelichaam (de vloer). Hiervoor is een dauwpunt regeling beschikbaar. Deze dauwpunt regeling voorkomt dat de vloer zó koud is dat de waterdamp in de lucht condenseert en neerslaat op de vloer. Uiteraard is de vorming van deze condensatiedruppels ongewenst.

De bodemlus voorziet met een minimaal energieverbruik in koeling. De luchtwarmtepomp is ook wel geschikt om koude te leveren, maar dan is het elektriciteitsverbruik veel hoger en vergelijkbaar met een traditionele splitunit of koelmachine. De koelfunctie van de luchtwarmtepomp vereist een aanpassing van de regeltechniek, wat de leverancier soms als optie in een meerprijs vertaalt.

5 Ruimtelijke inpassing en praktische aandachtspunten

Bij de toelichting op de inpassing hanteren we de volgende indeling.

- Boilervat voor warm tapwater
- Inpandig gedeelte van de luchtwarmtepomp en de bodemlus variant
- Buitenunit of buitendeel van de luchtwarmtepomp
- Bodemlus buiten de woning

5.1 Boilervat warm tapwater

Zowel de luchtwarmtepomp als de bodemlus variant vereisen een boilervat voor de bereiding van warm tapwater. Dit boilervat kan geïntegreerd zijn in het binnendeel van de warmtepomp, maar deze toestellen zijn ook wel apart opgesteld.

Bij deze gescheiden opstelling heeft het boilervat vaak de vorm van een ton, met een diameter van 60 cm en een hoogte van circa 140 centimeter, exclusief het leidingwerk. Bij meerdere badkamers is de keuze voor meerdere boileropstellingen te overwegen.

5.2 Inpandig gedeelte warmtepomp

Indicatieve maatvoering

Het inpandige gedeelte van de opstelling betreft het tapwater boilervat en de (binnenunit van de) warmtepomp zelf.

- Uitgaande van 'gestapelde' opstelling van deze twee toestellen van de luchtwarmtepomp is de maatvoering circa 60 cm breedte bij 60 cm diepte bij 180 cm hoogte, exclusief het leidingwerk.

- Het formaat van de bodemlus warmtepomp is in basis wat groter, omdat het aparte buitendeel ontbreekt. De 'gestapelde' opstelling van warmtepomp en boiler vat meet dan circa 60 cm bij 60 cm bij 250 cm hoogte, exclusief het leidingwerk. Indien de toestellen naast elkaar staan opgesteld, dan is de maatvoering circa 60 cm bij 120 cm bij 140 cm hoogte, exclusief het leidingwerk. Deze opstelling kan handig zijn onder een zadeldak.



Figuur 5.1 Bodemlus warmtepomp en boiler vat kunnen ook naast elkaar

Positie binnen woning

De binnenopstelling is zowel op de begane grond als op de zolderetage te positioneren. De trapkast op de begane grond vormt een voorkeurslocatie door de centrale ligging en bereikbaarheid, want er is dan geen lift of takelvoorziening nodig. Afhankelijk van het woningtype biedt een berging op de begane grond geschikte ruimte voor de warmtepompopstelling. De zolderopstelling geniet soms de voorkeur in verband met de meest gunstige indeling en praktische bruikbaarheid van de begane grond.

Wachttijd tappunt keuken

Voor een acceptabele wachttijd moet de lengte van het leidingwerk tussen het boiler vat en de tappunten beperkt blijven. Dan is de zolderopstelling nadelig voor de wachttijd van het tappunt in de keuken. In dat geval is een eigen elektrische boiler voor de keuken te overwegen.

Eisen en aandachtspunten opstelruimte

Voor de inpandige opstelruimte van de warmtepomp gelden de volgende eisen.

- De opstelruimte dient altijd vorstvrij te zijn.
- De vloerbelasting moet constructief toelaatbaar zijn. de warmtepomp opstelling met boiler vat weegt afgerond ruim 500 kg.
- Voor de bevestiging van het boiler vat bij de 'gestapelde' opstelling moeten de wanden voldoende stevig zijn, bij voorkeur uit te voeren in kalkzandsteen of gelijkwaardig.
- Het voorkomen van hinder van de geluidsproductie van de warmtepomp is een belangrijk aandachtspunt. Daarom is goede trilling- en geluidsdemping vereist.
 - Rondom de toestellen is vrije ruimte voorzien.
 - De massa van de vloer is voldoende om trillingen van de unit te dempen.
 - De doorvoeren zijn uitgevoerd als mantelbuizen en zijn voldoende afgedicht om lucht- en geluidslekkage te voorkomen.
- De toegangsdeur of het servicepaneel biedt voldoende ruimte voor onderhoudswerkzaamheden en is voldoende afsluitbaar om lucht- en geluidslekkage te voorkomen.

Nutsaansluiting elektriciteit

De warmtepomp heeft vaak een fors elektrisch aansluitvermogen. Het vastrecht voor een elektriciteitsaansluiting groter dan 3 x 25 Ampère is vrij kostbaar. In dat kader is het wenselijk om niet meer dan die grenswaarde van 3 x 25 Ampère aan te vragen bij de netbeheerder. Een robuuste vermogensberekening van de discipline elektrotechniek moet aangeven of dit haalbaar is.

5.3 Buitenunit luchtwarmtepomp

De buitenunit krijgt een opstellingsruimte buiten de woning en onttrekt daar warmte uit de buitenlucht. De afmetingen van een dergelijke unit bedragen indicatief 140 cm breedte bij 50 cm diepte bij 100 cm hoogte, exclusief de voor luchtaanzuiging en -afblaas vereiste vrije ruimte. Op of aan de woning moet dus voldoende ruimte beschikbaar zijn voor plaatsing van deze buitenunit. Een buitenopstelling in de gevel van een garage of fietsenschuur is ook mogelijk.

Wanneer verschillende buitenunits dicht bij elkaar staan, is hinder door onderlinge beïnvloeding niet uit te sluiten. De buitenunit kan soms ernstige geluidsoverlast veroorzaken door de ventilator die de buitenlucht door het apparaat blaast. De plaatsing van de buitenunit laag bij de grond geeft een risico op bevriezing van het trottoir.

De diverse fabrikanten presenteren regelmatig innovaties en slimme combinaties van bestaande systemen. Zo zijn binnen- en buitendeel in één unit in het dak te integreren. Inmiddels is het buitendeel ook leverbaar als dakopstelling, waarbij de afwerkende omkasting de vorm van een schoorsteen suggereert. Zeker bij dergelijke dakopstellingen is de bereikbaarheid voor service- en onderhoudswerkzaamheden een aandachtspunt. De buitenunit moet dan bereikbaar zijn met een hoogwerker. Het alternatief is dat de dakopstelling middels een hulpconstructie naar binnen te verplaatsen is. Die hulpconstructie mag natuurlijk niet leiden tot lekkage of koudebruggen.



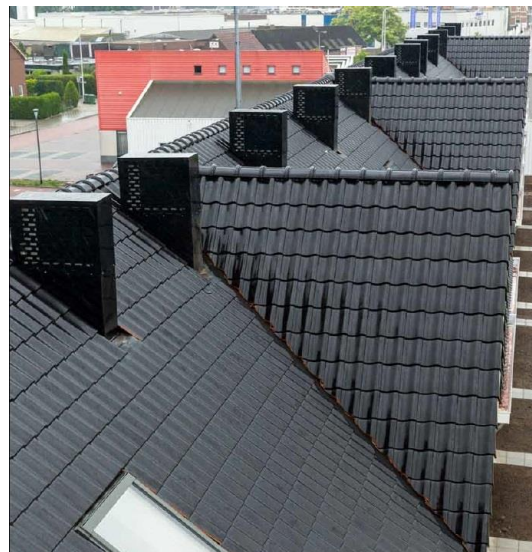
Figuur 5.2 Buitendeel aan woninggevel



Figuur 5.3 Buitendeel in gevel fietsenschuur



Figuur 5.4 Designopstelling buitendeel



Figuur 5.5 Buitendeel in dakopstelling



Figuur 5.6 Warmtepomp, boilervat en buitendeel in één gecombineerde zolderunit

5.4 Bodemlus

De boorfirma realiseert onder of naast de woning één of meerdere gesloten bodemlussen met een diepte van maximaal circa 150 meter. Deze lus is een gesloten systeem, want de vloeistof in de bodemlus komt niet in contact met het grondwater. Het gebruik van water in de bodemlus heeft vanuit milieuperspectief de voorkeur boven glycol.

De grootschalige toepassing van bodemlussen betekent veelvuldige perforatie van de bodemlagen. Daarom is wettelijk kwaliteitsborging van het ontwerp en van de boringen vereist. Dit omvat ook het voorkomen van onderlinge thermische beïnvloeding van de bodemlussen.

De bodemlus is uiteraard aangesloten op de warmtepomp in de woning. Dit betekent dat er twee geveldoorvoeren nodig zijn om de bronleidingen van de bodemlus naar de warmtepomp te brengen. Afhankelijk van de gekozen opstellingsruimte (begane grond of zolderetage) is het leidingtracé binnen de woning korter of langer.

6 Financiële uitwerking

Op basis van een seriematig gebouwde vrijstaande woning is de TCO waarde voor de warmtepomp varianten bepaald. Deze TCO waarde geeft een indicatie van de total cost of ownership. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

- Deze financiële uitwerking dient om de varianten onderling te vergelijken, maar niet als referentie voor de bouwkostenraming of voor de werkelijke energiekosten. Deze getallen zijn sterk afhankelijk van de vormgeving van het woningontwerp, het bouwvolume, de isolatiewaarden en het ventilatiesysteem. Om dit effect inzichtelijk te maken is een bandbreedte aangegeven.
- De berekening heeft een scope van 15 jaar.
- Voor de bodemlus warmtepomp is een restwaarde verrekend. Deze restwaarde is bepaald op basis van lineaire afschrijving over de gehele levensduur. Bij einde levensduur is de restwaarde nihil. De technische levensduur van de warmtepomp is 20 jaar, van de bodemlus 30 jaar.
- Tot 2020 is voor individuele warmtepompen een investeringssubsidie bij RVO aan te vragen in het kader van de ISDE-regeling. Voorwaarde is dat de epc waarde daalt onder de wettelijk vereiste waarde. De subsidie is afhankelijk van type en vermogen. Deze ISDE-subsidie is verwerkt in de TCO berekening.
- De jaarlasten energie en onderhoud zijn verwerkt in de TCO waarde. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.
 - Rentevoet of vermogensrekening gelijk aan 5%
 - Indexatie jaarlasten elektriciteit en overige kosten (zoals onderhoud) 1% per jaar
- Het elektriciteitsverbruik van bewoners en de inzet van pv panelen is buiten beschouwing gelaten.

Navolgende tabel toont een overzicht van de resultaten.

Tabel 6.1 *Indicatieve TCO (total cost of ownership) berekening warmtepomp varianten in euro exclusief btw*

Onderdeel	Luchtwarmtepomp		Bodemlus warmtepomp	
	Onderkant	Bovenkant	Onderkant	Bovenkant
Onderkant of bovenkant van bandbreedte				
Jaarlasten inkoop elektriciteit warmtepomp	334	1.113	268	893
Jaarlasten onderhoud warmtepomp	294	343	281	332
Investering warmtepomp met toebehoren, exclusief vloerverwarming	8.497	9.913	12.044	14.051
Indicatie ISDE-subsidie 2017	2.300	2.300	2.800	2.800
TCO waarde (15 jaar)	13.199	23.851	13.055	22.215

7 Aandachtspunten aanvraag aannemer / installateur

Momenteel is slechts een beperkt aantal partijen in staat om deskundig service en onderhoud te leveren voor een warmtepomp. We geven dit in overweging voor de selectie van de realiserende installateur. Door gecombineerde uitvraag van plaatsing en instandhouding is altijd één partij verantwoordelijk voor de correcte werking het totale systeem.

Specifiek voor de warmtepomp is monitoring op afstand gebruikelijk. Voor deze monitoringsfaciliteit dient een externe dataverbinding ter beschikking te staan. Hiermee is de onderhoudspartij in de gelegenheid om het rendement van het toestel te volgen, storingen op afstand te constateren, te verhelpen of op te volgen met een bezoek ter plaatse.

Net als de traditionele gasketel is de technische levensduur van de warmtepomp beperkt tot 15 à 20 jaar. Deze levensduur is afhankelijk van de toestelkwaliteit, het gebruik (aantal bedrijfsuren) en de service- en onderhoudswerkzaamheden. Op het vervangingsmoment zelf dient een deskundige partij te bezien welke componenten versleten zijn en wat nog bruikbaar is. De compressor van de warmtepomp is het meest kostbare en slijtagegevoelige onderdeel. Zo is het goed mogelijk dat uitwisseling van deze compressor volstaat om de warmtepomp weer een nieuwe levenscyclus te geven. Het warm tapwater boilervat kent geen bewegende delen en is daarom beperkt aan slijtage onderhevig. Dat geldt ook voor de bodemlus, die naar verwachting de levensduur van de compressor gemakkelijk overstijgt.