

# HYBRIDE VERWARMING MET WARMTEPOMP EN CV-KETEL

## Buurtteams Warmtepompen Oud Voorburg, oktober 2024

### 1. Inleiding

Volgens de Transitievisie Warmte van de gemeente zal in de wijk Voorburg Oud pas tussen 2040 en 2050 afscheid genomen worden van aardgas. Het zal nog vele jaren duren voordat duidelijk wordt of het alternatief dan zal bestaan uit een collectieve warmtevoorziening (warmtenet) of uit individuele warmtevoorzieningen per woning. Niettemin kunnen eigenaar-bewoners van de woningen in onze wijk de komende jaren op meerdere manieren een bijdrage leveren aan de warmtetransitie:

- I. terugdringen van de warmtevraag door gedragsverandering
- II. terugdringen van de warmtevraag door isoleren
- III. aanpassen van verwarmingselementen gericht op lagere temperatuur van het cv-water
- IV. installeren van hybride verwarming met een warmtepomp naast een cv-ketel (ook wel aangeduid met “installeren hybride warmtepomp”)
- V. installeren van een of meer airco’s , ook voor verwarming.

Uiteraard kan men de woning ook nu al geschikt maken voor aardgasloze individuele verwarming met alleen een warmtepomp (“all electric”), maar dat vereist bij de meeste woningen tamelijk ingrijpende en kostbare maatregelen als genoemd onder II en III, zoals het van binnen isoleren van alle muren en het vervangen van alle kozijnen en beglazing. Als er te zijner tijd een warmtenet komt, kan die keuze achteraf niet de optimale keuze blijken te zijn geweest.

Hybride verwarming zal in ieder geval kunnen functioneren totdat het aardgasnet over ruim 20 jaar wordt afgesloten. Daarna kan de woning worden aangesloten op een warmtenet, als dat er komt, of moet de woning verder worden aangepast om hem geschikt te maken voor individuele verwarming.

Optie V wordt in de notitie “Hybride verwarming met airco(‘s) en cv-ketel” besproken. Deze notitie richt zich op optie IV.

Deze notitie volgt in grote lijnen de beslisboom weergegeven in bijlage A. Eerst wordt uiteengezet welke maatregelen als genoemd onder II en III, nodig zijn om installatie van hybride verwarming zinvol te maken. Dan wordt besproken welk type warmtepomp geschikt is. Vervolgens wordt aandacht besteed aan de vraag of installatie van een warmtepomp redelijkerwijs mogelijk is in verband met geluidsoverlast, de vraag of de cv-ketel vervangen moet worden, wat de beste plaatsen zijn voor eventuele binnenunit en cv-ketel, welke aanpassing van de elektriciteitsvoorziening nodig zijn en welke leidingen aangebracht moeten worden. Na enige opmerkingen over koelen in de zomer en over de kosten, worden tenslotte enige nieuwe ontwikkelingen besproken.

## 2. Gedragsverandering

Door alle klimaatvraagstukken én de verhoogde gas- en energieprijzen is het niet meer vanzelfsprekend om er zo warmpjes bij te zitten. Door de warmte binnenshuis slim te reguleren blijft de temperatuur comfortabel en bespaar je energie. Belangrijk blijft daarom dat we stimuleren om:

- de thermostaat een graadje omlaag te draaien
- de verwarming 's nachts lager te zetten
- energieverbruik te meten met een slimme thermostaat en daardoor besparingen mogelijk te maken
- alleen de woonkamer te verwarmen; eventueel studeer- en badkamer
- met deurdrangers en dergelijke zorgen dat warmte niet ontsnapt uit de woonkamer en andere te verwarmen kamers.

## 3. Isoleren

Het Regionaal Energieloket (REL) heeft van 5 woningen uit de buurt een opname gemaakt. Het rapport staat [hier](#). In elke opname worden de mogelijkheden voor het terugdringen van de warmtevraag door isolatie uitgebreid besproken. Drie situaties worden geschetst:

- HT-situatie zonder veel isolatie, waarbij de woning bij koud weer alleen warm te krijgen is met cv-water op hoge temperatuur (HT, 80°C tot 90°C)
- MT-situatie waarbij voldoende isolatiemaatregelen worden genomen om verwarming met cv-water op middelhoge temperatuur (MT, 50°C tot 70°C) mogelijk te maken
- LT-situatie met zoveel isolatiemaatregelen dat lage temperatuur (LT, 20°C tot 50°C) verwarming mogelijk wordt en daarmee aardgasloze verwarming met alleen een warmtepomp.

De MT-situatie is hier relevant. Zoals het REL aangeeft is hybride verwarming daarbij een zinvolle optie. Onder “Pakket MiddenTemperatuur” beschrijft het REL steeds welke isolatiemaatregelen genomen kunnen worden om MT-verwarming mogelijk te maken en wat de investeringskosten ongeveer zijn (prijsspeil januari 2022). Zie bijlage B voor meer informatie over isoleren

Voor hybride verwarming is het niet strikt nodig al die maatregelen te nemen, maar hoe meer van die maatregelen genomen zijn, des te zinvoller hybride verwarming is. Immers, als het buiten niet al te koud is kan de woning verwarmd worden met een vrij lage cv-water temperatuur. Dan kan een warmtepomp het cv-water op temperatuur brengen met hoge efficiency; bij koud weer moet die cv-watertemperatuur hoger zijn en moet de cv-ketel die taak overnemen. Zie de toelichting in bijlage C. De grens tussen “niet te koud weer” en “koud weer” hangt sterk af van de minimum cv-watertemperatuur die nodig is om de woning warm genoeg te krijgen en hangt daardoor sterk af van de mate van isolatie.

#### 4. Vloerverwarming of speciale radiatoren, ook in studeerkamer?

Om verwarming met een relatief lage cv-water temperatuur mogelijk te maken, is niet alleen zoveel mogelijk isolatie van belang, maar ook of de radiatoren en andere verwarmingselementen de warmte voldoende kunnen overdragen naar de leefruimtes (met name de woonkamer). De traditionele radiatoren kunnen dat vaak onvoldoende. Mogelijkheden om de overdracht te verbeteren zijn, in oplopende volgorde van effectiviteit (zie ook: <https://regionaalenergieloket.nl/energiebesparen/laag-temperatuur-verwarming>):

- Het aanbrengen van radiatorventilatoren onder of op de radiatoren
- Het vervangen van de traditionele radiatoren door “lage temperatuur radiatoren”
- Het aanbrengen van wandverwarming bij één of alle muren van de leefruimte.
- Het aanbrengen van vloerverwarming.

Vooraf vloerverwarming in de hele woonkamer is een ideale maatregel. Helaas is het een tamelijk ingrijpende maatregel als de vloerbedekking bestaat uit mooi parket. Dat moet namelijk verwijderd worden. Bij een houten vloer zal de vloer bovendien ongeveer 2cm hoger komen te liggen, hetgeen lastig kan zijn bij deuren en andere plekken. Als men vloerverwarming te ingrijpend vindt, is het verstandig in te zetten op de andere drie mogelijkheden. Zie bijlage D “Vloer- en wandverwarming”.

In gevallen waarin vloerverwarming en/of andere verwarmingselementen op lage temperatuur wél worden aangebracht in sommige kamers (bijvoorbeeld de woonkamer), maar niet in alle, is het raadzaam de hybride verwarming zo te laten ontwerpen dat de verwarmingselementen in de andere kamers (bijvoorbeeld studeerkamer en badkamer) nog op hoge temperatuur verwarmd kunnen blijven worden. Dat kan lastig zijn. Misschien is het nodig om een systeem te installeren waarbij thermostaten in meerdere kamers zijn die ieder de warmtepomp en cv-ketel onafhankelijk kunnen aansturen (bijvoorbeeld het EvoHome systeem van Honeywell).

#### 5. Besparing op gas en extra elektriciteitsverbruik

De besparing op het gasverbruik die bereikt wordt met hybride verwarming ten opzichte van verwarming met alleen een cv-ketel, kan variëren van ongeveer 25% tot 75%, afhankelijk de isolatie en de verwarmingselementen. Een goede graadmeter is de 50°C en/of 60°C test bij koud weer (buitentemperatuur 0°C tot 5°C). Als de woning dan voldoende warm wordt met een cv-watertemperatuur van 50°C, dan zal het percentage hoog liggen, wellicht 60% ± 10%. Als dat zelfs niet het geval is bij een cv-watertemperatuur van 60°C, dan zal het percentage laag liggen. Voor een nauwkeuriger voorspelling moet een warmteverliesberekening worden gemaakt (bijlage E).

Het percentage heeft betrekking op het aantal m<sup>3</sup> gas dat verbruikt wordt vóór de installatie van de warmtepomp, maar wel ná het nemen van de isolatiemaatregelen. Bij hoekwoningen is het oppervlak van de buitenschil (buitenmuren inclusief ramen en deuren en dak) vaak ongeveer 250m<sup>2</sup>. Daar ligt het verbruik significant hoger dan bij tussenwoning met een buitenschiloppervlak van ongeveer 150m<sup>2</sup>. Uiteraard hangt het verbruik ook af van het aantal bewoners en het

aantal kamers dat verwarmd wordt. Enige gegevens over het gasverbruik in deze buurt zijn te vinden in bijlage F "Gasverbruik".

Als het lukt om de woning zodanig aan te passen dat hij bij koud weer voldoende warm wordt met een cv-watertemperatuur van 50°C, en stel dat dan 1000m<sup>3</sup> per jaar nodig is zonder warmtepomp, dan zal met een warmtepomp 60% ± 10% bespaard worden ofwel 600m<sup>3</sup> ± 100m<sup>3</sup>.

Voor het extra elektriciteitsverbruik geldt de (enigszins conservatieve) vuistregel: om 1 m<sup>3</sup> gas te besparen is 3 kWh elektriciteit nodig. Voor een besparing van 600m<sup>3</sup>, zal dus ongeveer 2.000 kWh extra nodig zijn.

## 6. Type warmtepomp en eventuele vervanging cv-ketel

Bij de meeste woningen is een lucht/water warmtepomp met buiten- en binnenuit (split-warmtepomp) het meest geschikt.

Voor het combineren van cv-ketel en warmtepomp zijn 2 alternatieven:

- Binnenunit van warmtepomp en cv-ketel als aparte toestellen die samenwerken. De bestaande cv-ketel kan gebruikt worden als die nog niet zo oud is (jonger dan 10 jaar?) en een warmtepomp gevonden kan worden die met de ketel kan samenwerken. In het geval van een Remeha cv-ketel, kan als warmtepomp gekozen worden voor de Remeha Elga.
- Cv-ketel en binnenuit warmtepomp in één toestel bv Daikin.

Bij sommige woningen is een lucht/water "monoblok" (of monobloc of monoblock) warmtepomp aantrekkelijk, bijvoorbeeld als die geplaatst kan worden op geringe afstand van het punt waar de cv-leidingen kunnen worden aangesloten. Ze zijn wel duurder en groter dan de buitenunit van een split-warmtepomp. Voordeel boven een split-warmtepomp is dat de monteur geen speciale cursus gevolgd hoeft te hebben voor het omgaan met het koudemiddel.

De meeste types monoblok staan buiten, maar er zijn ook die binnen staan en aparte buitenunit hebben voor het aanzuigen en afvoeren van de lucht. Er zijn thans ook monobloks in ontwikkeling voor plaatsing vlak onder een schuin dak. Die worden met een soort "schoorsteen" verbonden met buiten.

Bij sommige woningen is een lucht/lucht warmtepomp (airconditioning) geschikt, eventueel voor slechts enkele kamers. Die warmtepomp bestaat uit een buitenunit en tenminste één binnenuit per kamer. Die binnenuits zorgen wel voor enig lawaai in de kamer. Ze veroorzaken ook een luchtstroom die als onaangename tocht kan aanvoelen.

## 7. Locatie (buitenunit van) warmtepomp zonder te veel geluidsoverlast

Gemiddeld veroorzaakt (de buitenunit van) een warmtepomp op vol vermogen 55 tot 65 decibel aan geluid. Volgens de wettelijke eisen mag het geluid op de erfgrans niet hoger zijn dan 40 decibel 's nachts en 45 decibel overdag. Zie <https://kennisbank.regionaalenergieloket.nl/warmtepomp/geluid-warmtepomp/>. Het is

daarom vaak lastig om een plaats te vinden voor (de buitenunit van) de warmtepomp die voldoende ver van de erfgrenzen af staat om geen geluidsoverlast te bezorgen. Dat geldt vooral voor tussenwoningen.

Toch lijkt het bij de meeste woningen wel mogelijk omdat het maximum vermogen dat de warmtepomp bij hybride verwarming moet leveren relatief laag is (orde 4kW bij een COP = 4). Als de pomp niet te krap gedimensioneerd wordt (maximum 6 tot 8kW), hoeft hij bovendien zelden op vol vermogen te draaien. De pomp kan zo geprogrammeerd worden dat hij 's nachts alleen op laag vermogen draait. Voorts kan het geluid beperkt worden met een omkasting van de buitenunit.

Bij plaatsing op een plat houten dak moeten speciale maatregelen genomen worden om trilling van het dak met bijbehorend geluid te dempen.

In alle gevallen moet een plaats gekozen worden die goed toegankelijk is voor de onderhoudsmonteur.

Doorgaans produceert een warmtepomp meer geluid naarmate hij ouder wordt, vooral bij gebrekkig onderhoud. Daarom is het raadzaam om aan de leverancier/ installateur van de warmtepomp ook het onderhoud op te dragen.

Een buitenunit van een split-warmtepomp heeft een ruimte nodig van ongeveer 1m x 2m x 1m (hxbxd). Er moet een vrije toegang van luchtstroom zijn.

## **8. Locatie binnenunit en cv-ketel**

Bij een lucht/water split-warmtepomp is de beste plaats voor de binnenunit vaak vlak bij de cv-ketel. De afstand tot de buitenunit moet echter niet te groot worden. De leidingen die de beide units verbinden moeten niet langer worden dan ongeveer 20m. Bij sommige woningen kan het verstandig zijn een nieuwe plaats voor de cv-ketel te kiezen en de binnenunit daar naast te plaatsen. De binnenunit heeft een ruimte nodig van ongeveer 1m x 0,6m x 0,4m (hxbxd).

De binnenunits van een lucht/lucht warmtepomp worden meestal dicht bij het plafond geplaatst. Dat is vooral goed als de warmtepomp voor koeling wordt gebruikt, omdat de koude lucht naar beneden zakt. Maar ook bij verwarming kan de met een ventilator opgewekte luchtstroom zorgen voor een goede verspreiding in de kamer.

## **9. Meterkast en leidingen**

Voor de voeding van de (buitenunit van) de warmtepomp moet een elektriciteitsleiding worden aangelegd naar de meterkast. De meterkast hoeft doorgaans niet verzwakt te worden en de netaansluiting hoeft zelden verzwakt te worden. Wel moet de meterkast meestal worden uitgebreid met extra groep(en) om een warmtepomp te voeden en kan het vanwege veiligheid verstandig zijn oude meterkast te vervangen.

Bij een split-warmtepomp (lucht/water of een lucht/lucht) moeten buiten- en binnenunit(s) met elkaar verbonden worden door slangen voor het koudemiddel en elektriciteitsleidingen voor voeding van de binnenunit en communicatie. Die kunnen

gebundeld worden in een buis met een diameter van ongeveer 6 cm. Vaak kan een deel daarvan geplaatst worden als een regenpijp langs de buitengevel.

De binnenunit van een lucht/water warmtepomp moet met cv-water leidingen verbonden worden met de cv-ketel en de rest van het cv-circuit. Soms kan de unit met een driewegklep direct worden aangesloten op de vloer-verwarming, die een lagere watertemperatuur vraagt dan de rest van het circuit.

Tenslotte moeten er een (nieuwe) thermostaat en een stuurunit komen, die via elektriciteitsdraden verbonden zijn met binnenunit en cv-ketel.

Een monoblok buiten moet met twee cv-waterleidingen vorstvrij verbonden worden met de rest van het cv-waterleidingen circuit. Er is een kleine kans op bevriezing van het cv-water in het monoblok als de stroom uitvalt. Soms kan de pomp met een driewegklep direct worden aangesloten op de vloerverwarming.

Ook bij een monoblok moeten er een (nieuwe) thermostaat en een stuurunit komen, die via elektriciteitsdraden verbonden zijn met het monoblok en de cv-ketel.

## 10. Koelen in de zomer

De meeste lucht/water warmtepompen kunnen, net als lucht/lucht warmtepompen (airco's) ook koelen. Ze zorgen dan voor koud water in de cv. Het koeleffect daarvan is beperkt, maar veelal voldoende voor een woning met zonwering, als men ramen en deuren overdag grotendeels dicht houdt. Op deze manier koelen is echter alleen aan te raden als alle oude stalen leidingen vervangen zijn voor koper/kunststof leidingen én het afgiftesysteem geschikt is vanwege condensvorming en kans op corrosie.

## 11. Kosten en levertijden

Een lucht/water split-warmtepomp kost ongeveer € 4.000. Monobloks zijn duurder. Installatie zal 1 tot 4 dagen werk zijn voor een ploeg van twee man (orde €2.000 tot €8.000). Daarop is ongeveer €1.300 subsidie te krijgen. De levertijden van warmtepompen zijn lang (half jaar of meer?). Dat geldt ook voor de beschikbaarheid van een ploeg. Het is verstandig lang van te voren te reserveren.

## 12. Nieuwe ontwikkelingen

De techniek ontwikkelt zich thans snel. Het kan daarom raadzaam zijn de beslissing over het installeren van een hybride verwarming een paar jaar uit te stellen, ook al blijft het gasverbruik in die jaren nog hoog. Interessant zijn de volgende ontwikkelingen:

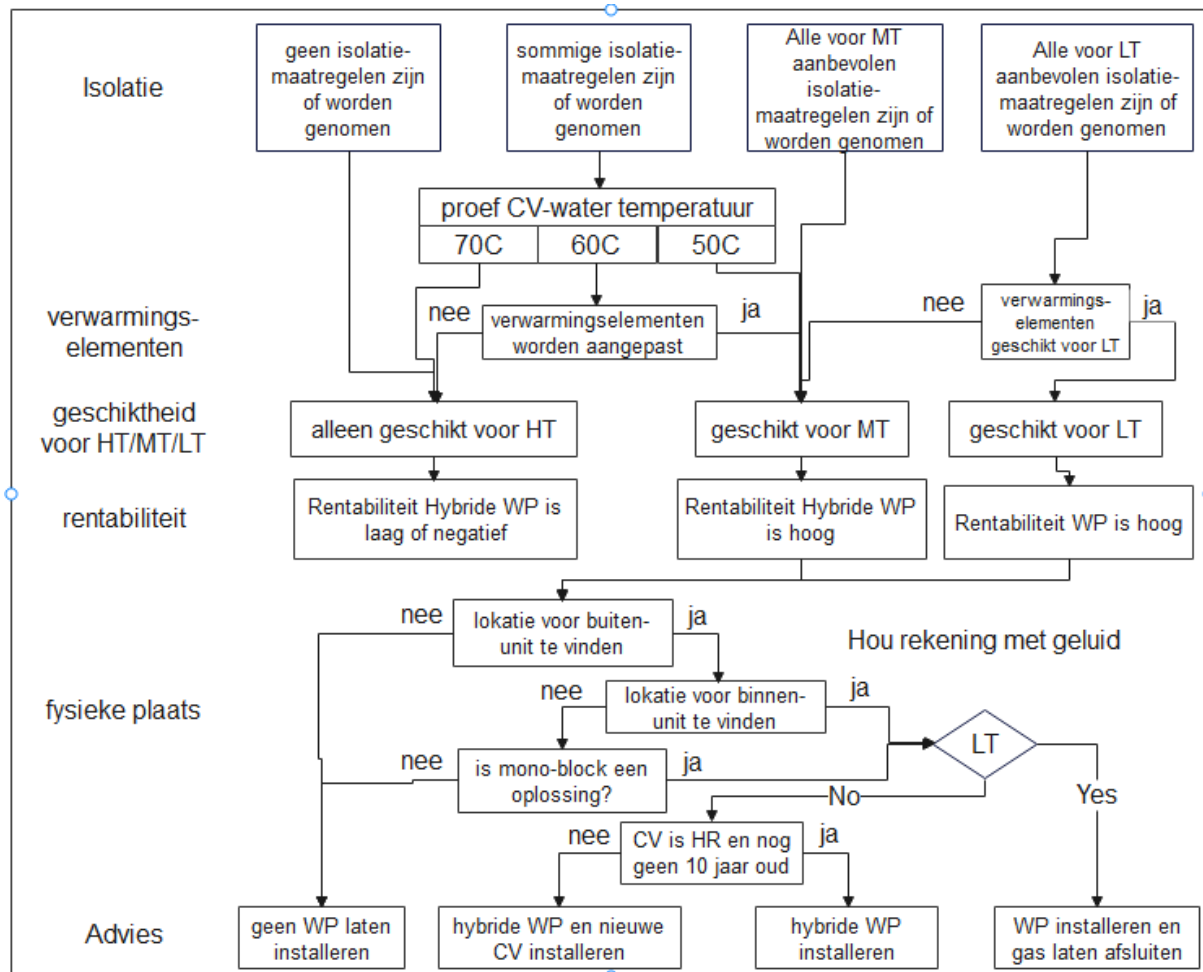
- Nieuwe koudemiddelen, zoals propaan, die milieuvriendelijker zijn dan de thans gangbare HFK's (broeikasgas).
- Nieuwe koudemiddelen die de warmtepomp in staat stellen om (efficiënt) een hogere cv-water te produceren en om het tapwater voor douche e.d. te verwarmen. In dat geval is hybride verwarming niet meer zinvol en kan het gas afgesloten worden.
- Mogelijkheden om de warmtepomp op het dak te monteren.

- Mogelijkheden voor het separaat inregelen en verwarmen van de verschillende ruimtes in een woning. “Slimme” warmte systemen zullen steeds belangrijker worden.

### **13. Belang van goed plannen**

In veel van de huis energietransitie voorbeelden die ons team gezien heeft, was het belang van de lange termijn planning van de verbouwingen overduidelijk. Voor de meeste huizen in de wijk geldt dat er om de zoveel tijd (15-25 jaar) een flinke verbouwing plaats vind. Het is belangrijk om op deze momenten goed vooruit te denken en de woning zoveel mogelijk klaar te maken voor de toekomst. Denk daarbij aan water, elektriciteits- en gasleidingen nodig voor zonnepanelen, elektrische auto, nieuwe hoofdaansluiting, (hybride) warmtepomp. Installatie van vloerverwarming, binnenmuurisolatie, dakisolatie en nieuwe kozijnen zijn meestal goedkoper als ze meegenomen kunnen worden in een grotere verbouwing.

## BIJLAGE A BESLISBOOM



### Proef cv-watertemperatuur

Met deze proef kan worden nagegaan in hoeverre er voldoende maatregelen (gedrag, isoleren, aanpassen verwarmingselementen) genomen zijn om de woning geschikt te maken voor MT (midden temperatuur) en dus voor hybride verwarming. De proef bestaat uit het kiezen van een relatief lage cv-watertemperatuur (70°, 60° of 50°) en het nagaan of de woning dan voldoende warm wordt. Als dat het geval is bij 50° gedurende een groot deel van de winter, kan een warmtepomp de woning ook gedurende een groot deel van de winter verwarmen zonder dat de cv-ketel hoeft bij te springen.



## BIJLAGE B ISOLEREN

### Vloer- of bodemisolatie

Hierover is informatie vinden onder <https://regionaalenergieloket.nl/energiebesparen>, “vloer- en bodemisolatie”. In de woonkamer van veel woningen is de vloer van hout en bevindt zich daaronder een redelijk toegankelijke kruipruimte. Daar kan vloerisolatie worden aangebracht tegen de onderkant van de vloer. Als de kruipruimte te ondiep is, kan men bodemisolatie aanbrengen. Dat isoleert minder, maar beter dan niets.

In de gang; soms ook in de WC en de keuken van veel woningen bestaat de vloer uit granito, aangebracht op een laagje specie dat direct op het zand ligt. De isolatiewaarde daarvan is matig. Goede isolatie verkrijgt men met een “geïsoleerde renovatievloer” op het zand. Daarvoor moet het granito verwijderd worden. Als men een dergelijke vloer aanbrengt, is het verstandig tegelijk vloerverwarming aan te brengen.

### Muurisolatie

Waar een spouwmuur is met voldoende brede spouw wordt aangeraden spouwmuurisolatie aan te brengen. Veel woningen hebben echter enkelsteens buitenmuren of spouwmuren met een te smalle spouw. Dan is isolatie aan de binnenkant een effectieve maatregel. Zie <https://regionaalenergieloket.nl/energiebesparen/muurisolatie>. De muur komt dan ongeveer 5 tot 10cm naar binnen. Rond ramen en deuren zijn aanpassingen nodig; als er radiatoren en stopcontacten zijn, moeten die verplaatst worden. Als men terugdeinst voor dergelijke ingrepen, dan kan men zich beperken tot isolatie van de stukken muur waar geen ramen, deuren en radiatoren zijn. Ook dat is zinvol.

### Dakisolatie

Dakisolatie is zeer zinvol en vaak minder ingrijpend dan isolatie van enkelsteens muren. Zie <https://regionaalenergieloket.nl/energiebesparen/dakisolatie>.

Als een deel van de zolder niet gebruikt als leefruimte is het interessant om de zoldervloer te isoleren in plaats van het dak boven dat deel van de zolder.

### Isolatie glas, kozijnen en deuren

Zie <https://regionaalenergieloket.nl/energiebesparen/isolerend-glas>. Dubbel glas is overal wenselijk, vooral in de woonkamer. HR++ of HR+++ (triple) is wenselijk, vooral in de woonkamer. Als daarvoor echter nieuwe kozijnen moeten worden aangebracht kan men zich beter beperken tot een iets minder isolerend dubbel glas. Een alternatief voor dubbel glas zijn voorzetramen (aan de buitenkant) of achterzetramen (aan de binnenkant). Maar de isolatiewaarde is minder dan die van HR++. Ook voor glas-in lood zijn verschillende opties om er dubbel glas van te maken.

Soms kan het nuttig zijn aluminiumramen en kozijnen te vervangen. Van sommige deuren kunnen de panelen geïsoleerd worden.

### Woonkamer scheiden van rest van het huis

Zorg met deuren en deurdrangers dat zo min mogelijk van de warme lucht in de woonkamer en ander te verwarmen ruimtes ontsnapt naar het trappenhuis en de rest van het huis.

## BIJLAGE C RENDEMENT WARMTEPOMP

Het warmtepomp rendement wordt uitgedrukt in COP, wat staat voor Coefficient of Performance. Voor de meeste warmtepompen geldt gemiddeld  $COP \approx 4$ . Dit wil zeggen dat de warmtepomp 1 kWh aan elektriciteit nodig heeft om 4 kWh aan warmte te leveren. De COP fluctueert echter met de buitentemperatuur en met de gevraagde cv-watertemperatuur. Hoe groter het temperatuurverschil tussen de bron en het afgiftesysteem, hoe lager het warmtepomp rendement. Daarom is de warmtepomp in de winter gemiddeld minder efficiënt dan in de herfst of de lente.

Voor veel warmtepompen geldt  $COP \approx 4$  als de buitenlucht  $5^{\circ}\text{C}$  is en het cv-water verwarmd wordt tot  $35^{\circ}\text{C}$  en is de COP veel kleiner als het cv-water verwarmd moet worden tot  $50^{\circ}\text{C}$  of als het buiten flink vriest. Zodra de COP kleiner is dan ongeveer 2,5, is het uit het oogpunt van  $\text{CO}_2$ -uitstoot en kosten beter dat de cv-ketel de verwarming overneemt.

## BIJLAGE D VLOER- EN WANDVERWARMING

Bij betonnen vloeren is vloerverwarming relatief makkelijk aan te leggen. Na verwijdering van de vloerbedekking worden gleuven gefreesd uit de betonnen toplaag en worden daarin warmwaterslangen gelegd.

Voor houten vloeren zijn de volgende alternatieven:

- Op de vloerplanken leggen van een droogbouw vloerverwarmingssysteem met bv fermacellvloerplaten (zie [technea.nl](http://technea.nl)). Aandachtspunt is de dikte van het systeem (fermacell = 18 mm). De vloer komt ongeveer 2cm omhoog.
- Volledige vloer (inclusief balken) vervangen door betonnen vloer bestaande uit broodjessysteem met bovenlaag met daarin de vloerverwarming met ingelegde warmwaterslangen. *Waarschijnlijk is dit niet het meest duurzame alternatief. Immers, in het hout is veel  $\text{CO}_2$  vastgelegd. Als dat hout niet opnieuw voor een constructie wordt gebruikt, maar als afval verbrand wordt, komt de  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer. Voorts gaat de productie van beton juist gepaard met vrij veel  $\text{CO}_2$ -uitstoot.*

Als de warmtepomp en cv-ketel zowel de vloerverwarming (lage cv-watertemperatuur) als de rest van het cv-circuit (hoge cv-watertemperatuur) van warmte voorzien, is een vloerverwarmingsverdeler nodig. Afmetingen globaal 0,7m x 0,4m x 0,2m. Vloerverwarming door een warmtepomp vereist meestal ook de installatie van een speciaal buffervat.

Bij wandverwarming worden, net als bij vloerverwarming, warmwaterslangen aangebracht. De wand komt dan een paar centimeter naar voren.

## BIJLAGE E WARMTEVERLIESBEREKENING

Een warmteverliesberekening kan gemaakt worden door een verwarmingsexpert, vaak ook door een leverancier van warmtepompen. Er zijn richtlijnen over hoe die gemaakt moet worden.

De warmteverliesberekening start met de berekening van de thermische schil (warmtedoorgangseigenschappen van muren, ramen, dak en vloer) en de berekening van de ventilatie- en infiltratie(wind)eigenschappen. Met behulp van die gegevens wordt vervolgens een voorspelling gemaakt van de warmte die het verwarmingssysteem moet produceren tijdens een referentiejaar (gemiddelde van 10 jaar). Voor dat jaar is een jaarbelastingduurkromme beschikbaar. De rekenmethodiek is gebaseerd op temperatuurverloop van -10°C tot +20°C.

## BIJLAGE F GASVERBRUIK

Bij elk van de woningopnames in deze buurt heeft het REL aangegeven wat het gasverbruik zou zijn bij een standaardsamenstelling van het huishouden, tijdens een referentiejaar, zowel voor de situatie zonder isolatiemaatregelen, als voor de situatie na zoveel isolatie dat de woning geschikt is voor MT-verwarming. Die waarden staan in onderstaande tabel.

	Zonder isolatie	Met isolatie tot MT
Hoekwoning	1.656 m <sup>3</sup> /jaar	828 m <sup>3</sup> /jaar
Tussenwoning	1.436 m <sup>3</sup> /jaar	718 m <sup>3</sup> /jaar

Het gasverbruik in 4 van de 6 woningen waarvoor Lodewijk Val een advies heeft uitgebracht, was in de jaren vóór de sterke stijging van de gasprijzen ongeveer 2 maal zo hoog, ondanks het feit dat er al redelijk wat isolatie was aangebracht. Dat grote verschil is mogelijk veroorzaakt doordat de bewoners toen nog niet bewust op gas probeerden te sparen.