

Advies voor de aanpak van energetische maatregelen van Vereniging Vernieuwend Wonen Maastricht en Vereniging van Eigenaars Vernieuwend Wonen Randwyck te Maastricht



Dr. ir. Leo Gommans

BOOM-Maastricht www.boomdelft.nl

In overleg met Werkgroep Beheer Onroerende Zaken (BOZ)

Van de vereniging Vernieuwend Wonen Maastricht (VWM)

Definitieve versie 20 april 2025

BOOM-Maastricht
Oude Kerkstraat 17
6227SP Maastricht



Inhoudsopgaven

1. Inleiding	4
2. Inventarisatie van de huidige situatie	6
3. Mogelijke oplossingen voor comfortproblemen	9
4. Uitgangspunten en aannames voor de simulatie-berekeningen	12
5. Effecten van maatregelen op etage woning onder dak	14
6. Effecten van maatregelen op andere woningen	18
7. Aardgasloos en elektrificatie van de energievoorziening	22
8. Conclusies en aanbevelingen	27
Referentielijst	31
Bijlage 1: Lijst probleem-woningen (oktober 2024)	32
Bijlage 2: Kort verslag van de huisbezoeken	33
Bijlage 3: Energieberekeningen van de woning Doplerdomein 6-C	38
Bijlage 4: Energieberekeningen van de woning Randwycksingel 15-A	41
Bijlage 5: Quick Scan Bodempotenties locatie project VWM	44

1 Inleiding

Naar aanleiding van dit onderzoek doet BOOM-Maastricht een voorstel voor een advies voor de aanpak voor energetische maatregelen van het woonprojectproject Vernieuwend Wonen Maastricht CV, bestaande uit 80 woonappartementen, enkele gezamenlijke ruimtes en bedrijfsruimtes.



Afbeelding 1: Het project Vernieuwend wonen met woningen in vogelvlucht.

Er worden op basis van de huidige bouwkundige, installatietechnische en behaaglijkheid situatie van de woningen, aanbevelingen gedaan om deze te verbeteren tegen een zo gunstig mogelijke kosten baten verhouding wat betreft de energieprestatie, CO₂-reductie, en comfort. De inbreng van de bewoners en werkgroep BOZ heeft in deze afweging een belangrijke rol gespeeld.

Onderzoeken en stukken van het project van de afgelopen jaren zijn doorgenomen en besproken met de werkgroep BOZ (zie referentielijst). Een aantal woningen waar klachten zijn, zijn ter plaatse onderzocht en de bewoners gehoord om een goed beeld te krijgen van mogelijke oorzaken van discomfort en energieverbruik, met het oog op mogelijke aanpassingen voor een beter energetisch klimaat. Op basis van bouwkundige tekeningen en de aanwezige installatie techniek zijn een aantal woningen in een computermodel ingevoerd om de effecten van diverse energetische maatregelen op het comfort en energieverbruik in beeld te brengen. Op basis van resultaten van deze simulaties kan men keuzes maken.

Alle woningen hebben een energielabel C. Vanuit de overheid zijn er geen directe verplichtingen meer om in de nabije toekomst de woningen energetisch te verbeteren of aan te passen. De overheid heeft wel als doelstelling dat gemeenten er voor moeten zorgen dat in 2030 1,5 miljoen woningen aardgasvrij moeten zijn en in 2050 geldt dit voor alle woningen in Nederland¹. Dit betekent dat er elektrisch gekookt moet worden en dat tapwater- en ruimteverwarming gerealiseerd moet worden met warmtepompen en/of een warmtenet.

Op basis van al deze informatie en de simulaties is een voorstel met onderbouwing gedaan. De energetische consequenties van de verschillende maatregelen en indicaties van comfortverbetering en kosten zijn aangegeven. Op basis hiervan moet de werkgroep BOZ beslissingen kunnen nemen voor een integraal uitvoeringsplan.

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/duurzame-warmtebronnen>

2. Inventarisatie van de huidige situatie

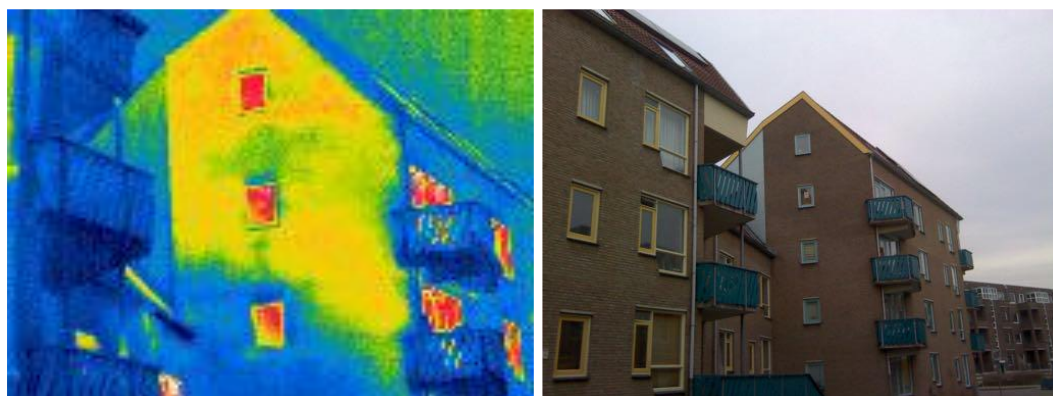
2.1 Installatietechnische kenmerken

Het gehele project bestaat uit 7 eengezins-rijtjeswoningen met een eigen HR-gasketel voor ruimte- en tapwaterverwarming en zonneboiler met ca. 2 m² zonnecollector. De resterende woningen liggen rond een trappenhuis waar circa 7 appartementen aan geclusterd zijn, met vaak een gezamenlijke ruimte of werkruimtes. Zo zijn er 7 clusters met elk een gezamenlijke stookruimte met HR-gasketel met zonneboiler voor collectieve ruimte- en tapwaterverwarming. Het warm tapwater wordt met een pomp via een ringleiding gedistribueerd naar de individuele woningen. Alle woningen hebben een individuele warmtedoorstroommeter voor verwarming. Voor (warm) water is er geen individuele meter aanwezig.

Elke woning wordt geventileerd via afzuigpunten in de keuken, badkamer en het toilet met een mechanische afzuigventilator. Deze ventilatoren zijn enkele jaren vernieuwd. Luchttoevoer wordt geregeld met een klepraampje in het kozijn van elke verblijfsruimte (dat vaak niet openstaat vanwege koude lucht?). De luchtdichtheid van de appartementen op de tussenetages is goed echter die van de bovenste etages (onder het dak) is slecht op de aansluitingen van de dakisolatie-panelen op de gevel en op elkaar. Enkele ruimtes op de begane grond hebben luchtlekken naar de kruipruimte wat ook leidt tot vochtproblemen (zie bijlage 1). Het dak van cluster Mandala is bedekt met 36 PV-panelen (elk 1,6 m²) aangesloten op de collectieve elektriciteitsmeter van het cluster (zie voorpagina).

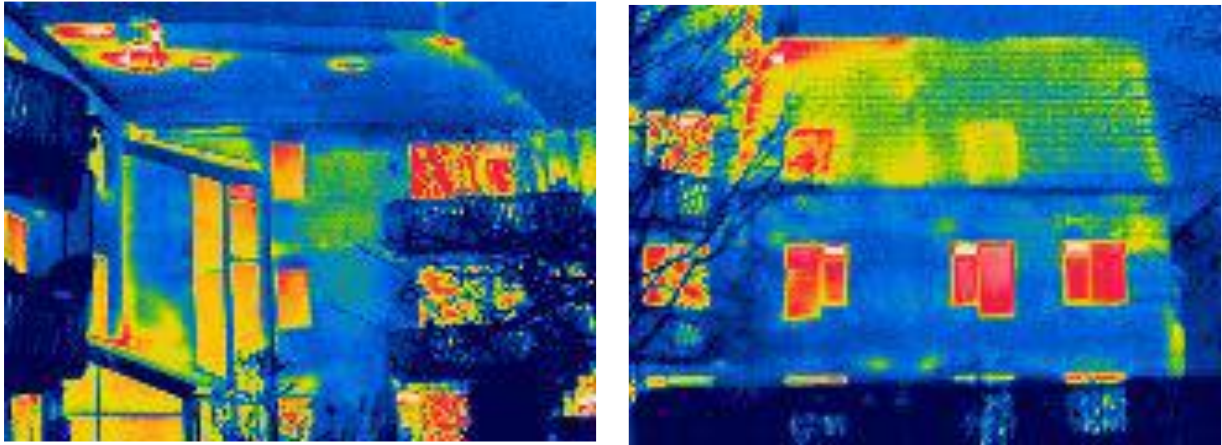
2.2 Bouwtechnische kenmerken

De woningen zijn voorzien van een geïsoleerde spouwmuur met een warmteweerstand (Rc) van 2,5. Er is een thermografisch onderzoek uitgevoerd naar de isolatie van de gebouwen en geconstateerd dat een gevel slecht geïsoleerd zou zijn (lit. 3), mogelijk veroorzaakt door optrekkende warme lucht door het isolatiemateriaal (zie afbeelding 2). Bijna zeker is deze interpretatie van de Infrarood-meting niet juist en ligt de oorzaak op het feit dat op dit uur van de dag de gevel beschenen werd door de zon waardoor de temperatuur daar hoger is. Over het algemeen lijkt de isolatie goed en is de opwarming door de morgenzon waarschijnlijk ook een reden dat een aantal dakvlakken ook slecht geïsoleerd lijken. De gevels hebben een isolatiewaarde van Rc=2,55 m.K/W (6 cm glas/steenwol), de daken van Rc=2,3 m².K/W (dakplaat met pur en gipsplafond) en de BG-vloeren van Rc=2,15 m².K/W [Lit. 4].



Afbeelding 2: Slechte isolatie van de gevel van cluster wonen-werken [Bameco 2018]?

Alle woningen hebben houten kozijnen met dubbel glas (U-waarde = 3) en een enkelglas klepraampje (U-waarde =6) voor ventilatielucht-toevoer. In een aantal ramen is het dubbel glas vervangen door HR en HR++-glas (U-waarde = 1,6). Bameco adviseert in hun rapport om het glas te vervangen door beter isolerend glas. De velux dakramen met dubbel glas zijn vervangen door veluxramen met HR++-glas. De lucht-afdichting rond deze veluxramen is slecht. Ook bij de dakdoorvoeren en aansluitingen op de gevel zijn in het thermografisch onderzoek warmtelekken geconstateerd, waarschijnlijk luchtlekken (zie afbeelding3).



Afbeelding 3: Vermoedelijke luchtlekken langs dakdoorvoeren (cluster Jasmijn) en aansluiting dakpanelen op de gevel (cluster De Bron)[Bameco 2018].

In het dakonderzoek wordt aangegeven dat de algehele staat van de pannendaken als matig tot redelijk is te omschrijven. Vernieuwing is pas nodig over enkele jaren.

2.3 Klachten met betrekking tot comfort

Met externe ondersteuning door Hans de Heus (Bouwkundige Calculatie Diensten) zette het BOZ in 2024 een enquête op naar het draagvlak voor maatregelen en naar nog bestaande vragen op [lit. 5] m.b.t. de volgende zes aspecten:

- 1) Begane grondvloeren isoleren aan de onderkant
- 2) Ramen vervangen door meerlaags glas (HR++ bijvoorbeeld)
- 3) Naad- en kierdichting verbeteren
- 4) Daken isoleren en waar nodig verstevigen
- 5) Airco's voor de woningen op de bovenste verdieping
- 6) Zonnepanelen aanbrengen waar mogelijk

Alhoewel deze enquête een goed algemeen beeld geeft van de wensen, is het niet de taak van dit onderzoek om op basis van deze wensenlijst een advies te geven. Dit onderzoek tracht een advies te geven om de klachten bij de individuele woningen te verminderen en het energieverbruik terug te brengen door het nemen van bouwkundige, installatietechnische en gedragsmaatregelen. De te verwachten consequenties van de maatregelen zullen in dit onderzoek berekend en in beeld gebracht worden. In combinatie met een globale kostenindicatie, te maken in overleg met Hans de Heus (Bouwkundige Calculatie Diensten), zal de werkgroep BOZ voorstellen aan de ALV van VWM kunnen doen voor keuzes wat betreft de te nemen maatregelen en het plan van aanpak. De in de enquête genoemde maatregelen zullen wel onderdeel van dit onderzoek zijn.

Als beginpunt voor dit onderzoek is daarom de lijst met probleemwoningen gebruikt die afgeleid is uit de enquêteresultaten [bijlage 1]. Een aantal probleemwoningen met veel voorkomende problemen zijn bezocht. Ruimtes in die woningen, stookruimtes en enkele clusterruimtes zijn geïnventariseerd en besproken met de gebruikers om mogelijke oorzaken van energetisch discomfort te constateren. In bijlage 2 is een kort verslag van deze inventarisatie te vinden. De belangrijkste klachten waren:

- Koude(val) en koude tocht vanaf de gevel
- Niet warm krijgen van de ruimte of lang moeten wachten voor voldoende warmte
- Vocht en schimmelvorming
- Te warm in de zomer, met name de appartementen direct onder het dak

3 Mogelijke oplossingen voor comfortproblemen

3.1 Bewonersgedrag

Bij de bezoeken van de woningen zijn reeds adviezen gegeven aan de bewoners (bijlage 2). Een klein deel van de oplossingen van comfortproblemen kan ook gerealiseerd worden door bewonersgedrag. Een algemene ervaring is dat veel van de bewoners een milieuvriendelijk gedrag vertonen, in die zin dat de kamerthermostaat niet te hoog wordt ingesteld (vaak onder de 20 graden) en deze gedurende de nacht en/of afwezigheid, helemaal laag wordt gezet. Weliswaar leidt dit gedrag tot energiebesparing, echter kan het ook leiden tot lange wachttijd voordat het behaaglijk warm is, vocht- en schimmelvorming doordat de massa (wanden en vloeren) flink afgekoeld kunnen zijn en zich daar condens kan vormen. Met name buitengevels bij koudebruggen zoals de aansluiting van de begane-grondvloer op de buitengevel hebben hier het meeste last van. Om dit probleem te minimaliseren is het beter om de thermostaat-temperatuur niet meer dan 2 a 3 graden te verlagen in de nacht.

Om vochtafzetting verder te voorkomen dient er ook voldoende verse luchttoevoer te zijn. Dit kan geregeld worden door het open en dichtzetten van het klepraampje. Het klepraampje wordt niet altijd opengezet vanwege het gevoel van koude tocht waardoor er te weinig ventilatie plaatsvindt en in sommige woningen vochtige lucht uit openingen van de begane grondvloer wordt aangezogen. Dit is in een eengezinswoning van cluster Aquilino geconstateerd en de hal van De Bron, waar vanuit doorvoeren in de meterkast, vochtige lucht in de woonkamer binnen komt. Dit is een bouwkundig gebrek dat z.s.m. verholpen moet worden omdat met deze lucht ook radongas binnen kan treden, wat niet gezond is..

3.2 Koudeval vanaf de buitengevel

Het ventilatieraampje wordt niet alleen dichtgezet vanwege koude trek, soms ook vanwege geluid van buiten. Daarom kan de ventilatie via het raampje beter gerealiseerd worden via zelfregulerende toevoerroosters in de ramen (die afhankelijk van de winddruk op de gevel regelen) al dan niet uitgevoerd als suskast (met geluiddempers). De ramen in de verblijfs-ruimtes bestaan bijna allemaal uit een groot vast raam, een draaiend deel en een ventilatieraampje. Gezien de sponning van het vaste deel en het ventilatieraampje kan in de kozijnen waarschijnlijk triple-glas geplaatst worden met een U-waarde van 0,8 W/m²K. De plaatsing van een ventilatierooster kan gepaard gaan met een beter isolerend glastype omdat er dan toch nieuw glas geplaatst moet worden. Dit geldt dus voor het grote vast raam van het kozijn. In het draaiende deel waarschijnlijk is de sponning waarschijnlijk te klein voor triple-glas, echter wel geschikt voor HR++-glas met een U-waarde van 1,2 W/m²K. Door het verbeteren van de isolatiewaarde van het glas, zal de koudeval aan de gevel verminderen en zal er ca. 10% minder zonnewarmte binnenkomen. De dakramen zijn een aantal jaren geleden al vernieuwd en voorzien van HR++-glas en ventilatieklep.

Het bestaande dubbelglas levert in het stookseizoen vaak condensatie aan de binnenzijde van het glas. Het vocht druipt af of de binnenzijde van het kozijn waardoor op plaatsen het hout aan de binnenzijde bij de sponning aan het rotten is. Bij HR++-glas en triple-glas kan gedurende de nacht en morgen condensatie aan de buitenzijde van het glas ontstaan omdat deze door de goede isolatie veel kouder is. De buitenkozijnen zijn echter veel beter bestand

tegen vocht (en regen). Men zou kunnen denken om geheel nieuwe kunststof kozijnen te plaatsen maar daar is weinig interesse voor. De houten kozijnen zijn op een aantal plaatsen aangetast maar kunnen ook gerepareerd worden. Het is aan te bevelen om dit te doen tijdens het vervangen van het glas en ventilatievoorziening omdat men dan beter bij de aangetaste plaatsen kan komen.

3.3 Isolatie van de buitenschil

De isolatie van de ramen kan verbeterd worden wat dus een direct effect heeft op het comfort en energieverbruik (zie berekeningen in hoofdstuk 5 en 6). De isolatie van de gevels, daken en begane-grondvloeren is nog niet gelijk aan die van nieuwbouw maar zeker niet slecht te noemen; hoger dan de nieuwbouw-eisen in de tijd dat het gebouw werd (1989).

De gevels zouden slechts aan de binnenzijde geïsoleerd kunnen worden maar dan zouden daar veel aanpassingen gedaan moeten worden, zoals elektriciteit dozen verplaatsen, plinten vernieuwen en vloerbekleding/gordijnen aanpassen e.d.. Binnen-aansluiting op kozijnen is slechts beperkt te isoleren en de energiebesparing zal gezien de goede isolatie, beperkt zijn en bovendien zal de massa van het gebouw verminderen; geen advies dus.

De daken zijn ook redelijk goed geïsoleerd maar zullen door een betere isolatie naast een lager energieverbruik in het stookseizoen, in de zomer leiden tot een hogere temperatuur van de ruimtes onder het dak, met name de zuidgeoriënteerde daken zullen gedurende een zonnige dag veel warmte accumuleren in de betonnen dakpannen waardoor er de temperatuur aan de buitenkant van de isolatie hoger is, ook gedurende de nacht. Hierdoor zal de ruimte minder snel afkoelen in de nacht. PV-panelen op het dak, kunnen deze opwarming enigszins verminderen.

Isolatie aan de buitenzijde van het dak levert bij de aansluitingen op de dakramen, goten, boeiboorden en gevels aanpassingen op omdat het dakpakket dikker wordt, wat het werk extra kostbaar maken. Bovendien kunnen de nieuwe loodslabben bij aansluitingen bij opgaande gevels niet meer tot het binnenspouwblad door gelegd worden, waardoor de vochtwering slechter wordt, tenzij er hier voor andere oplossing (dure) oplossingen gekozen wordt. Isolatie aan de binnenzijde lijkt hier dan een betere en kosten effectievere oplossing. Bij deze oplossing kunnen dan direct de problemen van de kieren en naden van de dakplaten aangepakt worden en eventueel integraal plafond-verwarming/koeling aangebracht worden.

De begane grondvloeren hebben een betere isolatiewaarde doordat de kruipruimte of onverwarmde ruimtes eronder (zoals garages) ook bijdragen aan de isolatiewaarde van deze vloeren. De plafonds van de onderliggende garages zijn bovendien aan de onderzijde voorzien van houtwolcementplaten voor akoestiek, brandwerendheid en leveren extra isolatie. Een dikker isolatie pakket zou bovendien de vrije hoogte van de ruimte verminderen. Het effect op het energieverbruik is in hoofdstuk 5 berekend. De eerder genoemde koudebruggen bij de fundering en overstekken van de garage zijn beperkt en slechts met ingrijpende maatregelen te verminderen. Mede vanwege het feit dat dit slechts een zeer beperkt effect heeft op het energieverbruik, wordt deze maatregel ook niet aanbevolen.

3.4 Temperatuur-overschrijdingen in de zomer

Het effect van isolatie van de daken op temperatuur-overschrijdingen in de zomer is dat de temperatuur binnen hoger wordt en er langere tijd temperatuuroverschrijdingen zijn. Door 's nachts ramen te openen en de woning te laten doorwaaien kan de massa van het gebouw (vloeren en wanden) afkoelen, om vervolgens gedurende de dag weer op te warmen (nachtkoeling). Ook zonwering voor de ramen kan helpen om de temperatuur overschrijding terug te brengen. Een ventilator zorgt ervoor dat de lucht lang de huid blaast, waardoor de warmte van het lichaam sneller wordt afgevoerd wat koeler aanvoelt. De temperatuur daalt hier echter niet van. Mochten deze maatregelen onvoldoende zijn dan kan nog actief gekoeld worden, zoals bijvoorbeeld koeling met airconditioning.

4 Uitgangspunten en aannames voor de simulatie-berekeningen

4.1 Wat wordt gesimuleerd en welke ruimtes

Om een beeld te krijgen van de effecten van mogelijke energetische maatregelen zijn een aantal “probleemwoningen” ingevoerd in een simulatiemodel dat een indicatie geeft van de temperatuur-ontwikkeling in de zomer en in de warmte- en koelvraag gedurende het hele jaar (zie bijlage 3 en 4). Omdat het bewonersgedrag moeilijk in te schatten is vanwege het diverse gedrag, is hiervoor een inschatting gemaakt op basis van een gemiddeld gedrag. Dit betreft het ventilatie/infiltratie-verlies en de zogenaamde interne warmtebronnen (warmte-afgifte van verlichting, personen, apparaten en dergelijke). Het zijn de woonkamers met eventuele open keukens die gesimuleerd zijn.

Om te kijken of de aanwezige radiatoren voldoende capaciteit hebben en welke cv-water-temperaturen nodig zijn om de ruimte voldoende warm te krijgen, zijn er ook zogenaamde transmissie berekeningen uitgevoerd voor de betreffende ruimtes om te bepalen of de ruimtes in de toekomst met lage temperaturen verwarmd kunnen worden (tot 60 graden CV-temperatuur) zodat in de toekomst overgegaan zou kunnen worden op verwarmen (en eventueel koelen) met een warmtepomp.

Een aantal woningen met problemen die karakteristiek zijn in het project zijn berekeningen gemaakt en een aantal zijn bezocht. Het betreft de volgende woningen:

- 1 Doplerdomein 6-C (woning direct onder het dak). Deze etagewoning heeft in de zomer hoge binnentemperaturen zoals meer woningen met ruimtes onder het dak. De woonkamer met open keuken direct onder het dak, wordt gesimuleerd.
- 2 Itersondomein 8 (eengezins rijtjeswoning). Deze tussenwoning krijgt de woonkamer in het stookseizoen niet goed warm en kamers op de etage onder het dak zijn te warm in de zomer. De woonkamer op de begane grond wordt gesimuleerd.
- 3 Randwycksingel 11-C (etagewoning met slaapkamers onder dak en daaronder woonruimte) De woonkamer ligt op de 2^e etage en daarboven slaap/werkkamers.
- 4 Randwycksingel 15-b (etagewoning met slaapkamers onder dak en daaronder woonruimte) Deze etagewoning boven andere woning heeft in de woonkamer met open keuken in het stookseizoen last van koude tocht en in de zomer is het in alle ruimtes te warm.
- 5 Randwycksingel 15-a (etagewoning op de begane grond) Deze etagewoning boven een kruipruimte heeft in de woonkamer met open keuken wordt in het stookseizoen onvoldoende snel warm.

4.2 Uitgangspunten voor de berekeningen

Voor de simulaties worden 2 typen berekeningen gebruikt, namelijk:

- Een energieverbruiksberekening die het energieverbruik voor ruimteverwarming en koeling berekent en tevens een indicatie geeft van de temperatuur-overschrijding in de zomer.
- Een transmissieberekening geeft aan welk vermogen er nodig is om de ruimte te kunnen verwarmen als het buiten minus 10° C is. Dit bepaalt de capaciteit van de radiatoren.

De berekeningen zijn gebaseerd op een energiebalans met transmissieverliezen door wanden, dak, vloer en ramen en ventilatieverliezen door mechanische ventilatie en infiltratie via ramen en kieren. Bij de transmissieberekening wordt er berekend hoeveel deze verliezen zijn bij 21 graden binnentemperatuur en minus 10 graden buitentemperatuur en er geen interne warmtebronnen of zonnijdrages via de ramen zijn.

Bij een energieberekening worden de zonnijdrages via ramen en interne warmtebronnen wel meegenomen en wordt het verbruik over een heel jaar berekend. Als we de bijdrages van de zon en de interne warmtebronnen aftrekken van de transmissie- en ventilatieverliezen, bij de gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur (voor Maastricht) en de gemiddelde ruimtetemperatuur (19 graden Celsius) berekenen we wat er jaarlijks bijgestookt moet worden met de gasketel en eventueel gekoeld moet worden. Tevens wordt de gemiddelde temperatuur zonder verwarming berekend wat een indicatie geeft van de mate van oververhitting in de zomer.

Verder is uit de energieverbruiksberekening de eenvoudige terugverdientijd bepaald op basis van de huidige gasprijs (1,40 Euro per m³ gas) en een gemiddelde binnentemperatuur in het stookseizoen in de woonkamer van 19 graden Celsius. In de andere ruimtes (zoals slaapkamers e.d.) zijn deze gemiddelde binnentemperaturen lager, zodat de eenvoudige terugverdientijd ook langer is. De eenvoudige terugverdientijd is de investering van de maatregel gedeeld door het gasverbruik tegen de huidige aardgasprijs.

4.3 Aandachtspunten bij de transmissieberekeningen

Bij de bepaling van de dimensies van de radiatoren is er bij de bouw van uit gegaan dat er in een situatie dat het buiten minus 10 graden is, alleen de woonkamer en badkamer een temperatuur van 21 graden moeten halen en de overige ruimtes (slaapkamers) 18 graden. Op dit moment worden een aantal slaapkamers anders gebruikt (bijvoorbeeld als werkkamer) waardoor hier hogere binnentemperaturen wenselijk zijn. Voor de transmissieberekeningen is echter alleen gekeken naar woonruimtes waar 21 graden gehaald moet worden bij minus 10 buitentemperatuur.

Er is verder van uit gegaan dat deze binnentemperatuur gehaald wordt als de aanliggende ruimtes ook tot de wenselijke temperatuur verwarmd worden, dus slaapkamers op 18 graden en aanliggende woonkamers op 21 graden. In de praktijk worden de slaapkamers echter zelden verwarmd en kunnen woningen onder, boven of naast de betreffende ruimte niet of minder verwarmd zijn omdat de bewoners niet aanwezig zijn. Om die reden kan het wenselijk zijn dat er meer verwarmende capaciteit nodig is.

Misschien wel om de hiervoor genoemde redenen zijn er een aantal nieuwe radiatoren geplaatst met meer warmte-afgifte. Er is daarom zowel een transmissieberekeningen gemaakt met beperkt verwarmde aanliggende ruimtes als ook met warmere ruimtes.

5 Effecten van maatregelen op etage woning onder dak

5.1 Simulatie etagewoning onder het dak: Doplerdomein 8-C

Deze etagewoning direct onder het dak heeft in de zomer hoge binnentemperaturen. Er zijn simulaties gemaakt voor de woonkamer met open keuken direct onder het dak (bijlage 3). Als eerste is de huidige situatie ingevoerd met een ventilatie en infiltratie van 75 m³ per uur. De interne bronnen (warmteafgifte door personen, verlichting apparatuur) is laag en gesteld op 4 kWh/dag omdat de woning bewoond wordt door 1 persoon. De massa in de woning is beperkt vanwege het geïsoleerde dak als plafond. Dit appartement staat model voor alle andere appartementen onder het dak in het project voor wat betreft de problematiek, evenals de mogelijke maatregelen en effecten ervan.

5.2 Verwarming van de ruimte

Wat betreft verwarming zien we dat het grootste deel verloren gaat via ventilatie en infiltratie, niet door de isolatie van het dak, gevel en ramen. De Velux dakramen zijn een aantal jaren geleden vernieuwd en zijn voorzien van HR++-glas, best goed geïsoleerd dus en geen reden om hier iets te vernieuwen. Een variant voor verbetering van de ramen is daarom niet berekend. Er is een klein houten kozijn bij de keuken met gewoon dubbel glas wat eventueel voorzien kan worden van HR++- of triple glas maar weinig effect zal hebben op de warmte- of koelvraag.

Het blijkt dat het grootste deel van de warmte in het stookseizoen verdwijnt via ventilatie/infiltratie, een belangrijke reden om hier aandacht aan te schenken door kieren en naden te dichten langs aansluitingen van de dakisolatie-panelen en de velux dakramen. Met de standen van de afzuig-ventilator kan het debiet beter afgesteld worden op de behoefte. De ventilatie-unit is een aantal jaren geleden vernieuwd en vervangen door een energiezuinige gelijkstroom-ventilator die minder elektriciteit gebruikt. Te adviseren is om het debiet goed af te stellen voor de verschillende standen.

5.3 Ventileren en isoleren van de ruimte

De berekeningen laten zien dat de woonkamer/keuken vanaf mei al snel op temperatuur komt en behoefte is aan koeling. Door meer te ventileren (met meer debiet via de ventilator (actief) of ramen te openen, kan in mei en september nog koeling voorkomen worden en in de overige maanden de koelbehoefte beperkt worden. 's Nachts de ramen openen en overdag dichthouden als het buiten warm is, is het meest effectief. Gezien het feit dat de ramen op het dak liggen is er zo goed als geen gevaar voor inbraak, wat wel het geval kan zijn voor woningen op de lagere etages. Het voorkomen van insecten kan met een insectengaas aan de binnenzijde dat dan tevens werkt als (beperkte) zonwering.

Deze woning staat voornamelijk in contact met buiten door het dakoppervlak. Door het dak te isoleren kan de warmtevraag in het stookseizoen gereduceerd worden. De huidige isolatienorm voor nieuwbouw is $R_c = 6$. Dit betekent meer dan een verdubbeling van het huidige isolatiepakket. Dus minstens 10 cm extra isolatiemateriaal op of onder het huidige pakket. Dit zorgt ervoor dat de temperatuur in het zomerseizoen weer verder oploopt en de koelvraag met circa 7% toeneemt.

Als er geïsoleerd gaat worden heeft dit de voorkeur om dat te doen aan de binnenzijden van het dak met dampdichte afsluiting aan de binnenzijde. Tegelijkertijd kunnen dan de kieren en naden worden dichtgezet. Isoleren aan de binnenzijde is aanzienlijk goedkoper en er zijn geen stijgers nodig. Bovendien hoeven er geen dure aansluitingen bij de goten en opgaande gevels (loodslabben) gemaakt te worden. Ook hoeven zonnecollectoren, dakdoorvoeren en dakpannen niet gedemonteerd en weer gemonteerd te worden. Als dakpannen vernieuwd worden, de laatst genoemde maatregelen geen meerkosten voor als het isoleren gelijktijdig gedaan wordt met het vernieuwen van de dakpannen.

Isolatie van het dak brengt de warmtevraag met 23% terug. Dat is per jaar nog ca. 1,5 m³ aardgas besparing per m² dakoppervlak. Bij de huidige gasprijs is dat ca. 2 Euro per m² dakoppervlak per jaar. De kosten voor isolatie aan de binnenzijde zijn ca. 60 Euro per m² wat leidt tot een eenvoudige terugverdientijd van 30 jaar. Voor de kosten van isolatie aan de buitenzijde moet men rekenen op 125 Euro per m² en een terugverdientijd van 62 jaar. De terugverdientijd voor de andere ruimtes, waar de gemiddelde binnentemperatuur (dag en nacht gemiddeld) lager is dan 19 graden Celsius, zal de terugverdientijd langer zijn.

5.4 Benodigde capaciteit voor verwarming

Een volgende berekening is uitgevoerd om de verliezen van de woonkamer/keuken te bepalen en zodoende de capaciteit van de radiatoren te bepalen (bijlage 3.3). Er moet opgemerkt worden dat bij de dimensionering van de radiatoren bij de bouw rekening gehouden is dat aanliggende ruimtes ook verwarmd worden tot 18 graden, zodat bij een buitentemperatuur van minus 10 graden, een temperatuur van 21 graden bereikt kan worden in de woonkamer/keuken. In de slaapkamers gaat men er van uit dat hier een temperatuur van 18 graden gehaald wordt. Ook wordt er van uit gegaan dat in de naast-boven of onderliggende woning minimaal een temperatuur van 18 graden Celsius heerst. In de praktijk worden de radiatoren in de slaapkamers niet aan gezet en soms zijn bewoners niet aanwezig of staat de verwarming veel lager waardoor er veel warmte door de binnenwanden verloren gaat en de radiatoren in de woonkamer te weinig capaciteit hebben.

Voor de woonkamer/keuken van het appartement is een berekening gemaakt dat volgens de aanname dat alle aanliggende ruimtes een temperatuur van 18 graden hebben en de ruimte zelf 21 graden moet halen bij een buitentemperatuur van minus 10 graden Celsius. De benodigde capaciteit van de radiatoren is dan 2.953 Watt:

Benodigd vermogen voor verwarmen van de ruimte is:	2.953	W
Transmissieverliezen direct naar buiten:	726	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	578	W
Ventilatieverliezen	989	W
Opwarmtoeslag:	660	W

Er is te zien dat er bijna net zoveel warmte naar naast en onderliggende ruimtes gaat dan er verdwijnt door het dak en de ramen. Indien we er van uitgaan dat aanliggende ruimtes niet of slechts beperkt verwarmd worden (stel 12 graden i.p.v. 18 graden bij minus 10 buitentemperatuur), dan verdwijnt er bijna 3 keer zoveel warmte via de binnenwanden en -vloeren dan via de buitenschil. De isolatie van het dak is dan ook niet bepalend voor de

benodigde capaciteit. De totaal benodigde capaciteit van de radiatoren zal dan 4.360 Watt moeten zijn. 12 graden in de aanliggende ruimtes is misschien extreem maar zou kunnen voorkomen. 15 graden in de aanliggende ruimtes zal zeker wel eens voorkomen in de winter en lijkt een goede temperatuur voor de bepaling van de capaciteit voor de radiatoren (zie bijlage 3.3). De benodigde capaciteit van de radiatoren is dan 3.655 Watt:

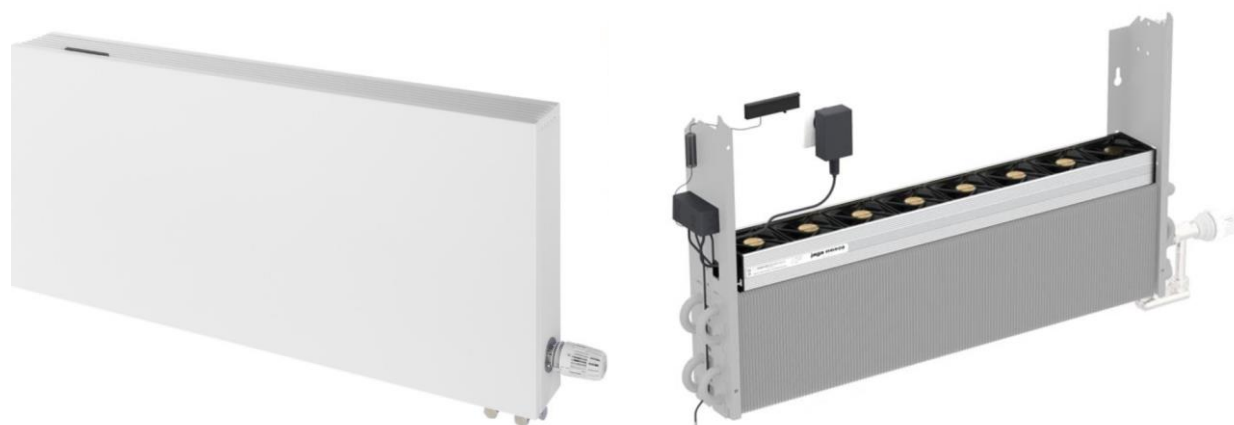
Benodigd vermogen voor verwarmen van de ruimte is:	3.655	W
Transmissieverliezen direct naar buiten:	726	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	1.280	W
Ventilatieverliezen	989	W
Opwarmtoeslag:	660	W

5.5 Benodigde temperatuur CV-water

De capaciteit van de radiatoren hangt af van de grootte van de radiatoren zelf en de temperatuur van het water dat er in en uit gaat. De aanwezige radiatoren zijn opgemeten en de capaciteit is bepaald bij verschillende watertemperaturen in het systeem. De radiatoren die er hangen hebben de volgende afmetingen en hebben bij de volgende CV-watertemperaturen een capaciteit van:

Dd 9-A	Bestaande radiatoren Dd 6-C				Jaga Hybrid 16	
Radiatoren	90/70	70/55	55/45	40/35	45/40	17/19
200 x 50 2.2	3.590	2.246	1.410	677	2.495	738
75 x 90 2.1	1.670	1.005	661	316	914	271
Samen	5.260	3.251	2.071	993	3.409	1.009

We zien dat er in de situatie met 15 graden in aanliggende ruimtes, in de radiatoren minimaal een watertemperatuur van 70 graden gehaald moet worden bij minus 10 graden buitentemperatuur. Deze temperatuur kan niet met een warmtepomp gehaald worden waardoor er dan radiatoren bijgeplaatst of andere radiatoren geplaatst moeten worden. Naast de huidige radiatoren zien we in bovenstaand schema radiator-convectoren van het merk Jaga Strada Hybrid 16 met dezelfde afmetingen staan. Deze convector radiatoren hebben kleine energiezuinige ventilatortjes ingebouwd waardoor de warmte-afgifte groter is en met lagere temperaturen verwarmd kan worden.



Afbeelding 4: Jaga Strada hybrid ventilator convector [Bron: www.jaga.nl]

Deze radiatorconvectoren halen met 45 graden watertemperatuur hetzelfde vermogen als de bestaande radiatoren bij 70 graden. Bovendien werken ze sneller en is er tevens met relatief hoge temperaturen zeer energie-efficiënt (beperkt) te koelen. De combinatie met een warmtepomp als warmtebron levert een zeer energie efficiënte combinatie op.

Voor de kosten van een dergelijke radiator met die capaciteit inclusief installatie, moet men aan 2.000 tot 3.000 Euro denken. Om de capaciteit te verhogen en beperkte koeling te realiseren kan men ook kleine ventilatoren onder bestaande radiatoren plaatsen. Deze zijn zelf aan te brengen en verkrijgbaar tegen beperkte kosten; Kosten enkele honderden Euro's, doch zijn aanzienlijk minder effectief.

Als laatste is nog het effect van het isoleren van het dak op de capaciteit berekend. Door het dak te isoleren tot een Rc van 6 neemt de benodigde capaciteit af met 8%, van 3.655 Watt naar 3.366 Watt. Door het isoleren verbetert de opwarming van de ruimte of kan met een iets lagere temperatuur verwarmd worden, doch het effect is beperkt omdat de meeste warmte verdwijnt door transmissie door niet geïsoleerde constructie naar aanliggende ruimtes.

6. Effecten van maatregelen op andere woningen

6.1 Simulatie etage-woning boven begane-grondvloer: Randwycksingel 15-A

In deze etagewoning boven een kruipruimte wordt het in de woonkamer in het stookseizoen onvoldoende (snel) warm. Er zijn simulaties gemaakt voor de woonkamer direct boven de kruipruimte (bijlage 4). Als eerste is de huidige situatie ingevoerd met een ventilatie en infiltratie van 75 m³ per uur. De interne bronnen (warmte-afgifte door personen, verlichting apparatuur) is laag en gesteld op 5 kWh/dag omdat de woning bewoond wordt door 1 persoon. De massa in de woning is zwaar vanwege de betonnen vloer en plafond. Dit appartement staat model voor alle andere appartementen op de begane grond boven een kruipruimte of onverwarmde garage voor wat betreft de problematiek van het niet voldoende warm krijgen. Voor deze woning is er gekeken wat het effect is van het beter isoleren van de vloer en het plaatsen van beter isolerend glas. Ook het effect van het plaatsen van beter isolerend glas is nagenoeg gelijk voor alle andere woningen niet liggend onder het dak.

Wat betreft verwarming zien we dat de transmissieverliezen hier het grootste deel van de warmteverliezen bepalen. Deze ruimte heeft relatief veel buitenoppervlak (inclusief de bg-vloer, voor- achter- en zijgevel) t.o.v de dakwoning Dd 9-C (vorige berekening). De periode dat er koeling nodig is, is minder dan bij de dakwoning Dd 9-C. Eveneens is de temperatuur in de zomer lager. De koelbehoefte is echter wel groter. Verviervoudigen van de ventilatie (300m³/uur) door het openen van ramen kan de koelvraag met 20% verminderen en brengt de koelperiode terug naar juli en augustus met beperkte temperatuur-overschrijdingen waardoor het met goed ventileren zonder actieve koeling, in de zomer nog redelijk behaaglijk kan zijn in de woonkamer.

Het beter isoleren van de begane-grondvloer van een $R_c = 2,4$ naar $3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (de huidige nieuwbouw-eis) zorgt er voor dat de koelperiode en koelvraag iets toeneemt (4%) en de warmtevraag met 12% daalt. De besparing is ca. 1 m³ aardgas per jaar per m² vloer. De kosten voor dit isoleren van de begane grondvloer zal ca. 90 Euro /m² zijn waardoor de eenvoudige terugverdientijd ca. 65 jaar is. Ook hier geldt dat de terugverdientijd langer is voor boven de begane grondvloer waar de gemiddelde binnentemperatuur (dag en nacht) lager is dan 19 graden Celsius.

Het glas in de kozijnen is allemaal dubbel glas, behalve een ventilatieraampje uit enkel glas. Gezien de diepte van de sponning lijkt het mogelijk om de vaste delen te voorzien van triple glas en de draaiende delen te voorzien van HR++-glas. Het is te adviseren om dan tevens de ventilatietoever te verbeteren door een zelfregulerend ventilatierooster in het vaste deel van het raam. Het klepraampje kan dan vervangen worden door tripple glas.

Uit de berekeningen blijkt dat dit leidt tot minder transmissieverliezen door het raam en minder zon-instraling doordat het glas minder zonnewarmte doorlaat. Per saldo heeft dit in de zomer weinig effect op de temperatuur-overschrijdingen en neemt de koelvraag iets toe, namelijk met 3,5%. In het stookseizoen neemt de warmtevraag wel met ruim 12% af. De besparing is ca. 6 m³ aardgas/jaar per m² kozijn, inclusief nieuw ventilatierooster. Voor het vervangen van het glas door triple en HR++-glas, moet men gemiddeld rekenen op ca. 175 Euro/m². De terugverdientijd is 21 jaar bij de woonkamers, bij de overige kamers ook langer.

Ook voor deze woning is de benodigde capaciteit van de radiatoren voor de woonkamer bepaald. Als eerste is een berekening gemaakt volgens de aanname dat alle aanliggende ruimtes een temperatuur van 18 graden hebben en de ruimte zelf 21 graden moet halen bij een buitentemperatuur van minus 10 graden Celsius (zie bijlage 4.3). De benodigde capaciteit van de radiatoren is dan 3.271 Watt:

Benodigd vermogen voor verwarmen van de ruimte is:	3.271	W
Transmissieverliezen direct naar buiten:	1.295	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	529	W
Ventilatieverliezen	887	W
Opwarmtoeslag:	560	W

Indien we een temperatuur van 15 graden in de aanliggende ruimtes aanhouden, dan is de benodigde capaciteit van de radiatoren is dan 3.917 Watt:

Benodigd vermogen voor verwarmen van de ruimte is:	3.917	W
Transmissieverliezen direct naar buiten:	1.295	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	1.175	W
Ventilatieverliezen	887	W
Opwarmtoeslag:	560	W

De aanwezige radiatoren zijn opgemeten en de capaciteit is bepaald bij verschillende watertemperaturen in het systeem. De radiatoren die er hangen hebben de volgende afmetingen en hebben bij de volgende systeemtemperaturen een capaciteit van:

Rs 15-A	Bestaande radiatoren Rs 15-A				Jaga Hybrid 16	
Radiatoren	90/70	70/55	55/45	40/35	45/40	17/19
160 x 30 1.1	1.020	640	400	195	1.971	583
105 x 45 2.1	1.300	822	518	250	1.415	429
Samen	2.320	1.462	918	445	3.386	1.012

We zien dat er zowel in de situatie met 15 als 18 graden in aanliggende ruimtes, de capaciteit niet gehaald wordt, zelfs niet met een cv-water-temperatuur van 90 graden. De radiatoren zijn dus zwaar ondergedimensioneerd, dus het is niet zo vreemd dat de ruimte onvoldoende warm wordt. Door het plaatsen van Jaga Strada Hybrid 16 radiatoren kan met dezelfde afmetingen de capaciteit wel gehaald worden. Voor de kosten van beide convactor radiatoren moet men rekenen op ca. 3.500 Euro. Omdat deze woning op de begane grond ligt is een andere mogelijkheid om een airconditioning te plaatsen met een buitenunit. Deze kan in de zomer koelen en in de winter energie-efficiënt bijverwarmen. Bezwaar kan zijn dat er binnen beperkt geluid is van het rondblazen van lucht. Buiten zal een unit staan die buitenlucht rondblaast en geluid produceert. Het benodigd vermogen is ingeschat op 3 kilo Watt en de prijs zal rond de 2.000 Euro liggen, inclusief installeren. Deze oplossing is al op korte termijn te reduceren.

6.2 Simulatie eengezins tussen-woning: Itersondomein 8 en 10

Deze tussenwoningen krijgen de woonkamer in het stookseizoen niet goed warm en kamers op de etage onder het dak zijn te warm in de zomer. Voor de ruimtes onder het dak geldt hetzelfde als de eerder doorgerkende woonkamer onder het dak van het appartement Dd

6-C. Isoleren van het dak betekent dus in de zomer meer oververhitting in deze ruimtes en in het stookseizoen minder energieverbruik. Vanwege de gemiddeld lagere binnentemperatuur in de slaapkamers onder het dak, zal de aardgasbesparing daar lager zijn en de terugverdiensijd langer. Indien de dakisolatie aan de binnenzijde gecombineerd wordt met integrale wand/plafond-verwarming/koeling kan de oververhitting in de zomer vermindert worden.

Voor de woonkamers op de begane grond is berekend of de radiatoren voldoende capaciteit hebben. Als eerste is het benodigde vermogen berekend bij een temperatuur van 18 graden voor de aanliggende ruimtes en bij 15 graden voor de aanliggende ruimtes. De te bereiken temperatuur in de woonkamer is gesteld op 21 graden en de buitentemperatuur op minus 10 graden Celsius. Bij 18 graden in de aangrenzende ruimtes ligt het benodigd vermogen op 2.890 Watt en bij 15 graden binnentemperatuur van de aanliggende ruimtes op 3.429 Watt:

Benodigd vermogen voor verwarmen van ruimte is: 3.429 W

Transmissieverliezen direct naar buiten:	1.038	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	989	W
Ventilatieverliezen	802	W
Opwarmtoeslag:	600	W

De woning Id-8 heeft nieuwe radiatoren gekregen die meer warmte afgeven terwijl de woning Id 14 nog de oude radiatoren heeft. Hieronder de te behalen vermogens van de radiatoren van beide woonkamers bij verschillende watertemperaturen van de CV:

Id-8	Bestaande radiatoren Id 8				Jaga Hybrid 16	
Radiatoren	90/70	70/55	55/45	40/35	45/40	17/19
160 x 40 3.3	3.436	2.174	1.369	669	2.495	738
60 x 95 2.2	1.903	1.215	773	38	541	186
Samen	5.339	3.389	2.142	707	3.036	924

We zien dat met de bestaande (nieuwe) radiatoren de capaciteit bijna gehaald wordt met een cv-watertemperatuur van 70/55 graden en lang niet meer met 55/45 graden. Bij de woning is een test gedaan waarbij de keteltemperatuur naar 50 graden is gezet. In die periode waarbij de buitentemperatuur verschillende malen onder het vriespunt is geweest, werd er onvoldoende warmte geleverd. Waarschijnlijk is in de bovenliggende slaapkamers de verwarming niet aan geweest. Hoe dan ook bevestigt dit de berekeningen dat met de huidige (nieuwe) radiatoren minstens een cv-watertemperatuur van 70 graden nodig is. Dit betekent dat met de huidige radiatoren niet met een warmtepomp verwarmd kan worden. Ook met betere isolatie zal het moeilijk worden om met een warmtepomp te verwarmen, zeker niet energie-efficiënt. Andere radiatoren (met convectors) zijn dan aan te raden.

Id-14	Bestaande radiatoren Id 14				Jaga Hybrid 16	
Radiatoren	90/70	70/55	55/45	40/35	45/40	17/19
160 x 30 2.2	1.941	1.240	788	391	2.495	738
45 x 95 2.1	1.168	741	468	230	541	186
Samen	3.109	1.981	1.256	621	3.036	924

Voor de woonkamer van Id 14 zien we op de tabel hiervoor dat deze woning pas met 90 graden keteltemperatuur voldoende vermogen heeft om de ruimte op temperatuur te krijgen in de koudste periode en zo zeker niet geschikt is voor een warmtepomp. Speciale radiatoren zoals de Jaga Hybrid 16 kan de situatie veranderen zodat er op lagere temperatuur met een warmtepomp verwarmd kan worden.

Voor beide woningen geldt overigens dat de aangrenzende ruimtes dan wel verwarmd moeten worden tot een temperatuur van 15 graden Celsius. Voor de woning Id-14 is een luchtlek naar de kruipruimte ontdekt waardoor vochtige lucht in de woonkamer komt. De openingen dienen gedicht te worden om de vochtige (radon houdende) lucht buiten te houden. Vochtige lucht opwarmen kost bovendien extra energie en verwarmingscapaciteit. Het is aan te bevelen om bij alle woningen boven de begane grondvloer te controleren op luchtlekken.

6.3 Simulatie clusterruimtes De Bron en L'Hirondelle

Deze clusterruimtes liggen op de begane grond en hebben beide het probleem dat ze in de zomer te warm worden (met name kluster L'Hirondelle) en in het stookseizoen zijn de ruimtes niet voldoende warm te krijgen. De ruimtes zijn bekeken (bijlage 2) en ook hier lijkt de capaciteit van de radiatoren te klein te zijn. Voor L'hirondelle zijn de radiatoren opgenomen en bepaald wat de warmte-afgifte is bij verschillende cv-watertemperaturen:

Clusterruimte	L'Hirondelle				Jaga Hybrid 16	
Radiatoren	90/70	70/55	55/45	40/35	45/40	17/19
75 x 30 2.2	849	542	345	171	541	186
180 x 30 2.2	2.183	1.395	887	440	1.699	583
Samen	3.032	1.937	1.232	611	2.240	769

Er is geen transmissieberekening gemaakt om de benodigde capaciteit van de radiatoren uit te rekenen omdat de tekeningen te weinig informatie gaven over isolatiewaarden en afmetingen. Er is wel te constateren dat er erg veel buitenoppervlak in glas is (min of meer op het zuiden wat leidt tot een hoge zonbelasting in de zomer en veel warmteverlies in het stookseizoen. Er is veel begane-grond-vloer-oppervlak en oppervlak naar aangrenzende ruimte. De binnenwanden naar het trappenhuis zijn deels uitgevoerd in enkelglas. Zonder te rekenen is er al te zeggen dat de radiatoren het zelfs bij de hoogste temperatuur van 90/70 graden niet warm kunnen krijgen. Ook de Jaga-ventilator-radiatoren zullen hier zowel voor koeling als verwarming te weinig vermogen hebben.

Mede vanwege de ligging op de begane grond wordt hier een airconditioner met buiten-unit als snelle en energiezuinige oplossing aangeraden voor aanvullende verwarming in de winter en koeling in de zomer. De precieze capaciteit van deze airco kan later bepaald worden aan de hand van een transmissieberekening. Een inschatting is dat er een vermogen van 3-4 kW nodig is. Reken hierbij op 2.000 Euro kosten.

Voor de clusterruimte van De Bron hebben we te maken met een soortgelijke situatie, zij het iets minder extreem en ook hier is een airconditioner met buiten-unit als aanvullende verwarming en koeling te adviseren.

7. Aardgasloos en elektrificatie van de energievoorziening

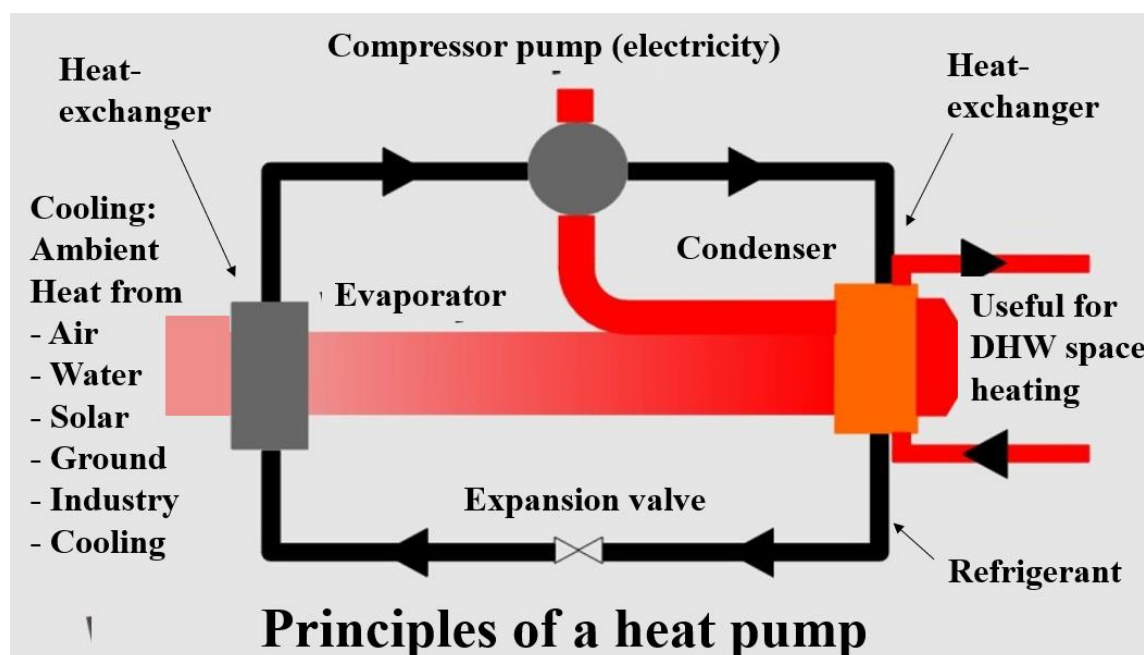
7.1 Low Temperature Ready

In de toekomst zal het hele project Vernieuwend wonen van het aardgas af moeten wat betekent dat overgestapt zal moeten worden van aardgas op elektriciteit. Daarvoor moeten investeringen gedaan worden door de vereniging VWM die uit de huur-inkomsten betaald moeten worden en compenseren niet altijd de energiekosten. In de onderhoudsbegroting dient hier rekening mee te worden gehouden. Dit onderzoek wil met een degelijke onderbouwing, bijdragen aan de energietransitie binnen VWM zodat de juiste keuzes kunnen worden gemaakt voor een betaalbare en duurzame transitie van aardgas naar duurzame elektriciteit.

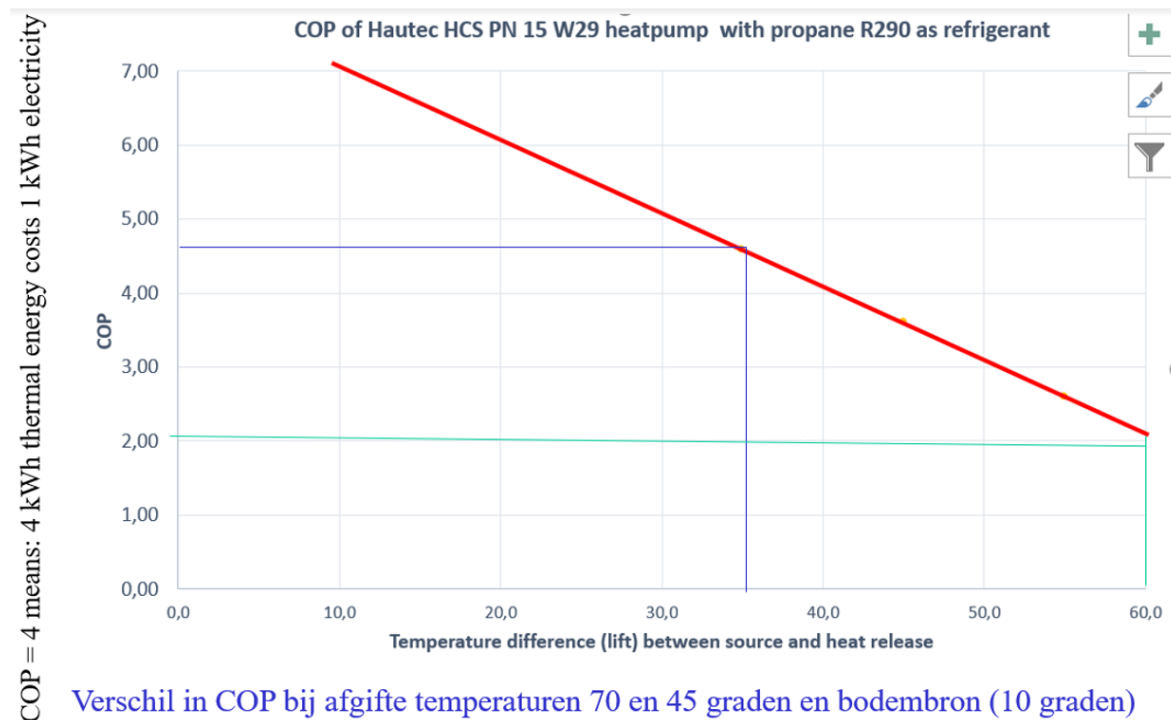
De overstap van aardgas naar “all-electric” betekent dat er gekookt moet worden op elektriciteit (inductie koken). Ook tapwater en ruimtes moeten verwarmd worden met elektriciteit. Het meest duurzaam kan dit met warmtepompen (liefs met propaan als koelmiddel). De huidige warmtepompen die in de woningbouw worden toegepast kunnen echter maximaal tot 70 graden verwarmen. Dit betekent dat de woning hierop voorbereid dient te zijn; low-temperature ready oftewel LT-Ready.

7.2 Principes voor een energie-efficient gebruik van de warmtepomp

Voor een warmtepomp geldt: Des te lager de temperatuur voor verwarming, des te lager het elektriciteit verbruik van de warmtepomp. Een warmtepomp onttrekt zijn warmte uit een bron zoals bijvoorbeeld de buitenlucht of de bodem. Een airconditioner is bijvoorbeeld een warmtepomp die zijn warmte uit de buitenlucht haalt als er binnen mee verwarmd wordt en andersom als er binnen gekoeld wordt. Als er met een warmtepomp verwarmd wordt, kan deze dit met weinig elektriciteit doen naarmate de temperatuur van de bron hoger is.



Om de warmtepomp zo efficiënt mogelijk te laten werken is het dus belangrijk dat de temperatuur van de geproduceerde warmte zo laag mogelijk. Tegelijkertijd werkt een warmtepomp ook met het hoogste rendement als de temperatuur van de bron zo hoog mogelijk is, doch niet meer dan 30 graden. Dus naarmate het temperatuurverschil tussen de bron en afgifte kleiner is, des te hoger is de efficiëntie (COP) van de warmtepomp (zie afbeelding). De “Coefficient Of Performance” (COP) geeft aan hoeveel kW warmte er geproduceerd kan worden met 1 kW elektriciteit.



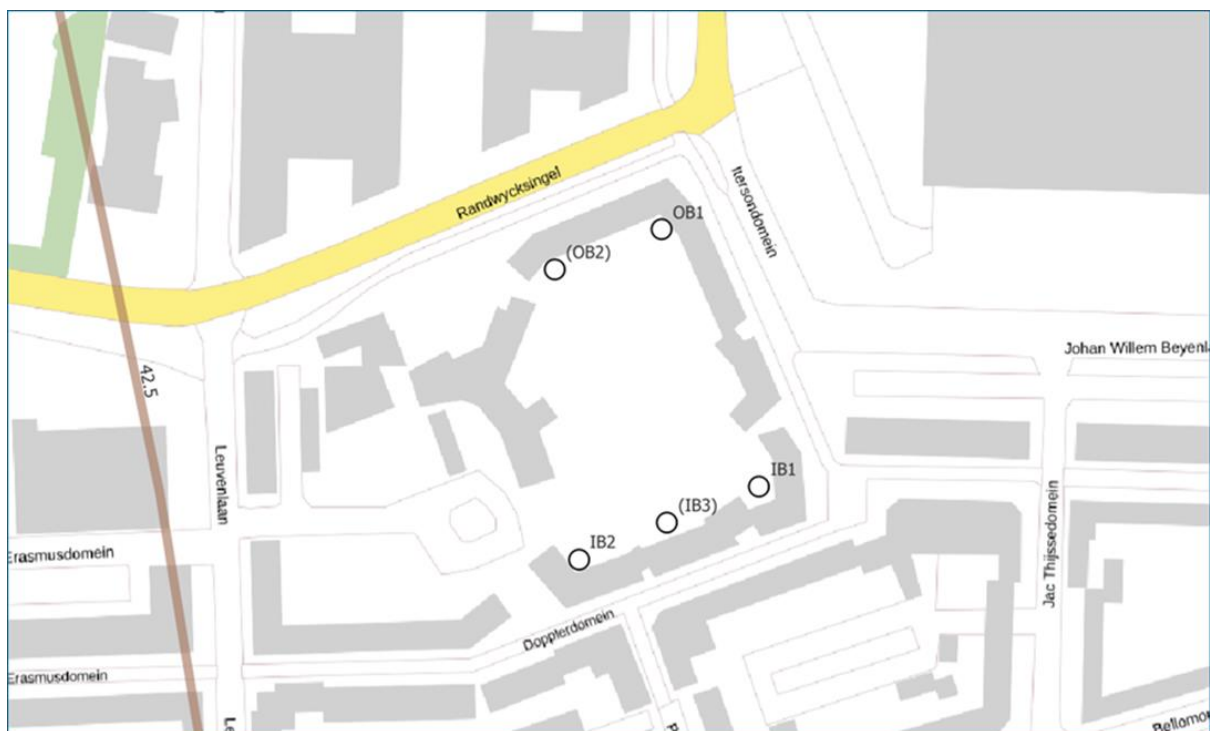
Naarmate het buiten kouder wordt, is er een hogere temperatuur voor de ruimteverwarming nodig en produceert de warmtepomp minder efficiënt warmte. Als de bron voor de warmtepomp de buitenlucht is, dan produceert de warmtepomp in de winter ook nog eens minder efficiënt warmte als het buiten kouder is. Het is daarom efficiënter om in de winter warmte voor ruimteverwarming uit de bodem te onttrekken (met een gemiddelde temperatuur van 10 graden Celsius) dan uit de buitenlucht. Een bodemwarmtepomp is weliswaar duurder dan een luchtwarmtepomp maar levert tegen ca. 20% minder elektriciteitsgebruik dezelfde warmte als een lucht-warmtepomp. Bovendien is er voor een luchtwarmtepomp een grote buiten-unit nodig (achter elk cluster) die grote hoeveelheden lucht langs de unit blaast. Dit maakt geluid en bovendien moet de unit ook inpasbaar zijn in de situatie. Zowel ruimtelijk als architectonisch.

7.3 De bodem (WKO) als bron voor de warmtepomp?

Als de warmtepomp in de winter warmte onttrekt uit de bodem, dan koelt deze bodem langzaam af. In de zomer kan die koude gebruikt worden om de gebouwen te koelen. De warmte van de zomer kan dan weer in de bodem geduwd worden om in de winter weer te gebruiken als bron voor de warmtepomp om energie-efficiënt te verwarmen. Deze seizoensopslag van warmte en koude (WKO) is een bijkomend voordeel van de bodem als

bron voor de warmtepomp. Bovendien is deze bron niet zichtbaar, wat niet gezegd kan worden van warmtepompen met buitenlucht als bron. Hiervoor moeten buiten-units geplaatst worden die met hun ventilatoren veel buitenlucht rondblazen.

Omdat voor de toekomst een collectieve bodembron voor warmtepompen voor Vernieuwend Wonen interessant kan zijn, is er een verkennend onderzoek (Quick Scan) uitgevoerd door Buro BodemEnergieSystemen (BES) naar de lokale mogelijkheden (zie bijlage 5). Een collectieve bodembron is relatief goedkoper dan dat elke woning zijn eigen bron heeft. De distributieleidingen van het bronwater zouden via de garages en kruipruimtes kunnen lopen en bij elk cluster kunnen worden afgetakt naar de stookruimte waar de warmtepomp dan geplaatst moet worden. Voor ieder cluster moet gekeken worden in hoeverre hier ruimte voor is of gemaakt kan worden in de stookruimte, indien voor dit systeem gekozen wordt. De warmte-afgifte (radiatoren) in de woningen moeten dan wel zodanig aangepast worden dat deze met lage temperaturen voldoende vermogen kunnen opwekken. Voor tapwaterverwarming moet dan een plan gemaakt worden.

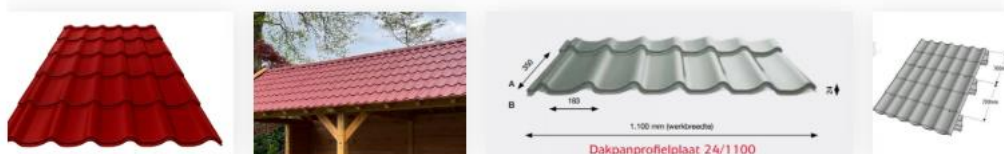


Een voorlopige inschatting van de investering is 14.000 Euro per woning, exclusief de kosten voor aangepaste radiatoren. De energiekosten zullen bij dit systeem halveren en er is (beperkt) koeling mogelijk wat een comfortverbetering is. Aangezien in het project de vraag naar gas voor verwarming per woning laag is, zal de besparing ook beperkt zijn. Bij een gemiddeld gasverbruik van 600 m³ per jaar per woning en een gasprijs van 1,40 Euro, Zal de besparing $600 \times 1,40 = 840 / 2 = 420$ Euro per jaar. De eenvoudige terugverdientijd is dan $14.000 / 420 = 33$ jaar. Een behoorlijke terugverdientijd maar wel een investering in de toekomst omdat we uiteindelijk toch van het gas af moeten. Bovendien is de verwachting dat de gasprijs in de toekomst meer zal gaan stijgen dan de elektriciteitsprijs, wat de terugverdientijd zal verminderen. De investering voor een luchtwarmtepomp zal op ca. 9.000 Euro per woning liggen.

7.4 Zon van het dak?

Op dit moment liggen er zonnecollectoren op het dak die het tapwater verwarmen. Men zou deze zonnecollectoren ook deel van warmtepompsysteem kunnen laten zijn door ze te gebruiken als bron voor de warmtepomp zodat de warmtepomp met een hogere efficiëntie kan draaien of de warmte van de zonnecollectoren in de bodem opgeslagen kan worden om later in de tijd weer door de warmtepomp gebruikt te kunnen worden. Dit is efficiënter gebruik van de zonnecollectoren dan deze alleen voor tapwaterverwarming te gebruiken. Dit systeem is een mogelijkheid en kan later verder uitgewerkt worden als er voor warmtepompen gekozen wordt.

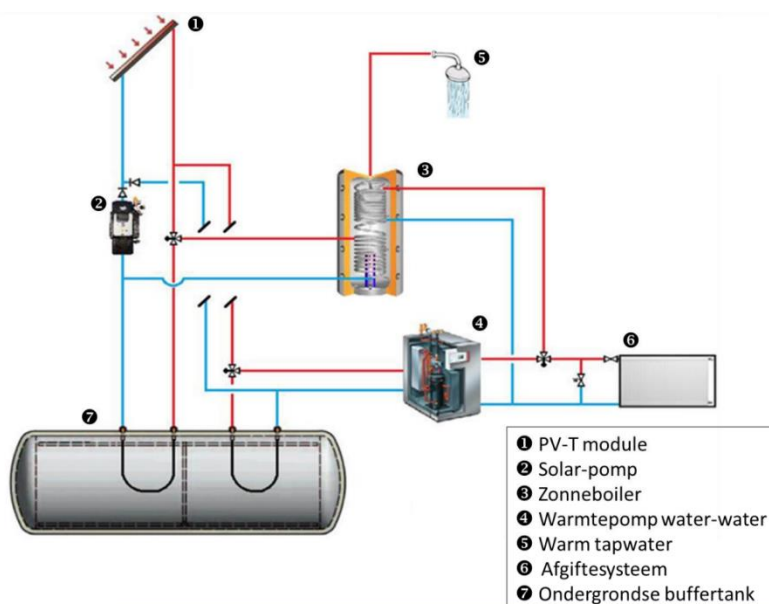
Ook kunnen er op de daken Photo-Voltaïsche panelen (PV) geplaatst worden zoals reeds bij cluster Mandala gebeurd is. Het onderzoek van Palte [lit. 2] geeft aan dat dakbalken niet zwaar genoeg gedimensioneerd zijn om nog extra PV-panelen te kunnen dragen. De balken zouden verzwaard kunnen worden of er zou gekozen kunnen worden voor een lichtere dakbedekking zoals stalen dakpan-platen (ca. 5 kg/m²) (eventueel al voorzien van isolatie aan de onderzijde) als de betonpannen vervangen moeten worden. Gezien de kwaliteit van de betonpannen zullen deze toch binnen enkele jaren vervangen moeten worden.



Afbeelding 5: Stalen dakplaten als lichte dakbedekking [bron: internet]

De kosten voor het plaatsen van PV-panelen inclusief inverter plaatsen en aansluiten worden ingeschat op 250 Euro per m². De opbrengst is afhankelijk van de oriëntatie van de panelen en is maximaal 200 kWh per m² per jaar. Indien men de elektriciteit zelf direct gebruikt, levert dit dan maximaal 60 Euro per m² per jaar op. In de meest gunstige situatie is de terugverdientijd dan 5 jaar. In de praktijk zal echter een deel worden teruggeleverd aan het net en is de oriëntatie niet altijd even gunstig. Bovendien is de terugleverprijs per kWh laag als er veel zon is en wordt binnenkort de salderingsregeling afgeschaft waardoor het teruglevertarief nog lager is en de eenvoudige terugverdientijd veel langer is.

Het is wel zaak om te kiezen voor een dakbedekking oplossing die beter in het beeld past van de antroposofische architectuur. Zo kan men denken aan zogenaamde “building-integrated PV” waarbij de PV-panelen tevens de dakbedekking zijn. Ook hiermee wordt de totale dakconstructie minder zwaar. Deze duurdere oplossing kan misschien interessant zijn omdat er dan ook geen verzwarend van de balken nodig is en geen dakpannen nodig zijn.



Een laatste stap zou kunnen zijn om aan de achterkant van de PV-panelen een warmtecollector te monteren die als extra nog warmte uit het paneel onttrekt, buiten elektriciteit. Deze warmte kan als bron voor de warmtepomp dienen of in de bodem worden opgeslagen om later in de tijd te gebruiken, net zoals hiervoor geschetst met de zonnecollectoren (afbeelding 6).

Afbeelding 6: PVT-opstelling met korte-termijn-opslag [Bron: Solar Energy Booster]

8. Conclusies en aanbevelingen

8.1 Doel van het onderzoek

Uit dit onderzoek moet een advies komen voor de aanpak voor energetische maatregelen van het project Vernieuwend Wonen Maastricht. Met het uiteindelijke doel om van het aardgas af te koppelen is gekeken naar mogelijke bouwkundige, installatietechnische maatregelen die kunnen leiden tot het beperken van de CO₂-emissies en tevens het comfort kunnen verbeteren, tegen een gunstige kosten-baten verhouding.

Het is niet de bedoeling om hier al keuzes van maatregelen te maken maar vooral inzicht te geven in de consequenties die de maatregelen met zich mee brengen zodat in de werkgroep BOZ een gezonde discussie kan ontstaan over de te nemen maatregelen en de investeringen die hiervoor gedaan moeten worden. Zo kan een voorstel worden gedaan in de Algemene Leden Vergadering (ALV) van de vereniging VWM zodat daar besluiten kunnen worden genomen over te nemen maatregelen.

Het onderzoek richt zich voornamelijk op de warmtetransitie binnen het project met een horizon tot 2040 of zelfs eerder om dan van het gas af te zijn en een behoorlijke energie-neutraliteit behaald te hebben door zoveel mogelijk gebruik te maken van lokale duurzame energiebronnen. Elektriciteit zal daarbij de energiedrager zijn om met behulp van warmtepompen warmte voor ruimte- en tapwaterverwarming te produceren. Om dit met zo min mogelijk elektriciteit te doen, zal er met lage temperaturen in het verwarmingssysteem gewerkt worden, zogenaamd laagtemperatuur (LT) verwarming; tot maximaal 65 graden Celsius maar liever nog lager. Hiervoor moeten de woningen ook LT-ready zijn. Dit wil zeggen dat de bouwkundige en installatietechnische situatie zodanig is dat het ook mogelijk is om met lage temperaturen te kunnen verwarmen. Dit kan gerealiseerd worden door de warmteverliezen te beperken (onder andere door isolatie) en de warmteafgifte via speciale convector-radiatoren, vloer-, wand- of plafondverwarming te realiseren.

8.2 Koel- en verwarmingscapaciteit

Uit het onderzoek is gebleken dat in een aantal woningen de radiatoren veel te klein zijn gedimensioneerd, zodat er zelfs met de maximale cv-temperatuur van 90 graden nog onvoldoende warmte wordt gerealiseerd met de radiatoren. Hier zijn dan ook klachten dat de ruimtes niet warm te krijgen zijn. Het alternatief hiervoor zijn speciale convector radiatoren die met ca. 25 graden lagere cv-temperatuur, hetzelfde vermogen kunnen afgeven. Voordeel van deze speciale convector-radiatoren is dat er ook (beperkt) mee gekoeld kan worden. Dat zou ook kunnen via wand verwarming/koeling, in de plafonds van de woningen die zich onder het dak bevinden. Als dit dak aan de binnenkant geïsoleerd wordt, kan er direct ook wandverwarming achter geplaatst worden. Voorwaarde om te kunnen koelen is dat er koude beschikbaar is (uit de bodem of via een warmtepomp).

De dakopbouw onder de bestaande geïsoleerde dakpanelen kan bestaan uit maximaal 22 cm isolatie materiaal tussen de dakbalken. Deze dakbalken kunnen aan de zijkanten versterkt worden door extra plaatmateriaal aan te brengen. Door onder de balken een dampremmende laag aan te brengen en daarop de gipsplaten te monteren, zijn de

versterkingen van de balken niet meer zichtbaar. Voor wandverwarming/koeling zijn tegen extra kosten speciale gipsplaten beschikbaar waarbij de verwarmingsbuizen in opgenomen zijn (afbeelding 5). Deze buis kan in serie achter de bestaande radiator worden aangesloten.



Afbeelding 5: Van binnenuit geïsoleerd dak met geïntegreerde Laag-Temperatuur wandverwarming/koeling [Bron: Technea]

Voor een aantal (probleem)woningen zijn transmissieberekeningen gemaakt om te bepalen of er voldoende verwarmingscapaciteit is en wat er nodig is om met lage temperaturen te kunnen verwarmen (en met hoge temperaturen te koelen). Als er gekozen wordt om andere warmte-afgifte-apparatuur te plaatsen, zullen voor elke woning deze berekeningen gemaakt moet worden. De keuze van de capaciteit zal afhangen van de keuze van benadering; Wat houden we aan voor de temperaturen van aanliggende ruimtes of andere woningen. Dit is namelijk zeer bepalend voor de benodigde capaciteit. Als de verwarming bijvoorbeeld in de slaapkamers naast de woonkamer uit staat, zal er meer vermogen nodig zijn om de woonkamer te verwarmen. Hetzelfde geldt voor als er in het appartement boven of onder een appartement niet verwarmd wordt in de winter. De wanden, vloeren of plafonds tussen de ruimtes zijn namelijk niet geïsoleerd. Een maatwerk-advies voor elke individuele ruimte is nodig voor een juiste dimensionering.

8.3 Het effect van isolatie

De woonkamer onder het dak is gesimuleerd om te kijken wat het effect van dakisolatie is. Omdat er meer warmte door niet geïsoleerde wanden en vloeren naar andere ruimtes verdwijnt dan door het geïsoleerde dak naar buiten, heeft het isoleren van het dak niet zoveel effect op de verwarmingscapaciteit. Voor de woonkamer van de dakwoning Dd 6-C is

berekent dat door het dak te isoleren tot een R_c van $6 \text{ m}^2\text{K/W}$, de benodigde capaciteit in de betreffende ruimte afneemt met 8%.

Isolatie van het dak in de betreffende woonkamer onder het dak brengt de warmtevraag met 23% terug. Dat is per jaar nog ca. $1,5 \text{ m}^3$ aardgas besparing per m^2 dakoppervlak. Bij de huidige gasprijs is dat ca. 2 Euro per m^2 dakoppervlak per jaar. De kosten voor isolatie aan de binnenzijde zijn ca. 60 Euro per m^2 wat leidt tot een eenvoudige terugverdientijd van 30 jaar. De kosten voor het isoleren aan de buitenzijde is 125 Euro per m^2 , aanzienlijk hoger en zo zal ook de terugverdientijd meer dan verdubbelen.

Het isoleren van het dak dient gepaard te gaan met het dichten van kieren en naden rond de velux-dakramen en de aansluitingen van de isolatie-dakpanelen. Bij isolatie aan de binnenzijde (dampdicht) kunnen tegelijkertijd op dit oppervlak voorzieningen voor wand/plafond-verwarming/koeling worden aangebracht om tegen lage kosten de verwarmings-capaciteit te vergroten. Koelen is voor de ruimtes onder het dak wenselijk, zeker als het geïsoleerd wordt. Beperkt koelen kan passief door het openen van ramen (in de nacht). Extra koeling is wenselijk, zeker omdat isolatie van het dak leidt tot hogere temperaturen in de zomer en een grotere koelvraag. Deze neemt in de gesimuleerde dakwoning door het isoleren van het dak met 7% toe.

Het plaatsen van beter isolerend glas in de kozijnen (HR++ en triple glas) leidt er toe dat de koelvraag iets toeneemt in de zomer (3% in de betreffende begane grondwoning) en de warmtevraag met 12% afneemt. Het is aan te bevelen om het vervangen van het glas te combineren met het plaatsen van een zelfregulerend ventilatierooster om tochtproblemen te reduceren. De terugverdientijd van deze maatregel is ca. 20 jaar voor een woonkamer. Voor slaapkamers waar minder verwarmd wordt, is deze terugverdientijd langer.

Isoleren van buitengevels zou alleen aan de binnenzijde kunnen gebeuren. Dit neemt de massa uit het gebouw weg en er moeten moeilijke koudebrugvrije aansluitingen gemaakt worden rond ramen, wat prijsverhogend werkt. Omdat de isolatie van de gevel toch al op een hoog niveau ligt, is hier verder niet aan gerekend en wordt geadviseerd om voorlopig niets aan het isoleren van de buitengevel te doen.

8.4 Volgorde van de maatregelen

Het is aan te bevelen om niet alle maatregelen in een keer te nemen en ook niet in een keer alle woningen tegelijk aan te pakken. Dit kan kosten besparen, bijvoorbeeld omdat men niet om alle woningen stijgers hoeft te plaatsen maar voor elk cluster een stijger die verplaatst wordt als het volgende cluster wordt aangepakt. Tevens doet men ervaring en kennis op die bij het volgende cluster gebruikt kan worden om het daar beter te doen. De kosten van de maatregelen kunnen zo langzaam in de tijd in de huurverhoging worden doorgerekend en niet allemaal in een keer, zodat de huurverhoging meer geleidelijk in de tijd gaat en gepaard gaat met de verbetering in comfort en energiebesparing.

Een eerste stap die genomen moet worden is het oplossen van comfortproblemen zoals het onvoldoende warm krijgen van de woning of oververhitting in de zomer. Voor een deel kunnen die problemen opgelost worden door bewonersgedrag en het goed voorlichten van

de bewoners. Hiervoor zou een handleiding gemaakt kunnen worden. Voor een ander deel kan dit een technisch probleem zijn zoals onvoldoende capaciteit van de radiatoren. Voor alle woningen die niet goed warm worden moet een transmissieberekening gemaakt worden om te bepalen wat er aan capaciteit nodig is en of er een radiator geplaatst kan worden die straks ook met lage temperaturen voldoende capaciteit heeft (en beperkt kan koelen). De resterende woningen die geen verwarmingsproblemen hebben, krijgen pas laagtemperatuur convectorradiatoren als er overgegaan wordt op een warmtepomp.

Voor de clusterruimtes van De Bron en L'Hirondelle wordt geadviseerd om zo snel mogelijk een airconditioner met buiten-unit in de tuin te plaatsen om snel bij te kunnen verwarmen en in de zomer te kunnen koelen. Dit is een energiezuinige oplossing om tegen relatief lage kosten, op korte termijn een oplossing te hebben. Eventueel zou dit ook bij andere woningen op de begane grond kunnen waar te weinig capaciteit is, zoals de onderzochte woning Rs 15-A.

Een volgende stap in de tijd is het dampdicht isoleren van het dak aan de binnenzijde, versterking van de dakbalken aanbrengen en beplating aanbrengen, al dan niet voorzien van integrale wandverwarming/koeling. Aan de achterzijde van de binnenbekleding wandverwarming aanbrengen en in serie aansluiten op de radiator uitlaat.

Vernieuwen van de dakbedekking volgens de onderhoudsplanning en plaatsen van PV-panelen of dak geïntegreerde PV (combinatie van dakbedekkende PV-panelen) aanbrengen, eventueel met thermische collector aan achterzijde als (toekomstige) bron voor warmtepomp. Als er stijgers geplaatst moeten worden voor de dakwerkzaamheden kan dit eventueel gecombineerd worden met onderhoud aan de kozijnen (reparaties en schilderwerk). Op dat moment kunnen de kozijnen ook voorzien worden van beter isolerend glas en zelfregulerende ventilatieroosters.

Als de radiatoren waar nodig vervangen zijn door radiatoren met voldoende capaciteit voor laag-temperatuur-verwarming en mogelijk kunnen koelen met hoge temperaturen, kan een plan gemaakt worden voor de plaatsing en aansluiting van de warmtepomp in de ketelruimte en ligging van de leidingen naar de bodembronnen. Voordat wordt overgegaan tot een definitieve vaststelling van de haalbaarheid van de warmtepomp met bodembron, is het gegeven de heterogeniteit van de ondergrond aan te bevelen om éérst een proefboring uit te voeren op de bronlocatie. Op basis van deze boring kan de bron gedimensioneerd worden en het plan verder ontwikkeld en worden uitgevoerd. Buro BodemEnergieSystemen (BES) kan hierbij helpen, ook in verband met het aanvragen van vergunningen.

Vanwege besparing in investeringskosten kan een lucht-warmtepomp overwogen worden. Dit heeft tot consequentie dat er buiten units geplaatst worden die met grote ventilatoren lucht verplaatsen. Er zal dan nog een aan inspraak onderhevig plan gemaakt moeten worden waar de units moeten komen te staan omdat deze zowel visueel als wat betreft de geluidproductie, storend kunnen werken.

Referentielijst

1. Keijzers Dakadvies; Condiëtiemeting hellende daken VWM, Maastricht, 31-10-2024.
2. Palte BV; Statische berekening beoordeling mogelijkheid nieuwe dakbelasting appartementen VWM; Heerlen, 1 maart 2021.
3. Bameco; Thermografisch Onderzoek Dopplerdomein te Maastricht; Maastricht, 9 mei 2018.
4. Woonpunt; Advies lange termijn visie voor vereniging Vernieuwend Wonen Maastricht; Ger Huizinga, 17 augustus 2016.
5. Werkgroep BOZ; Onderzoek naar draagvlak en inventarisatie van vragen VWM, 2024.
6. Lijst probleemwoningen met klachten

Bijlage 1: Lijst probleem-woningen (oktober 2024)

Voorbeelden van probleemwoningen, afgeleid uit de enquêteresultaten, versie 2 *) JP 2-10-24

Informatie uit de vragen naar vloeren, ramen, kieren, daken en airco's.

Bewoners die aangeven het eens (of eens onder voorbehoud zijn) met

isolatie van de vloeren, op bgg wonen en uit de toelichting volgt een klacht over problemen met de vloer

vervanging van ramen, en uit de toelichting volgt een klacht over problemen met de ramen (alle verdiepingen)

dichten van kieren, uit de toelichting volgt een klacht over problemen met de kieren (alle verdiepingen)

isolatie van daken, onder het dak wonen en uit de toelichting volgt een klacht over problemen met het dak

airco's, onder het dak wonen en uit de toelichting is een klacht af te leiden over hitte

De rest van de lijst is vanwege de vermelding van persoonlijke gegevens niet gepubliceerd

Bijlage 2: Verslag van de huisbezoeken

Bezoek probleemwoningen door Leo Gommans (BOOM-Maastricht) op 20-12-24

's Morgens 8:30 tot 12:30. Buitentemperatuur 4 graden Celsius en in de loop van de morgen zonnig.

8:30 Woning (Dopplerdomein 8-A) BG

Voornamelijk klachten voor de grote kamer (met keuken) aan de binnentuin, niet de kamer aan de straatzijde die als atelier gebruikt wordt.

Bewoner geeft aan dat niet meer via de radiatoren verwarmd wordt maar met een elektrisch kacheltje omdat dit volgens bewoner goedkoper is. Dit doet bewoner al lange tijd omdat ze ongeveer 2 jaar geleden 700 Euro energiekosten moest betalen aan het cluster omdat ze ca. 20 dagen de verwarming ca. 3 uur per dag had aangezet. Er waren toen nog geen warmtemeters.

Oppervlaktetemperatuur van de vloer aan de glazen gevel was (strook van ca. 0,5 meter breed, de overstek voor de garages) was inderdaad enkele graden lager van temperatuur dan midden in de ruimte. Er waren in de ruimte nieuwe radiatoren aanwezig (150x40 3.3 en 170x40 3.3) en als die opengezet worden kwam er volgens de warmtemeter 470 liter per uur van 58 graden binnen. Bij deze systeemtemperatuur moeten deze radiatoren ruim 3 Kilowatt kunnen leveren, wat mij bij die buitentemperatuur van 4 graden, ruim voldoende lijkt.

Er wordt nu slechts als het nodig is, kort elektrisch verwarmd waardoor de lucht snel warm is en de betonnen constructie (met name de vloer) niet warm wordt. Het is daarom ook logisch dat de vloer bij het raam en de raampartij, koud afstraalt. Als de radiatoren onder het raam aan staan, zal de koudeval vanaf de glazen gevel verminderen en als de verwarming meer continu aan staat zal de massa ook opwarmen en de vloer minder koud aanvoelen. De verwachting is dan ook dat de problemen verminderen als bewoner de verwarming gewoon gaat gebruiken en de thermostaat, eventueel met 2 graden nachtverlaging. Ik heb bewoner beloofd dat ik met de meetpersoon van het cluster ga praten om te kijken waar die hoge energiekosten vandaan komen, zodat het misverstand verklaard kan worden en bewoner weer gewoon de verwarming aan kan zetten.

Uit navraag bij de meetpersoon van het cluster bleek dat bewoner een maand van huis was geweest en de radiatoren had dichtgedraaid en niet de thermostaat laag had gezet waardoor de urenteller bleef draaien en haar energierekening die maand zo hoog was. Dit is volgens meetpersoon toentertijd wel gecorrigeerd. Met de nieuwe calorie-meters kan dit probleem niet meer voorkomen omdat deze de wekelijk geleverde warmte aangeeft. Ik heb meetpersoon gevraagd om uitleg te geven aan de bewoner over dit misverstand zodat bewoner gewoon weer de thermostaat gebruikt en het met lagere energiekosten warm en comfortabel krijgt. Waarschijnlijk zijn dan de meeste klachten opgelost. Mochten er dan toch nog klachten zijn, dan hoor ik het graag en ga ik verder kijken.

9:15 Woning van Itersondomein 8 (Rijtjeswoning)

Klacht: Zolder te warm in de zomer, bg-vloer trekt koud op in de winter, met name bij de achtergevel. Houten vloer staat daar soms bol, na regenbui. Vloer ligt erg strak tegen de wanden; kan niet goed uitzetten en krimpen maar lijkt ook te maken te hebben met een hoge relatieve vochtigheid. Dit is namelijk ook in de ernaast liggende rijtjeswoning geconstateerd. Daar zijn openingen in de bg-vloer en leidingkoker geconstateerd waardoor vocht uit de kruipruimte in de woning wordt gezogen door de afzuigventilatie. Bij de woning Id-8 is dit niet verder onderzocht. Er wordt geadviseerd om gebouwbeheerder te informeren en de eventuele openingen te dichten.

Verder is de gevel aan de achterzijde bij de bg-vloer kouder, wat duidt op een (beperkte) koudebrug door de aansluiting van de binnengevel op de fundering (zonder thermische onderbreking) waardoor in deze hoek vocht kan condenseren. Deze koudebrug voorkomen is moeilijk te realiseren. Het is het aan te bevelen om de verwarming dagelijks op de thermostaat te laten werken met een niet al te grote nachtverlaging; 2 tot 3 graden lager zodat de relatieve vochtigheid niet te hoog wordt en zich condens en schimmels kunnen vormen op de koudere vlakken en plekken. Eventueel systeemtemperatuur op de ketel lager zetten zodat er meer continu warmte wordt geleverd en niet met grote tijdsperiodes ertussen zodat de massa (wanden, plafond en vloer) niet te veel afkoelt.

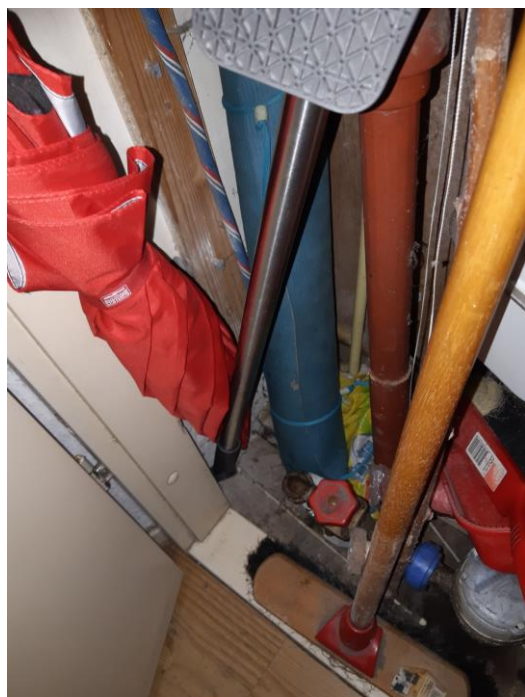
De Nefit Turboketel HR107 CW4 met 18 kW vermogen (in 2012 geplaatst) staat nu op 75 graden voor ruimteverwarming (bij 4 graden buiten). Dit zou lager kunnen. Geadviseerd wordt om de woning mee te laten doen aan de proef van Milieucentraal om te kijken hoe laag men kan gaan met de systeemtemperatuur. [Aanmeldpagina Verwarmingstest 24-25](#)

In de woonkamer hangt een nieuwe radiator 160x 40x3.3 en aan de open keukenzijde een radiator 60x95x2.2. Eerdere radiatoren waren kleiner. Bij de ingestelde systeem-temperatuur van 75 graden moeten deze radiatoren samen bijna 4 Kilowatt kunnen leveren, wat mij bij die buitentemperatuur van 4 graden, ruim voldoende lijkt. Een nauwkeurige transmissieberekening en de verwarmingstest moet uitwijzen met welke systeemtemperatuur gestookt kan worden.

10:15 Woning Itersondomein-14 (Rijtjeswoning)

Klacht: bg-vloer trekt koud op in de winter, met name bij de achtergevel. Vochtafzetting op glas en vocht/schimmelvorming op diverse andere plekken in de woning. Duidelijk een teken van teveel vocht in de woning wat kan komen door slechte lucht-afvoer/ventilatie of te vochtige luchttoevoer.

Er is in deze woning vooral gekeken naar de ventilatie. In de open keuken is een afzuigkap aanwezig die niet aangezet mocht worden (was advies van VWM). Normale ventilatieafvoer in de keuken was erg laag en afzuigventiel was zeer vervuild. Geadviseerd wordt om afzuigventielen regelmatig te reinigen en ventilatoren en ventielen goed af te laten stellen (na debiet-meting) zodat het voldoet aan bouwbesluiteisen. Geldt overigens ook voor andere woningen.



Er vindt verder (vochtige) lucht-toevoer plaats uit de kruipruimte, via de meterkast en openingen in de leidingkastvloer en openingen in de leidingkoker bij de meterkast (zie afbeeldingen hieronder). Dit zal waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak zijn van de vocht en schimmelvorming en er wordt geadviseerd om deze openingen zo spoedig mogelijk te dichten en te kijken of er verder nog openingen zijn in de begane-grond-vloer. Ook bij de andere eengezinswoningen controleren of hier hetzelfde aan de hand is.

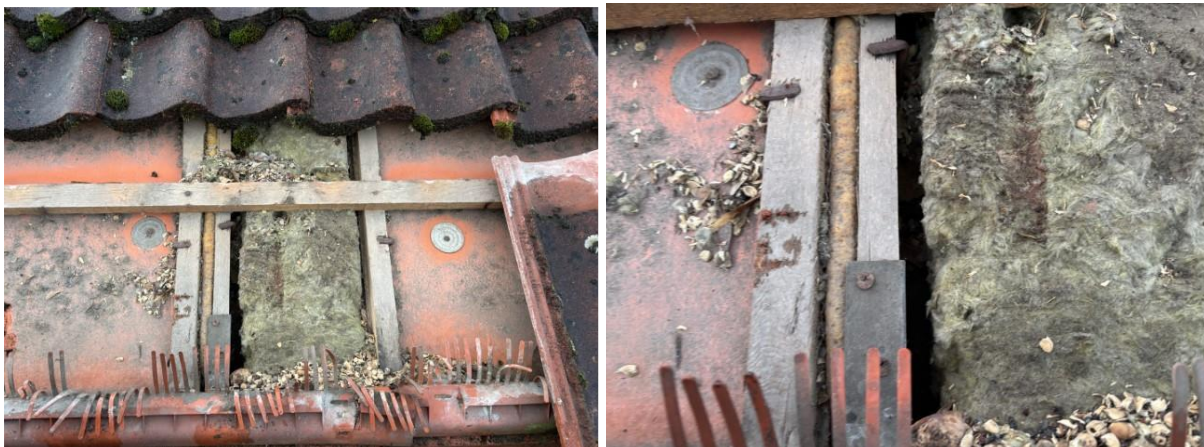
In de woonkamer zijn nog de oude radiatoren aanwezig met minder warmte-afgifte (165x30 2.2 en 45x90 2.1) die bij de systeemtemperatuur van Id-8 (75 graden) ca. 2.000 Watt zou presteren; de helft van het vermogen van bij Id-8. Waarschijnlijk zal het met die radiatoren moeilijk warm te krijgen zijn in de woning, zeker met vochtige lucht. Het verwarmen van vochtige lucht leidt bovendien tot een hoger energieverbruik.

11:15 Woning Dopplerdomein 6-C (Etagewoning onder dak)

Klacht: Te warm in de zomer tocht en geluid van krakend dak bij veel wind.

Ondanks het feit dat beoener afdeklatten langs aansluitingen van het dak op de muur en rond de nieuw geplaatste velux-ramen heeft aangebracht, heeft hij toch nog last van tocht bij wind. Waarschijnlijk zijn bij het plaatsen van de nieuwe velux-ramen de aansluitingen van het raam op de dakconstructie, de naden onvoldoende afgedicht en/of niet met een elastische pur afgedicht. De aansluitingen van de dakpanelen op elkaar (ook in de nok) of op de muur zijn niet (meer) luchtdicht. Waarschijnlijk omdat hier een oud type PUR is gebruikt die na verloop van tijd verhard en verkorrelt. Alle aansluitingen van de dakplaten op elkaar en andere constructie-onderdelen moeten (van binnen) nagekeken worden en gedicht met een elastische PUR. Het beste is om hier een gespecialiseerd bedrijf te laten komen om de kieren en naden op te zoeken en te dichten. De tocht zorgt ook voor extra energieverlies dat door extra vermogen van de radiatoren gecompenseerd moet worden.

Er wordt door bewoner niet aangegeven dat de woning niet goed warm te krijgen is, ondanks dat er een bank voor de grote radiator staat en de radiatoren nog de oude zijn, met beperkt vermogen; 200x50 2.2 en 75x90 2.1 met een gezamenlijk vermogen van ca. 4.000 Watt bij een systeemtemperatuur van 75 graden. Het effect van zon op de velux-ramen is wel direct te merken. Op dat moment (bij een buitentemperatuur van 4 graden) was dat prettig maar in de zomer was dat niet zo, ondanks dat bewoner de ramen aan de zuidzijde dan afdekt. De warmte komt dus vooral door het glas naar binnen. Meting van de oppervlaktetemperatuur van de dakpanelen levert ongeveer dezelfde temperatuur op als de ruimtetemperatuur, wat wijst op een goede isolatie (ook in de zomer tegen warmte). Het glas in de Veluxramen, die enkele jaren geleden zijn aangebracht, betreft HR++-glas met een ZTA van 0,6.



Volgens het dakonderzoek [lit. 1] is de steenwol op de woningscheidende wanden onder het dak niet overal goed aangebracht. Deze dient ter geluidwering en brandoverslag tussen woningen en naaddichting. Indien aan het dak gewerkt gaat worden dient dit ook verbeterd te worden aan de buitenzijde en tevens dient hier ook de PUR-vulling nagekeken te worden.

De gordingen van het dak zijn opgemeten in de woning van Willem en hebben een doorsnede van 240 x 90 mm. Dit is hoger dan is aangegeven in het onderzoek van Palte (221 x 96) [lit.2], wat ten goede komt aan de sterkte van de constructie.

In het energierapport van Duurzaam Energieloket Amsterdam zitten enkele fouten in de aannames waardoor de resultaten voor energieverbruik en kosten niet geheel kloppen.

Bezoek probleemwoningen door Leo Gommans (BOOM-Maastricht) 10 januari 2024

Woning Randwijksingel 15-B (Etagewoning onder dak)

De woning heeft een open keuken en open trap in de woonkamer naar de etage waar zich kamers bevinden direct onder het dak. In het trapgat is een luik aangebracht en alle kamers op de etage zijn te warm in de zomer. In de woonkamer wordt te veel koude tocht ervaren. Er is in de woonkamer een nieuwe radiator geplaatst (30x140x3.3). Er is nog een oude radiator onder het zijraam (100x45x2.1) en in de open keuken (45x120x2.2).

Woning Randwijksingel 11-C (Etagewoning)

De woning heeft een woonkamer op de etage met daarboven slaapkamers onder het dak. Slaapkamers blijven koud in de winter en zijn te warm in de zomer. Ook woonkamer eronder op het zuiden wordt te warm in de zomer. Radiatoren in woonkamer 30x150x3.3 en 130x50x2.2. Radiator in werk/slaapkamer onder dak 180x40x2.2. In deze slaapkamer geen ventilatielucht toevoer in kozijn. Vocht op ramen en rottend kozijn aan de binnenzijde. Op het moment van aanwezigheid wordt er met een aanvoertemperatuur van 55 graden, ca 6 kW aan warmte in de woning gepompt via de radiatoren.

Woning Randwijksingel 15-A (BG-woning)

In woonkamer van deze woning zijn nog de oude radiatoren aanwezig met beperkte afgifte; 160x30x1.1 en 105x45x2.1. Dat het niet te koud is heeft te maken dat de temperatuur van de ketel met 70 graden binnenkomt bij 1 graad buitentemperatuur. Als er geen radiatoren in komen met grotere warmte-afgifte dan kan deze woning in de toekomst niet met een warmtepomp verwarmd worden omdat deze maar tot 70 graden kan verwarmen. Dat is hier dan te weinig als de buitentemperatuur onder nul gaat.

Clusterruimte De Bron

Deze ruimte wordt af en toe gebruikt en dan wordt de verwarming aan gezet. Het duurt lang voordat het warm is en een behaaglijke temperatuur wordt niet gehaald, ook nu niet bij een systeemtemperatuur van 70 graden en een buitentemperatuur van 1 graden Celsius. In de zomerperiode wordt de ruimte ook erg warm. Een lokale oplossing is een airconditioner met buiten-unit (in de tuin). Deze kan in het stookseizoen gebruikt worden als energie-efficiënte aanvullende ruimteverwarmer en in de zomer als koeling. Een unit van 3,5 kW (kosten ca. 2.000 Euro) zou voldoende moeten zijn.

Custerruimte L'Hirondelle

De klacht voor de clusterruimte die soms wordt gebruikt is dat deze niet op gewenste temperatuur komt. De thermostaat staat normaal uit en alleen als er gebruik wordt gemaakt van de ruimte wordt de thermostaat aangezet. Het duurt dan erg lang voordat het warmer wordt. In de ruimte zijn onder het raam 2 kleine radiatoren aanwezig eentje 75 x 30x2.2 en eentje 180x30x2.2. Bovendien is er een heel groot deur/raamoppervlak en glazen dakje op het zuiden (afbeelding ...) wat leidt tot extra veel warmteverlies in het stookseizoen.



In de zomer leidt dit grote glasoppervlak op het zuiden ook tot oververhitting van de ruimte. Afscherming tegen de zonnewarmte is een verbetering, echter zal dit het probleem niet geheel aflossen. Waarschijnlijk is hier een airconditioner met buiten-unit (in de tuin) de meest effectieve (lokale) oplossing. Deze kan in het stookseizoen tevens gebruikt worden als energie-efficiënte aanvullende ruimteverwarmer. Een unit van 3,5 kW (kosten ca. 2.000 Euro) zou ook hier voldoende moeten zijn.

Dr. ir. Leo Gommans,

BOOM-Maastricht, 17 Maart 2025.

Bijlage 3: Energieberekeningen van de woning Doplerdomein 6-C

Bijlage 3.1 woning Dd 6C; Woonkamer met open keuken Bestaande situatie

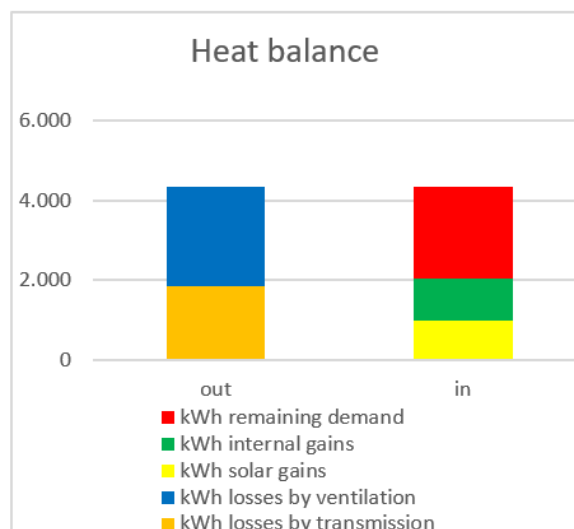
Gemiddelde maandtemperaturen Maastricht 2000-2020 binnentemperatuur 19 graden Celsius, medium lichte bouwconstructie. 75m³ per uur ventilatie, interne warmte bronnen 4kWh/dag.

2.304 kWh/year total heat demand
287 kWh/year total cooling demand

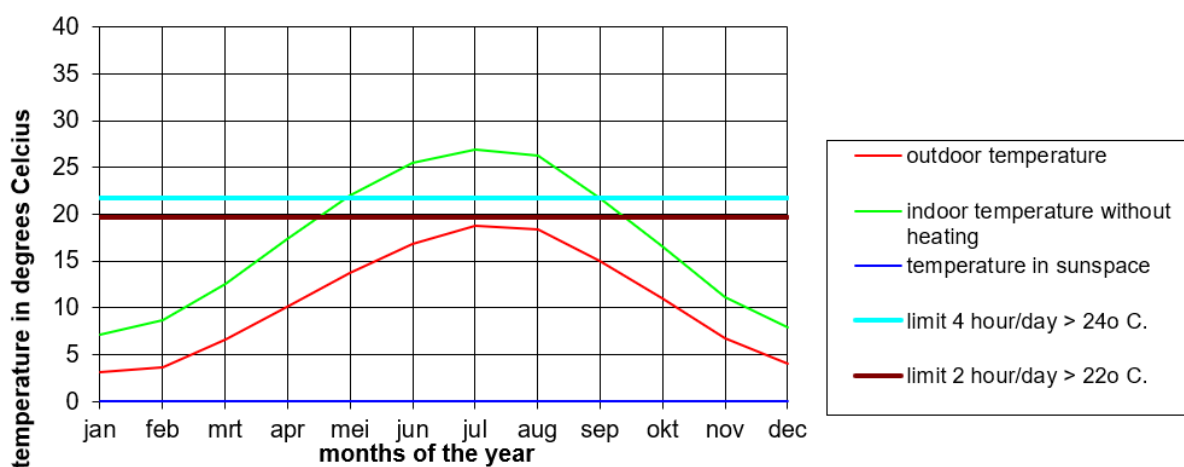
1.832 kWh losses by transmission	42,2 %	uit
2.508 kWh losses by ventilation	57,8 %	uit
983 kWh solar gains	22,6 %	in
1.053 kWh internal gains	24,3 %	in
2.304 kWh remaining demand	53,1 %	in

Use for educational purposes only
for Zero Energy Course TUDelft

© 2020 Dr. ir. Leo Gommans
TUDelft / BOOM-Maastricht



Average monthly temperatures



Conclusie:

De ventilatieverliezen bepalen het grootste deel van de warmteverliezen. De transmissieverliezen zijn het kleinste deel, ondanks het feit dat deze ruimte een groot dakoppervlak heeft.

Mei, juni, juli augustus en september is koeling nodig voor comfortabele binnentemperaturen .

Verviervoudigen van de ventilatie (300m³/uur) door het openen van ramen kan de koelvraag met 24% verminderen en brengt de koelperiode terug naar juni, juli en augustus.

Zonwering aan de buitenzijde met 50% verduistering van de 2 Veluxramen op het zuiden, brengt de koelvraag met 35% terug en brengt de koelperiode ook terug naar juni, juli en augustus.

Zowel ramen openen als zonwering samen, brengt de koelvraag ook terug met 35% en de koelperiode wordt teruggebracht tot de maanden juli en augustus.

Bijlage 3.2 Woonkamer met open keuken woning Dd 6-C → Dakisolatie van 2,3 → 6 m².K/W

Gemiddelde maandtemperaturen Maastricht 2000-2020 binnentemperatuur 19 graden Celsius, medium lichte bouwconstructie. 75m³ per uur ventilatie, interne bronnen 4kWh/dag.

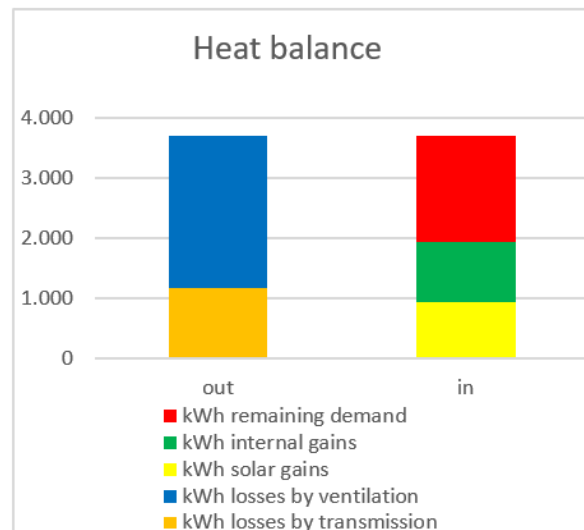
1.771 kWh/year total heat demand
307 kWh/year total cooling demand

1.157 kWh losses by transmission	31,2 %	uit
2.553 kWh losses by ventilation	68,8 %	uit

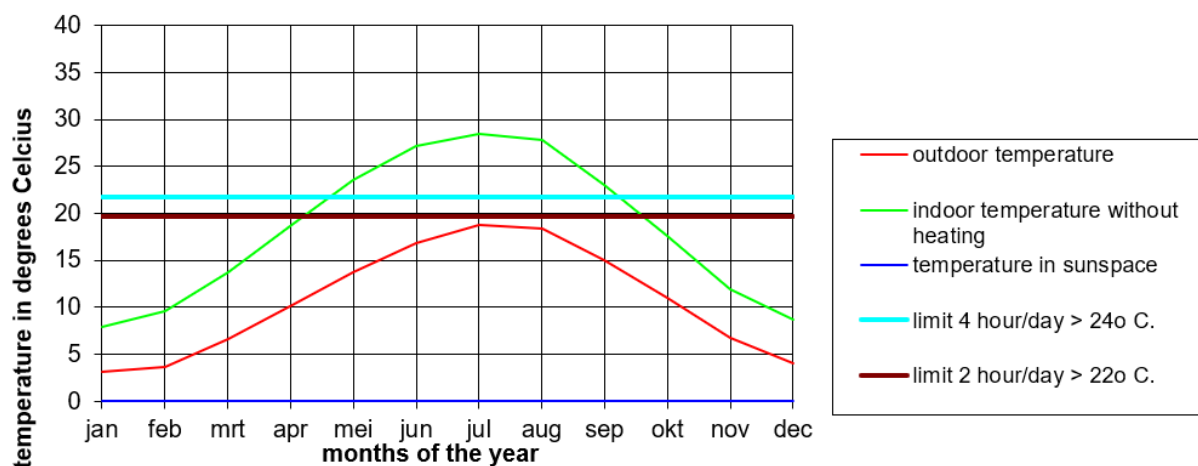
929 kWh solar gains	25,0 %	in
1.011 kWh internal gains	27,2 %	in
1.771 kWh remaining demand	47,7 %	in

**Use for educational purposes only
for Zero Energy Course TUDelft**

© 2020 Dr. ir. Leo Gommans
TUDelft / BOOM-Maastricht



Average monthly temperatures



Conclusie:

Nog buiten mei, juni, juli augustus en september koeling nodig en temperaturen lopen dan nog meer op door isolatie van het dak. De koelvraag neemt met ca 7% toe.

De warmtevraag neemt met 23% af door isolatie te verbeteren naar huidige nieuwbouw-norm ($R_c = 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). Dat is per jaar nog ca. 1,5 m³ aardgas per m² dakoppervlak, bij de huidige gasprijs is dat ca. 2 Euro per m² dakoppervlak per jaar.

Bijlage 3.3 Transmissieberekening woning Dd 6-C voor bepaling verwarmingscapaciteit

Algemene gegevens

Woonkamer/keuken Dd 6-C			
Benaming van ruimte:			
Ontwerp-buitentemperatuur:	-10,0	oC	
Ontwerp-binnentemperatuur ruimte:	21,0	oC	
Wat is het volume van de ruimte?	73,6	m3	

Warmtestroom door ventilatie

Wat is het ventilatievoud van de ruimte?	1,30	m3/(m3.h)	
Natuurlijke of mechanische toevoer?	2	(1=natuurlijk, 2=mechanisch)	
Rendement van de warmteterugwinning?	0	%	
Hoeveel ventilatielucht vlg. NEN1087?	0,0	m3/h	
Nodig voor verwarming infiltratielucht:	989	W	
Nodig voor verwarming ventilatielucht:	0	W	
Totaal nodig:	989	W	

Toeslag voor het opwarmen

Wat is de specifieke opwarmtoeslag?	15,0	W/m2	
Wat is het accumulerend oppervlak?	44,0	m2	
De opwarmtoeslag is:	660,0	W	

Warmtestroom door binnenwanden, tussenvloeren en plafonds

Naam konstruktie	U- waarde W/(m2.K)	Opp. m2	Cor.fact. -	Ti oC	Tx oC	Warmtestroom W
Vloer	3,33	32,0	1,16	20,0	15,0	618,7
Binnenwanden	3,21	24,15	1,16	21,0	15,0	540,3
Wanden burens	1,58	12,1	1,06	21,0	15,0	121,5
			1,03	20,0	15,0	0,0
			1,03	20,0	15,0	0,0
			1,03			0,0

Warmtestroom door buitenmuren, ramen, buitendeuren en daken

Naam konstruktie	U- waarde W/(m2.K)	Opp. m2	Cor.fact. -	Ti oC	Ta oC	Warmtestroom W
Dak/plafond	0,40	36,9	1,03	22,0	-10,0	486,5
Buitengevel	0,37	6,0	1,03	21,0	-10,0	70,5
Ramen	1,30	4,0	1,06	21,0	-10,0	169,2
			1,03	21,0	-10,0	0,0
			1,03	21,0	-10,0	0,0
			1,03	21,0	-10,0	0,0
			1,03	21,0	-10,0	0,0
			1,03	21,0	-10,0	0,0

Benodigd vermogen voor verwarmen van de ruimte is:

3.655 W

Transmissieverliezen direct naar buiten:	726	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	1.280	W
Ventilatieverliezen	989	W
Opwarmtoeslag:	660	W

Bijlage 4: Energieberekeningen van de woning Randwyksingel 15-A

Bijlage 4.1 woning Rs 15A; Woonkamer op beganegrond: Bestaande situatie

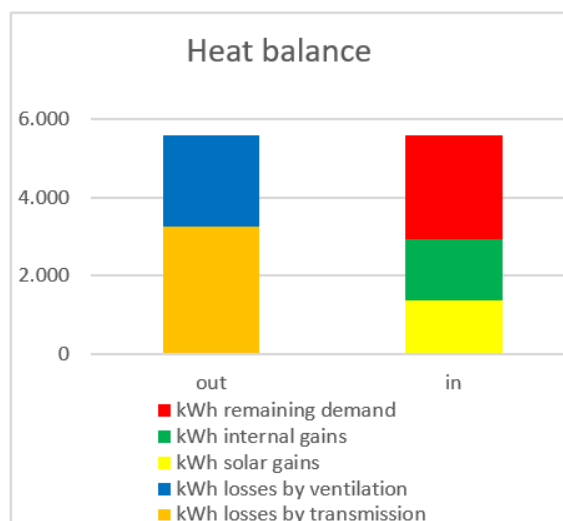
Gemiddelde maandtemperaturen Maastricht 2000-2020 binnentemperatuur 19 graden Celsius, zware bouwconstructie. 75m³ per uur ventilatie, interne warmte bronnen 5 kWh/dag.

2.652 kWh/year total heat demand
607 kWh/year total cooling demand

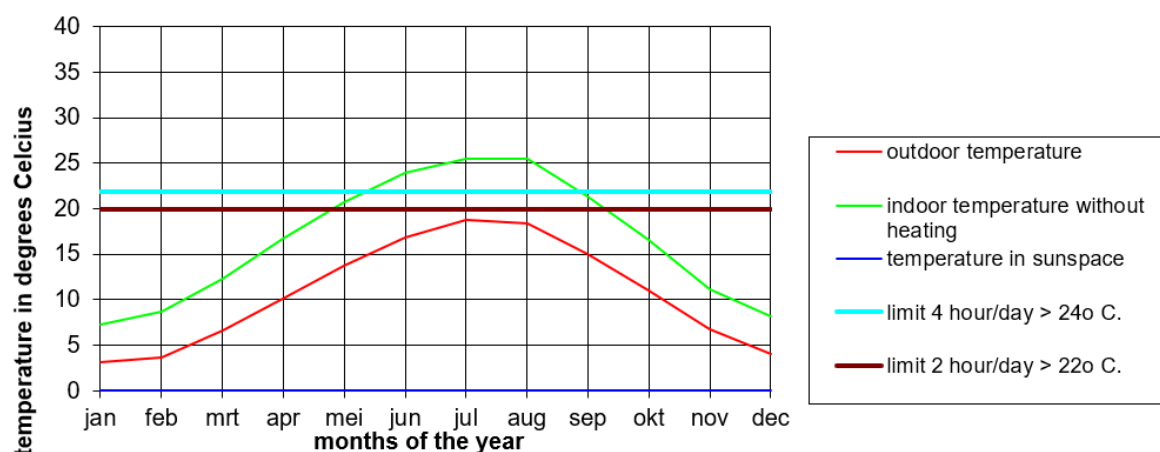
3.247 kWh losses by transmission	58,0 %	uit
2.350 kWh losses by ventilation	42,0 %	uit
1.376 kWh solar gains	24,6 %	in
1.570 kWh internal gains	28,0 %	in
2.652 kWh remaining demand	47,4 %	in

Use for educational purposes only
for Zero Energy Course TUDelft

© 2020 Dr. ir. Leo Gommans
TUDelft / BOOM-Maastricht



Average monthly temperatures



Conclusie:

De transmissieverliezen bepalen hier het grootste deel van de warmteverliezen. Deze ruimte heeft relatief veel buitenoppervlak (inclusief de bg-vloer) t.o.v de dakwoning Dd 9-C (vorige berekening).

De periode dat er koeling nodig is, is minder dan bij de dakwoning Dd 9-C. Eveneens is de temperatuur in de zomer lager. De koelbehoefte is echter wel groter.

Vervieervoudigen van de ventilatie (300m³/uur) door het openen van ramen kan de koelvraag met 20% verminderen en brengt de koelperiode terug naar juli en augustus met beperkte temperatuuroverschrijdingen waardoor het met goed ventileren zonder actieve koeling, in de zomer nog redelijk behaaglijk kan zijn in de woonkamer.

Het isoleren van de begane-grondvloer van een $R_c = 2,4$ naar $3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (de nieuwbouw-eis) zorgt er voor dat de koelperiode en vraag iets toeneemt (4%) en de warmtevraag met 12% daalt. De besparing is ca. 1 m³ aardgas per jaar per m² vloer.

Bijlage 4.2 woning Rs 15-A; Woonkamer op beganegrond: Verbetering van het glas

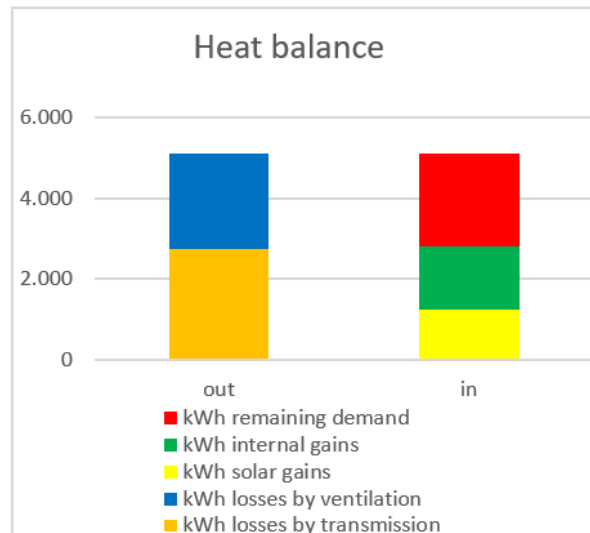
Gemiddelde maandtemperaturen Maastricht 2000-2020 binnentemperatuur 19 graden Celsius, zware bouwconstructie. 75m³ per uur ventilatie, interne warmte bronnen 5kWh/dag.

2.324 kWh/year total heat demand
586 kWh/year total cooling demand

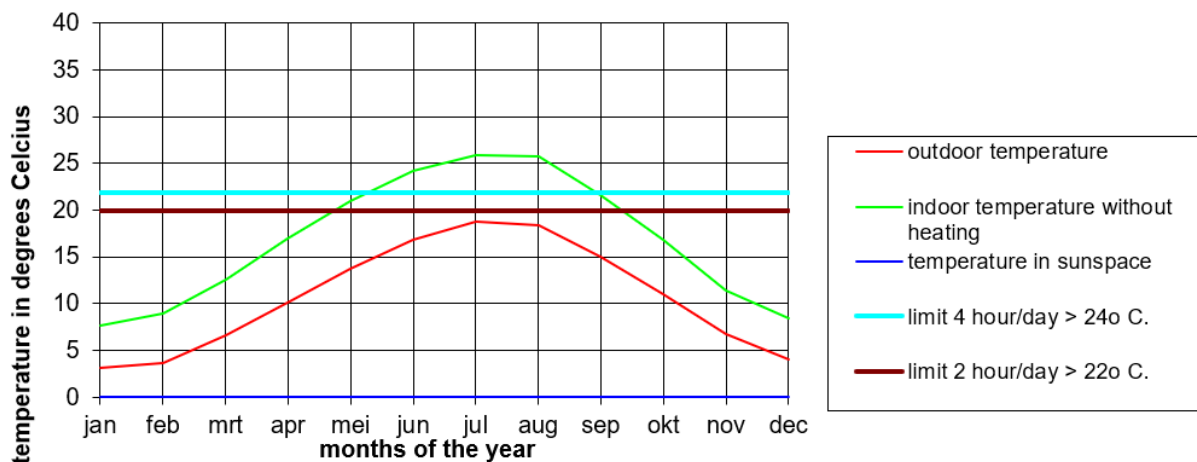
2.756 kWh losses by transmission	53,8 %	uit
2.366 kWh losses by ventilation	46,2 %	uit
1.232 kWh solar gains	24,1 %	in
1.566 kWh internal gains	30,6 %	in
2.324 kWh remaining demand	45,4 %	in

Use for educational purposes only
for Zero Energy Course TUDelft

© 2020 Dr. ir. Leo Gommans
TUDelft / BOOM-Maastricht



Average monthly temperatures



Conclusie:

Het verbeteren van het glas door toepassing van triple glas voor de vaste delen en HR++-glas voor de draaiende delen van het kozijn leidt tot minder transmissieverliezen door het raam en minder zoninstraling doordat het glas minder zonnewarmte doorlaat. Per saldo heeft dit in de zomer weinig effect op de temperatuur-overschrijdingen en neemt de koelvraag iets toe; 3,5%.

In het stookseizoen neemt de warmtevraag wel met ruim 12% af. De besparing is 6 m³ aardgas/jaar per m² kozijn, inclusief nieuw ventilatierooster. Voor het vervangen van het glas door triple en HR++-glas, moet men gemiddeld rekenen op ca. 160 Euro/m². De eenvoudige terugverdientijd is ca. 20 jaar.

Bijlage 4.3 Transmissieberekening woning Rs 15-A voor bepaling verwarmingscapaciteit

Algemene gegevens

Woonkamer Rs 15-A			
Benaming van ruimte:			
Ontwerp-buitentemperatuur:	-10,0	oC	
Ontwerp-binnentemperatuur ruimte:	21,0	oC	
Wat is het volume van de ruimte?	78,0	m3	

Warmtestroom door ventilatie

Wat is het ventilatievoud van de ruimte?	1,10	m3/(m3.h)	
Natuurlijke of mechanische toevoer?	2	(1=natuurlijk, 2=mechanisch)	
Rendement van de warmteterugwinning?	0	%	
Hoeveel ventilatielucht vlg NEN1087?	0,0	m3/h	
Nodig voor verwarming infiltratielucht:	887	W	
Nodig voor verwarming ventilatielucht:	0	W	
Totaal nodig:	887	W	

Toeslag voor het opwarmen

Wat is de specifieke opwarmtoeslag?	14,0	W/m2	
Wat is het accumulerend oppervlak?	40,0	m2	
De opwarmtoeslag is:	560,0	W	

Warmtestroom door binnenwanden, tussenvloeren en plafonds

Naam konstruktie	U- waarde W/(m2.K)	Opp. m2	Cor.fact. -	Ti oC	Tx oC	Warmtestroo m W
Plafond	3,33	30,1	1,16	20,0	18,0	232,8
Binnenwanden	3,21	26,52	1,16	21,0	18,0	296,6
Wanden buren	1,58	0	1,06	21,0	18,0	0,0
			1,03	20,0	18,0	0,0
			1,03			0,0
			1,03			0,0

Warmtestroom door buitenmuren, ramen, buitendeuren en daken

Naam konstruktie	U- waarde W/(m2.K)	Opp. m2	Cor.fact. -	Ti oC	Ta oC	Warmtestroo m W
BG-vloer	0,43	30,1	1,03	20,0	-8,0	374,2
Buitengevel	0,37	18,4	1,03	21,0	-10,0	215,6
Ramen	3,10	6,3	1,16	21,0	-10,0	705,6
			1,03	21,0	-10,0	0,0
			1,03	21,0	-10,0	0,0

Benodigd vermogen voor verwarmen van de ruimte is:

3.271 W

Transmissieverliezen direct naar buiten:	1.295	W
Transmissieverliezen naar aanliggende ruimtes:	529	W
Ventilatieverliezen	887	W
Opwarmtoeslag:	560	W

Bijlage 5: Quick Scan Bodempotenties locatie project VWM

Hierbij mijn eerste bevindingen voor het gebruik van open of gesloten bodemenergiesystemen bij het woonproject (80 appartementen) in Maastricht. Aangezien de ondergrond op en rondom de projectlocatie zeer heterogeen is, is een goede inschatting van de bodemopbouw zonder een proefboring ter plaatse lastig vast te stellen. Op basis van een aantal proefboringen die binnen een straal van circa 750 meter van de projectlocatie zijn gerealiseerd zijn de volgende globale inschattingen van de bodemopbouw gemaakt:

diepte [m- mv]	lithologie	Geohydrologische Benaming	doorlaatvermogen [m ² /d] of weerstand [d]
0 - 3,5*	leem	Deklaag	200 - 600 d
3,5 - 10	uiterst grof grind	eerste watervoerende pakket	1.700 - 2.200 m ² /d
10 - 15	mergel (enige grindbijmenging)	overgangszone tussen grind en kalksteen	
>15	kalksteen	tweede watervoerende pakket	Zeer geringe doorlatendheid.

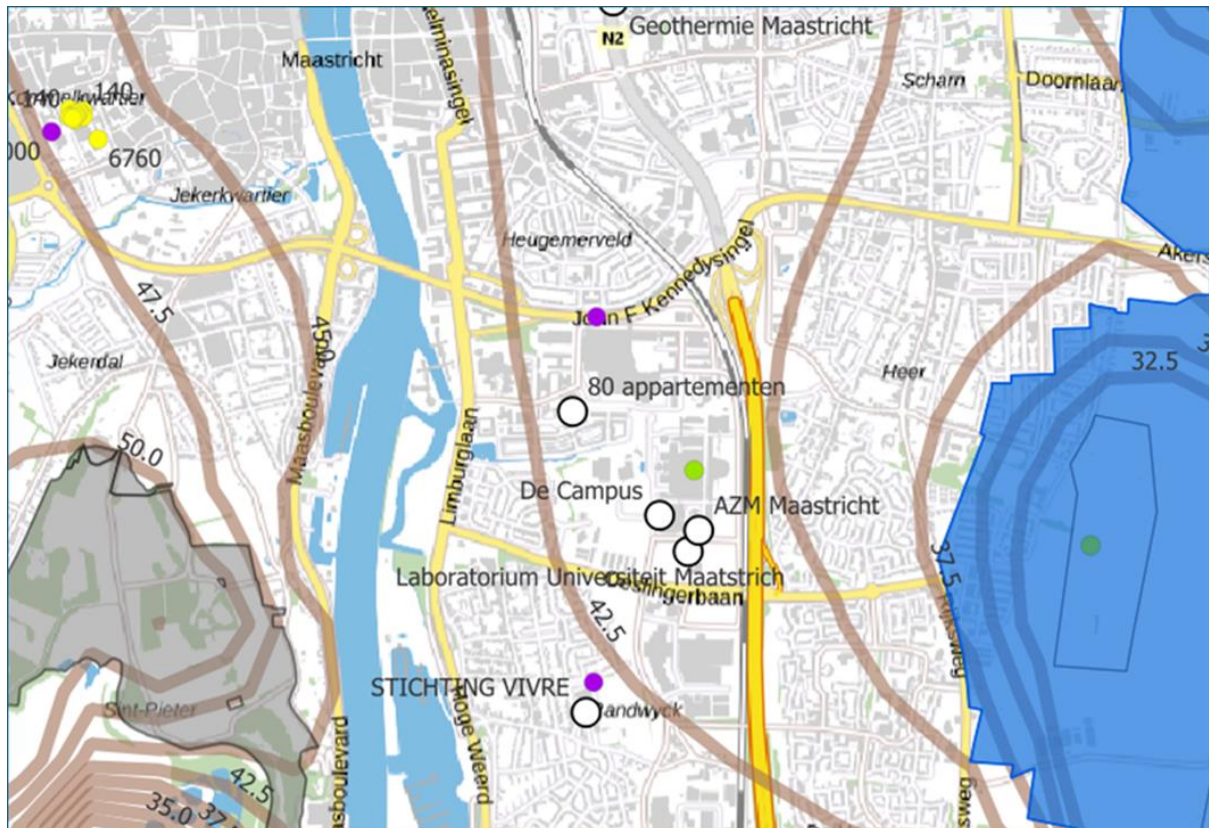
diepte (m-mv)	lithologie	formatie	geohydrologie
0 - 3	leem; plaatselijk zandig	Pleistoceen	deklaag
3 - 11	grind, zandig	Pleistoceen	1 ^e watervoerende pakket
11 - 21	kalksteen (mergel)	Maastricht	
21- 82	kalksteen (mergel) met vuursteen- knollen en vuursteenbanken	Formaties van Maastricht en Gulpen	2 ^e watervoerende pakket
82 - 130	lemig en fijnzandig pakket	Formaties van Vaals en Aken	matig tot slecht doorlatend pakket
> 130	verkitte en verharde zandige sedi- menten	Carboon	hydrologische basis

Hierbij dient vermeld te worden dat het eerste en het tweede watervoerende pakket in feite samen één watervoerend pakket vormen, aangezien ze niet door een scheidende laag gescheiden worden. Vanwege de sterk verschillende lithologie worden ze toch apart beschreven.

Voor open bodemenergiesystemen (OBES) bieden de grindlagen en het mergel van het eerste watervoerende pakket matig tot redelijke mogelijkheden. De maximale capaciteit van een onttrekkingsbron in het eerste WVP bedraagt 50 tot 75 m³/uur. De maximale capaciteit van een

infiltratiebron 30 tot 50 m³/uur. Om het gevaar voor opbarsten (zie relatief ondiepe filterstelling) te voorkomen geldt verder voor een infiltratiebron een beperking tot maximaal 30 m³/uur.

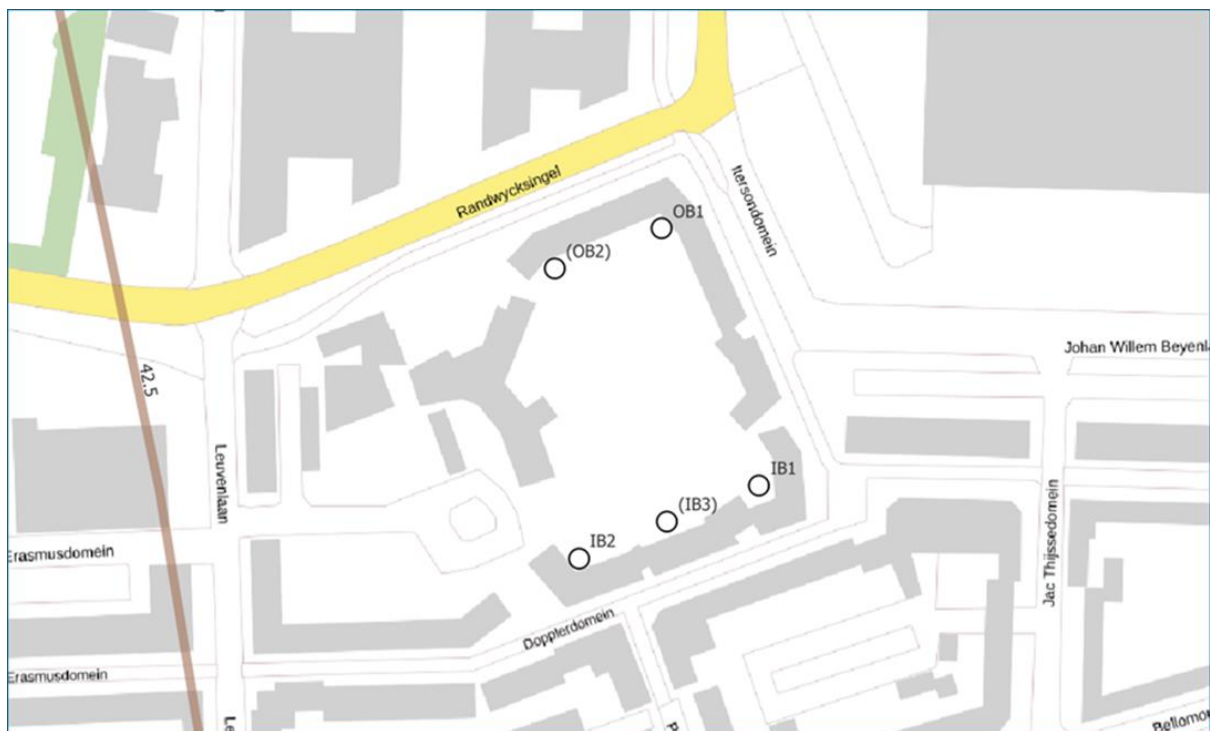
Door de hoge grondwaterstroming (150 tot 200 meter per jaar) in het eerste watervoerende pakket is bodemenergie in de vorm van energieopslag niet mogelijk, omdat door afstroming van de opgeslagen warmte en koude energie verloren gaat. Daarom wordt geadviseerd om in het eerste watervoerende pakket gebruik te maken van een recirculatiesysteem. Hierbij wordt geen warmte opgeslagen, maar water met de natuurlijke grondwatertemperatuur onttrokken uit een vaste onttrekkingsput en geretourneerd in 1 of meer vaste infiltratieputten. Een recirculatiesysteem heeft in tegenstelling tot een energieopslagsysteem voordeel bij een hoge grondwaterstromingssnelheid.



Uitgaande van 80 appartementen met een gemiddeld warmtevermogen van elk 5 kW is op de projectlocatie wellicht een OBES een reële overweging. Uitgaande van een totaal vermogen van rond de 400 kW kan dan volstaan worden met een bronnensysteem met een capaciteit van circa 60 m³/uur. Op basis van de voorgaande beperkingen zou het OBES kunnen worden uitgewerkt uit 1 of 2 onttrekkingsbronnen met een capaciteit van 60 m³ en 2 of 3 infiltratiebronnen met eveneens een capaciteit van 60 m³/uur.

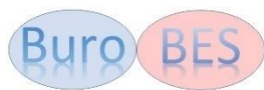
Voordat wordt overgegaan tot een definitieve vaststelling van de haalbaarheid is het gegeven de heterogeniteit van de ondergrond aan te bevelen om éérst een proefboring uit te voeren op bijvoorbeeld de bronlocatie van de eerste infiltratiebron (IB1). Op basis van de resultaten van de boorbeschrijving kan tijdens het afwerken van de (proef)boring besloten worden om de bron meteen in te richten als een infiltratiebron; uiteraard mits de boorbeschrijving daarvoor voldoende aanleiding biedt. Mocht uit de resultaten van de eerste (proef)boring blijken dat de ondergrond niet voldoende geschikt wordt geacht vormt dit tevens de NOGO-beslissing voor het projectvervolg.

Een mogelijke puttenconfiguratie zou er als volgt uit kunnen zien:



Met vriendelijke groet,

Han Meijer



Kastanjelaan 17

6955 AM ELLECOM

G: 06 - 29 58 64 74

W: www.burobes.nl