



LTV VOOR NIEUWBOUW EN RENOVATIE

Méer comfort met
minder energie



LTV VOOR NIEUWBOUW EN RENOVATIE

Méér comfort met minder energie

Inhoud

Voorwoord – 5

- 1 Lage temperatuur verwarming: méér comfort met minder energie – 7
- 2 Lage temperatuur afgiftesystemen als standaard – 9
- 3 Comfort en gezondheid – 11
- 4 Bewonerservaringen met lage temperatuur verwarming – 13
- 5 LTV in nieuwbouw – 14
- 6 LTV in de bestaande bouw – 17
- 7 Lage temperatuur afgiftesystemen – 20
- 8 Systemconfiguraties – 24
- 9 Kwaliteitswaarborging – 30
- 10 Financieel voordeel – 32

Voorbeeldprojecten – 33

Literatuur – 52

English Summary – 53

Voorwoord

Onbekend maakt onbemind

Mensen die verhuizen naar een woning met een lage temperatuur verwarmingsstelsel (LTV) zijn over het algemeen meer tevreden over dit stelsel dan over het cv-stelsel in hun oude woning. Meer comfort, minder huisstof en een lager energiegebruik zijn de meest genoemde voordelen van LTV. Uit dit recente onderzoek blijkt verder dat, voor 71 procent van de 400 ondervraagde huishoudens, vloerverwarming zelfs de reden is om voor een bepaalde woning te kiezen.

Toch wordt LTV nog te weinig toegepast. Onbekendheid en automatisering zijn hiervan vaak de oorzaken. Daarom deze brochure, met een toelichting op LTV, en waarin ook de voordelen voor het milieu en de bewoners aan bod komen, evenals de kostenaspecten. Negen voorbeelden uit de praktijk geven antwoord op de vraag of en waarom LTV voor ruimteverwarming de enig juiste keuze is.



1 Lage temperatuur verwarming: méér comfort met minder energie

Lage temperatuur verwarmingssystemen

In Nederland is er geen beperking voor de keuze van ontwerp-temperaturen voor centrale verwarmingssystemen. Ondanks de nadelen valt nog te vaak de keuze automatisch op een aanvoertemperatuur van 90°C en een retourtemperatuur van 70°C (90/70°C-systemen). Blijkbaar weet de installateur niet dat lage temperatuur verwarmingssystemen (LTV), met aanvoertemperaturen van zo'n 55°C en retourtemperaturen van circa 40°C efficiënter zijn. In de meeste gevallen zelfs veel efficiënter.

Om in vertrekken een gewenste comforttemperatuur van rond 20°C te bereiken, is een ontwerp-temperatuur die maar liefst 70°C hoger ligt, absoluut niet nodig. Dat er toch nog steeds gekozen wordt voor een traditioneel 90/70°C -systeem is het gevolg van een in tientallen jaren ingesleten gewoonte en van de onbekendheid met de alternatieven.

LTV

Van een lage temperatuur verwarmingssysteem (LTV) wordt gesproken als de aanvoer-watertemperatuur niet hoger is dan 55°C en de retour-watertemperatuur maximaal 45°C. De installatiepraktijk maakt ook wel onderscheid in hoge temperatuur (HTV), midden temperatuur (MTV), lage temperatuur (LTV) en zeer-lage-temperatuur verwarming (ZLTV). De aanvoer-watertemperaturen zijn dan respectievelijk maximaal 90, 70, 55 en 30°C.

Mogelijke uitvoeringen zijn: vloerverwarming, wandverwarming, vergrote radiatoren of convectoren en luchtverwarming.

Tallose bouwprojecten, in zowel woning- als utiliteitsbouw, zijn het bewijs dat LTV succesvol voor ruimteverwarming kan worden toegepast, zoals ook blijkt uit de negen voorbeelden in deze brochure.

LTV-systemen zijn een realistisch en aantrekkelijk alternatief voor traditionele warmte-afgiftesystemen, zowel in nieuwbouw als in bestaande bouw. LTV is dan ook niet voor niets als keuzemaatregel opgenomen in het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor nieuwbouw en bestaande bouw. In verschillende Europese landen, waaronder Duitsland en Oostenrijk, wordt LTV al veelvuldig toegepast. In Zweden, Denemarken en Zwitserland is het zelfs verplicht.

Kosten

LTV brengt op het eerste gezicht extra kosten met zich mee. Bij zorgvuldige en evenwichtige afweging, blijkt dat óók uit economisch oogpunt LTV is te prefereren boven conventionele verwarmingssystemen.



Legio voordelen

De voordelen van LTV-systemen zijn legio: HR-ketels leveren in combinatie met LTV een hoger rendement, er treedt minder warmteverlies op in warmtedistributienetten en de efficiënte(re) inzet van duurzame energiebronnen als zonne-energie en aardwarmte komt binnen bereik. Om de energiebesparende toepassing van warmtepompen mogelijk te maken, is een LTV-systeem zelfs een voorwaarde.

Voor de gebruiker heeft LTV meerdere voordelen; een lager energieverbruik, een betere binnenluchtkwaliteit, meer veiligheid en een aanzienlijk beter thermisch comfort in de woning. Het zijn met name deze voordelen die hebben geleid tot uiterst positieve waarderingen van LTV door eindgebruikers.

Samengevat leidt de toepassing van lage temperatuur verwarming tot comfortabelere woningen met een betere binnenluchtkwaliteit, die bovendien efficiënter gebruik maken van vooral duurzame energie. Het is daarom goed breed te kiezen voor LTV.

2 Lage temperatuur afgiftesystemen als standaard

Voor de toekomstige energievoorziening heeft grootschalige invoering van LTV grote voordelen. De overheid streeft er daarom naar lage temperatuur verwarmingssystemen in ons land tot standaard te maken. Vanuit het oogpunt van energiebeleid is het belangrijkste voordeel dat een lage temperatuur afgiftesysteem nu of in de toekomst aangesloten kan worden op alle mogelijke duurzame en energie-efficiënte warmteopwekkers. Deze werken namelijk beter, of in sommige gevallen zelfs uitsluitend, in combinatie met LTV.

Maar ook een aansluiting van lage temperatuur verwarmingssystemen op de huidige, conventionele opwekkers levert direct al energiebesparing op.

De levensduur van een afgiftesysteem in een gebouw is veel langer dan die van de warmteopwekkers, zoals een cv-ketel. Deze worden in de regel na circa 15 jaar vervangen. Gedurende het 'leven' van het afgiftesysteem zullen hierop dus meerdere opwekkers worden aangesloten. Bij de vervanging van de opwekker zijn grote (primaire) energiebesparingen te realiseren. Hoe groot deze zijn, hangt af van de gekozen opwekker. LTV-systemen openen dan geheel nieuwe mogelijkheden voor energie-efficiënte warmteopwekking. Immers LTV-systemen kunnen zowel aangesloten worden op traditionele warmteopwekkers, als op meer duurzame en efficiënte systemen, waarbij alle combinaties een (veel) betere energie-efficiëntie kunnen bereiken dan wanneer ze worden gecombineerd met een 90/70°C-systeem. Een aantal typen warmteopwekkers kan zelfs uitsluitend met LTV-systemen worden toegepast.

De geringe meerkosten die nodig zijn om nu LTV toe te passen, creëren dus een enorm potentieel voor energiebesparing en de inzet van duurzame bronnen in de toekomst. Toepassing van een traditioneel 90/70°C-systeem daarentegen blokkeert deze opties, omdat de meeste duurzame opwekkers slecht of zelfs helemaal niet functioneren in combinatie met een dergelijk conventioneel afgiftesysteem. Gerekend over de totale levensduur van een gebouw verdient LTV daarom ook uit economisch oogpunt de voorkeur boven een 90/70°C-systeem.



3 Comfort en gezondheid

Lage temperatuur verwarming blijkt in de praktijk als zeer comfortabel en aangenaam ervaren te worden. Niet voor niets wordt een wand met wandverwarming ook wel 'knuffelwand' genoemd. Door de aangename stralingswarmte ontstaat een hoog thermisch comfort.

Het principe is niet nieuw. Al in de oudheid pasten de Romeinen lage temperatuur verwarming toe. Zo hadden vooraanstaande Romeinen al de beschikking over vloerverwarming in hun eigen woning. Ook de publieke badhuizen waren met vloerverwarming uitgerust. Houtvuur zorgde voor de benodigde warmte. Via een ingenieus systeem van luchtkanalen werd opgewarmde lucht door holle vloeren gevoerd en zorgde zo voor comfortabel verwarmde ruimten.

Recent onderzoek onder Nederlandse bewoners van huizen met lage temperatuur verwarming onderstreept de visie van de Romeinen: woningen met lage temperatuur verwarming bevallen beter dan woningen met een ander verwarmingssysteem. In het hoofdstuk 'Bewonerservaringen met lage temperatuur verwarming', wordt op dit onderzoek verder ingegaan.

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat LTV in veel gevallen ook de gezondste en veiligste manier van verwarmen is. De luchtkwaliteit in gebouwen met LTV is vaak superieur aan die in andere gebouwen. En de kans op ongevallen door verbranding is minimaal.

In opdracht van de Novem is een studie uitgevoerd naar de voor- en nadelen van LTV. Hierbij is zowel binnenlandse als buitenlandse literatuur bestudeerd en zijn de uitkomsten van nationaal en internationaal (veld)onderzoek geanalyseerd.

De belangrijkste bevindingen zijn:

Behaaglijk binnenklimaat

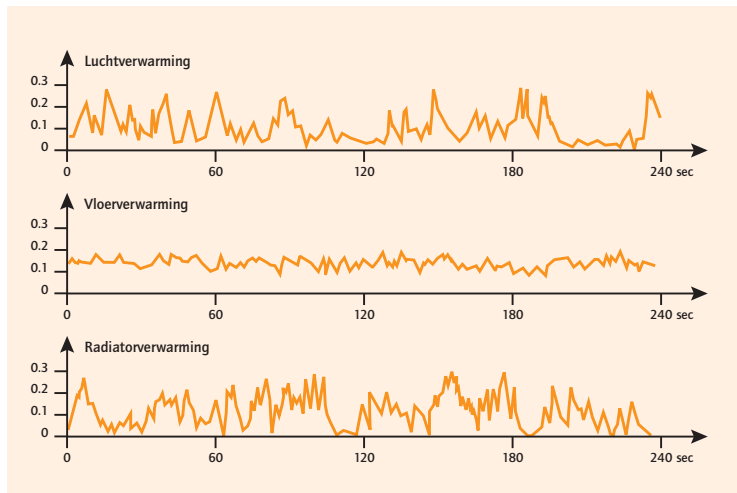
Kiezen voor LTV is kiezen voor een behaaglijk binnenklimaat.

- LTV werkt met een relatief groot aandeel stralingswarmte (met name wand- en vloerverwarming). Stralingswarmte wordt als aangenaam ervaren, net als bij een open haard of kampvuur.
- De temperatuurverdeling is bij LTV gelijkmatiger dan bij reguliere systemen. Bij traditionele systemen kan de luchttemperatuur boven in een ruimte vele graden hoger zijn dan onder in de ruimte. Bij toepassing van LTV zijn de verschillen veel minder groot.
- Bij vloerverwarming heeft de vloer een temperatuur die het comfort-optimum benadert (dit ligt tussen de 23 en 25°C indien men schoeisel draagt, en anders hoger). Zeker wanneer men veel blootsvoets loopt (badkamer) of wanneer er veel op de grond wordt gezeten (speelhoek kinderen) zal men veel plezier hebben van vloerverwarming.
- De kans op tocht is bij LTV relatief klein doordat de luchtsnelheid in ruimten met lage temperatuur verwarming veel gelijkmatiger is dan met traditionele systemen. Zie figuur A.
- Wand- en vloerverwarming is ook te gebruiken voor koeling; hiermee zijn oververhittingsproblemen in de zomer te voorkomen.

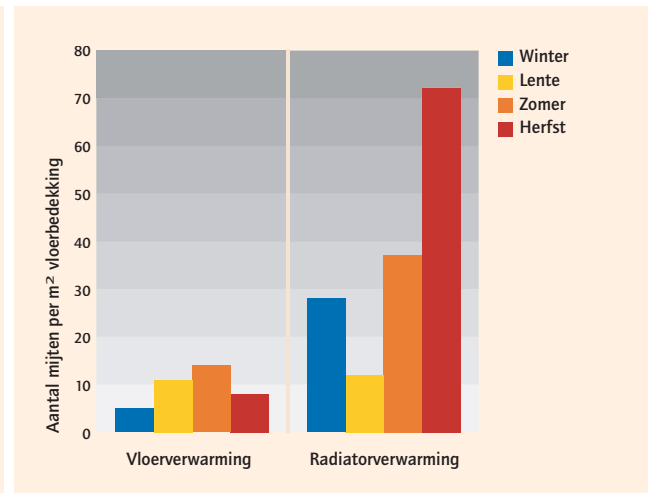
Gezonde binnenlucht

Toepassing van LTV is ook gunstig voor de kwaliteit van de binnenlucht.

- LTV werkt met een verwarmingslichaam met een relatief lage oppervlaktetemperatuur. Dit geeft minder 'stofschroei' met als gevolg dat bewoners minder luchtwegirritaties hebben.
- Toepassing van systemen met een hoog aandeel stralingswarmte (wand- en vloerverwarming) leidt tot een relatief lage luchttemperatuur. Geurhinder en luchtwegirritaties treden minder snel op naarmate de luchttemperatuur lager is.
- Toepassing van vloerverwarming leidt tot een lagere relatieve vochtigheid in de vloerbedekking. Dit belemmert de groei van huisstofmijten (met name bij textiele



Figuur A



Figuur B

vloerbedekking). Zie ook figuur B. Dit is gunstig voor Carapatiënten en anderen met een luchtwegallergie of longziekte. Vandaar dat vloer- en wandverwarming de standaardtoepassing wordt in allergeen-arme woningen.

- Bij wand- en vloerverwarming verdwijnt bouwvocht sneller uit constructies hetgeen de luchtkwaliteit gunstig beïnvloedt, met name het eerste jaar na oplevering.

Veilige woonomgeving

Ook is LTV veilig in vergelijking met traditionele systemen als hoge temperatuur radiatorverwarming.

- Doordat de oppervlaktetemperatuur van het verwarmingslichaam relatief laag is, is er veel minder kans op verbranding. Bij oppervlaktetemperaturen boven 40-45°C bestaat er – bij aanraking – kans op verbranding. Traditionele (hoge temperatuur) radiatoren kunnen 's winters een temperatuur bereiken van 70 tot 90°C. De oppervlaktetemperatuur bij lage temperatuur verwarming blijft altijd onder de veiligheidsgrens van 45°C.
- Doordat, bij wand- en vloerverwarming, het verwarmingslichaam in bouwdeelen is geïntegreerd, zijn blessures ten gevolge van tegen de verwarming vallen en stoten uitgesloten, dit is met name gunstig in woningen met kinderen en senioren.

Aandachtspunten

Een soms genoemd nadeel van vooral wand- en vloerverwarming is de grotere opwarmtijd en de traagheid. Met name in de jaren '70 en '80 had men hier vaak problemen mee, onder andere door de slechtere isolatiegraad van toen en door ontbrekende kennis over geschikte regelstrategieën. Moderne woningen met wand- en vloerverwarming kennen dit euvel niet, op voorwaarde dat de LTV-systemen voorzien zijn van een anticiperende regeling en goede inregel-mogelijkheden. Ook goede voorlichting aan bewoners is belangrijk.

Een aandachtspunt is verder koudeval en koudestraling bij ramen, zeker als men kiest voor wand- of vloerverwarming. Problemen met koudeval zijn te voorkomen door te kiezen voor HR⁺ - of HR⁺⁺ -glas (dit is al standaard in nieuwe woningen) en eventueel extra stroken vloerverwarming vlakbij ramen. Alleen bij relatief hoge ramen of raampartijen (meer dan een verdieping hoog) dient men aanvullende voorzieningen te treffen. Bijvoorbeeld convectoren halverwege de ramen.

LTV is comfortabel en gezond wonen

Lage temperatuur verwarming blijkt in vergelijking met meer traditionele systemen van ruimteverwarming bijna alleen maar voordelen te hebben. LTV is behaaglijk, het is een garantie voor gezonde binnenlucht en een voorwaarde voor veilig wonen. Er zijn vele redenen naast energie-efficiëntie om voor LTV te kiezen. Of het nou gaat om bewoners die luxe hoog in het vaandel hebben, senioren die behaaglijk de winter door willen komen, of ouders die hun astmatische kind rustig willen laten slapen. Zij allen zijn gebaat bij LTV, niet alleen het milieu.

4 Bewonerservaringen met lage temperatuur verwarming

Voor grootschalige invoering van lage temperatuur verwarmingssystemen is de acceptatie door bewoners een voorwaarde. Hoe ervaren bewoners het comfort en binnenklimaat? Wat zien de gebruikers als voor- en nadeel van een LTV-systeem? In de afgelopen jaren zijn ervaringen van enkele honderden bewoners geïnventariseerd. Zij geven een goed beeld van hun waardering over het comfort en binnenklimaat van de meest voorkomende lage temperatuur verwarmingssystemen. De bewonerservaringen bevestigen het hiervoor geschetste beeld in belangrijke mate.

Bewoners zijn over het algemeen zeer tevreden over hun LTV-systeem. Bij radiatoren valt het bewoners vaak niet eens op dat hun woning over zo'n systeem beschikt. Hoewel zij wel opmerken dat de radiatoren wat meer ruimte innemen. Bij vloer- en wandverwarming wordt het ontbreken van radiatoren als een voordeel gezien, net als de gelijkmatige en behaaglijke warmte. Het ontbreken van een koude vloer in de winter ervaren bewoners als evident voordeel. Maar bewoners vinden vloer- en wandverwarming ook wel traag als het om aanwarmen gaat.

Bewonersmeningen t.a.v.	Voordelen	Nadelen
Lage temperatuur radiatoren	lage kosten snelle opwarming	nemen veel ruimte in
Vloerverwarming	geen radiatoren gelijkmatiger warmte behaaglijk	trage opwarming beperken keuze vloerbedekking
Wandverwarming	geen radiatoren gelijkmatige warmte behaaglijk	trage opwarming

Bij vloer- en zeker bij wandverwarming hebben bewoners last van tocht of koudeval bij de ramen van de woonkamer tijdens vorstperioden. De tendens om woningen van HR⁺⁺-glas te voorzien heeft een gunstig effect op het voorkómen van tocht of koudeval bij de ramen, maar kan dit niet altijd vermijden.

Een opvallend groot deel van de bewoners van een woning met wandverwarming vindt de kwaliteit van de binnenlucht verbeterd ten opzichte van hun vorige woning. Bij vloerverwarming en lage temperatuur radiatoren is er voor de meeste bewoners niet zo veel veranderd.

Afgezien van de regelbaarheid is de waardering van bewoners voor de verschillende LTV-systemen groot. Bewoners van een woning met vloer- of wandverwarming vinden hun binnenklimaat in het algemeen flink verbeterd in vergelijking met hun vorige woning met centrale verwarming. Voor een groot deel van de bewoners van een woning met radiatoren maakt dit echter niet veel uit.

5 LTV in nieuwbouw

De kansen voor toepassing van LTV groeit en naarmate eerder in het planproces, bijvoorbeeld in een energievisie van de gemeente, wordt gekozen voor de toepassing van LTV.

De keuze voor LTV sluit geen enkele andere opties uit. Lage temperatuur verwarming is daarmee een optie voor de energievoorziening die uitstekend past in het besluitvormingsproces van de Optimale Energie Infrastructuur (OEI). Naarmate het planproces vordert, wordt de keuze verder ingevuld, maar blijven de extra kosten door toepassing van LTV beperkt tot de investeringen in het afgiftesysteem. Deze extra kosten zijn beperkt en resulteren in een duidelijke meerwaarde aan de woning in de vorm van een gezond binnenklimaat, een beter wooncomfort en flexibiliteit ten aanzien van de toekomstige energievoorziening.

ENERGIE PRESTATIE COËFFICIËNT (EPC) (LTV IN NIEUWBOUW)

De Rijksoverheid stelt voor gebouwen een EnergiePrestatieNorm (EPN) vast. Deze maat voor de (gemiddelde) energiekwaliteit van een gebouw, inclusief technische installaties wordt uitgedrukt in de EPC. Hoe lager de EPC, hoe energiezuiniger het gebouw is. De hoogte van de EPC is vastgelegd in het bouwbesluit in de vorm van een minimum EPC-eis. Sinds 1 januari 2000 is deze 1,0.

Bij honorering van LTV in de Energie Prestatie Norm (EPN) (NEN 5128 voor de woningbouw en NEN 2916 voor de utiliteitsbouw) worden de volgende twee effecten in rekening gebracht:

- het effect van (lage temperatuur) afgiftesystemen met een groot stralingsaandeel op de luchttemperatuur, verdisconteerd in het systeemrendement. Het systeemrendement bij vloer- en wandverwarming wordt 5% gunstiger gewaardeerd, vanwege het verhoogde aandeel stralingswarmte. Bij toepassing van vloer- of wandverwarming in combinatie met een ander LTV-systeem geldt een verhoogde waardering van 2,5%.
- het effect van het temperatuurniveau op het rendement van de warmteopwekking, verdisconteerd in het opwekkingsrendement. Voor HR-ketels geldt een verhoogde waardering van 2,5% bij een aanvoertemperatuur lager dan 55°C. Bij warmtepompen gelden verschillende rendementen bij verschillende temperatuurniveaus (35°C, 35°C < T-aanvoer <= 45°C en 45°C < T-aanvoer <= 55°C) en verschillende warmtebronnen (bodem, grondwater en buitenlucht). Voor collectieve opwekkers (warmtelevering via een grootschalig, dan wel kleinschalig warmteleveringsnet) geldt dat de positieve invloed van een lage temperatuur afgiftesysteem kan worden gehonoreerd via gelijkwaardigheid.

Toepassing van LTV zal door deze effecten leiden tot een lagere EPC-waarde. In de tabel is het effect van een aantal LTV-configuraties op de EPC inzichtelijk gemaakt. Het effect van de verlaging van de EPC is berekend ten opzichte van een situatie met een HR107-ketel in combinatie met HT-radiatoren. In de tabel is aangegeven hoeveel punten de EPC daalt. Dit geeft aan in hoeverre de 'energetische kwaliteit' van de woning toeneemt. Het is duidelijk dat LTV een aanzienlijk effect op de verbetering van de energetische kwaliteit van de woning kan hebben.

Effect van LTV op EPC (nieuwbouwwoningen)	
Combinatie	Effect op EPC
Individueel en collectief (geen warmtelevering)	Referentie HR107 + HT-radiatoren
• HR107 ketel met LT-radiatoren	0,02...0,03
• HR107 ketel met wand- of vloerverwarming	0,05...0,06
• Individuele warmtepomp (bodem) met vloer- of wandverwarming	0,28...0,30



Nieuwbouw

De locatie en opgave worden bepaald en vastgelegd in het structuurplan. Aantallen woningen en bebouwingsdichtheden worden vastgelegd. Bij de locatiekeuze is de aanwezigheid van een warmtebron interessant. Een hoge bebouwingsdichtheid vergroot de haalbaarheid van warmtelevering. De gemeente begint met de energievisie.

Het stedenbouwkundig Programma van Eisen staat centraal. De energievisie wordt verder uitgewerkt. De gemeente besluit tot het al dan niet openbaar aanbesteden van energie-infrastructuur. Tevens kan de gemeente in deze fase besluiten tot het opstellen van een (globaal) bestemmingsplan.

Het programma van eisen wordt vertaald in een stedenbouwkundig plan en een bouwplan. Ook de grondexploitatie wordt verder uitgewerkt. In deze fase zijn onder meer verkaveling en oriëntatie van woningen van belang i.v.m. de benutting van zonne-energie. In het ruimtelijke ordeningsspoor wordt het structuur- of bestemmingsplan verder uitgewerkt. De energie-infrastructuur wordt (openbaar) aanbesteed.

Bouwrijp maken, grondprijs politiek, aanleg infrastructuur en voorzieningen.

Bouwplannen worden uitgevoerd. Aandacht gaat uit naar een goede uitvoering. De gemeente heeft hierin een controlerende taak. In deze fase wordt een gebruikershandleiding voor de woningen ontwikkeld.

Woningen worden in gebruik genomen. In deze fase gaat de aandacht uit naar bewoners-voorlichting en woningonderhoud. De voorlichting moet gericht zijn op goed gebruik van woning en aanwezige installaties. Er is ook aandacht voor monitoring in deze fase.



Herstructurering en grootschalige renovatie

Als een wijk of gebouwcomplex enkele decennia bestaat wordt de leef- en woonkwaliteit verhoogd door herstructurering en/of grootschalige renovatie.

Het (Stedenbouwkundig) Programma van Eisen wordt opgesteld. De energievisie geeft de uitgangspunten voor de energievoorziening en maatregelen. De EPL-bestaande bouw en de Energie-index gelden als referentie voor het vaststellen van ambities.

Het Programma van Eisen wordt vertaald in een stedenbouwkundig plan en vervolgens een bouwplan.

Contacten en voorwaarden voor LTV zijn gelegd in het EPA-traject. Doelgroepbeleid voor energiebesparing bestaande bouw volgt.

Bouwplannen worden uitgevoerd.

Woningen worden in gebruik genomen



Kleinschalige renovatie

Contacten en voorwaarden voor LTV zijn gelegd in het EPA-traject. Doelgroepbeleid voor energiebesparing bestaande bouw volgt.

Afhankelijk van het renovatie-niveau kan een bouwplan nodig zijn. Bij een kleine ingreep volstaat een verbouwingsplan.

Plannen worden uitgevoerd.

(Verbouwde) woningen/ruimten worden in gebruik genomen.



6 LTV in de bestaande bouw

Als LTV alleen in nieuwbouw wordt uitgevoerd benutten we maar een beperkt deel van de potentie van LTV. In de bestaande bouw zijn meer dan voldoende mogelijkheden om LTV toe te passen, vooral als er sprake is van een 'natuurlijk' moment. Dat is bijvoorbeeld het geval bij groot onderhoud, de aanleg van een cv-systeem of bij het vervangen van een ketel. Deze maatregelen moeten in relatie tot aanvullende isolatiemaatregelen worden gezien. Het Energie-PrestatieAdvies (EPA) is een hulpmiddel om energiebesparende maatregelen, waaronder LTV, onder de aandacht te brengen bij de professionele verhuurders en particuliere eigenaren.

Vooraf renovaties, groot- of kleinschalig zijn interessant in verband met LTV. In grootschalige renovatieprojecten of herstructureringsprojecten heeft de gemeente een grote rol in de integrale verbetering van een wijk of stadsdeel. De fysieke maatregelen bij herstructurering (renovatie, sloop en nieuwbouw) hangen namelijk vaak samen met leefbaarheidproblemen waarvoor ook sociale en economische investeringen nodig en beschikbaar zijn (ISV-gelden).

Ook voor kleinschalige renovatieprojecten kan men voor de ontwerpfase initiatieven nemen om optimale kansen te creëren voor LTV. Inhoudelijk bieden het DuBo-beleid en de convenanten met de professionele verhuurders de onderlegger voor de te realiseren besparingsdoelstellingen. LTV is een concrete optie die de weg voor vergaande energiebesparing, ook voor de toekomst, openhoudt.

Wanneer aanbrenge

In de bestaande bouw is het aan te bevelen om LTV aan te brengen bijvoorbeeld bij groot onderhoud, als een cv wordt aangelegd of als de ketel vervangen moet worden. De toepassing van lage temperatuur verwarming moet in relatie met een aantal woning- en installatiekenmerken worden bekeken. Het gaat hierbij om de volgende aspecten:

- Beperking van de transmissieverliezen. Isolatie van de gevel, het dak en de begane grondvloer is noodzakelijk. Voor de beglazing dient tenminste HR-glas te worden toegepast, HR⁺⁺-glas heeft echter de voorkeur;
- Isolatie van ernstige koudebruggen is zeer wenselijk. Koudebruggen zijn van groter belang voor beperking van de transmissieverliezen dan voorheen;
- Doordat bij wand- en vloerverwarming de verwarming geïntegreerd is in de bouwdelen, is de temperatuur in de betreffende bouwdelen hoger, hierdoor neemt het energiegebruik door transmissieverliezen toe. Deze verliezen zijn goed te compenseren door een dikkere isolatielaag toe te passen;
- Beperking van infiltratie- en ventilatieverliezen. Uitgebreide kier- en naaddichting is noodzakelijk. Om voldoende ventilatie te garanderen is bovendien de toepassing van mechanische afzuiging noodzakelijk. De ventilatievoorziening moet goed regelbaar zijn. In verband met het beperken van de warmteverliezen door ventilatie heeft gebalanceerde ventilatie met warmterugwinning echter de voorkeur;
- Voorkomen van tochtklachten. In ruimten waar alleen vloer en/of wandverwarming wordt toegepast dient minimaal HR⁺⁺-glas te worden toegepast. Hierdoor worden tochtklachten door koudeval voorkomen;
- De keuze van de warmtebron. Het aantal verschillende systeemconfiguraties is groot. Bij bestaande bouw komt een HR-ketel in aanmerking, eventueel in combinatie met een zonneboiler. Toepassing van individuele warmtepompen in bestaande bouw ligt minder voor de hand, toepassen van de warmtepomp kan wél in combinatie met collectieve systemen. Afhankelijk van de keuze van de warmtebron voor verwarming, kan de meest optimale warmtebron voor het tapwater worden vastgesteld. Zo ligt het voor de hand om een combiketel toe te passen als een HR107-ketel wordt geïnstalleerd. Bij collectieve systemen ligt collectieve tapwaterverwarming weliswaar voor de hand, maar dit is niet altijd even energiezuinig en dient derhalve van geval tot geval beoordeeld te worden;

- Geschiktheid van de constructies. De draagconstructie van de bestaande woningen dient geschikt te zijn om het extra gewicht van vloer- of wandverwarming te dragen. Met name bij de toepassing van natte systemen is de gewichtstoename aanzienlijk;
- Toelaatbaar ruimteverlies. Bij toepassing van vloerverwarming dient de hoogte van de ruimte voldoende te zijn. Bij toepassing van wandverwarming dient het ruimteverlies ten gevolge van de voorzetconstructie acceptabel te zijn.

In de studie 'Kansrijke concepten met LTV in de bestaande bouw' is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor lage temperatuur verwarming bij de renovatie van woningen. Deze zijn afgezet tegen de omvang van de ingreep en de doelgroep waarvoor de woningen worden aangepakt. In de studie zijn mogelijke invullingen aangegeven voor de toepassing van lage temperatuur verwarming in relatie tot de verschillende renovatiemogelijkheden. Voor de eindsituaties zijn beoordelingen gedaan met betrekking tot comfort, gezondheid, binnenmilieu, energie en kosten.

Renovaties van hoog niveau ('Vernieuwen') zijn in het bijzonder geschikt voor LTV. Bij renovaties van midden niveau ('Opwaarderen') is LTV mogelijk, maar zijn soms aanvullende maatregelen zinvol, bijvoorbeeld vervanging van de bestaande ketel door een HR-ketel, of het aanbrengen van extra isolatie. Bij renovaties van laag niveau ('Specifiek toevoegen') zijn in het algemeen meerdere aanvullende maatregelen nodig om LTV toe te kunnen passen. Het kan zijn dat, naast vervanging van de ketel door een HR-ketel en het aanbrengen van extra isolatie, ook het dubbel glas vervangen moet worden door HR⁺⁺-glas om tochtproblemen te voorkomen en warmteverliezen te beperken. Warmteterugwinning (met een gebalanceerd ventilatiesysteem) is een nog verdergaande maatregel om tot een sterke reductie van de warmtevraag te komen.

Als in de oorspronkelijke woning een cv aanwezig is en extra isolatie wordt toegepast, is het in een aantal gevallen mogelijk om de bestaande radiatoren te gebruiken als lage temperatuur afgiftesysteem. De warmtevraag is dan zodanig verminderd dat dezelfde radiatoren ook op een lager temperatuurniveau nog steeds voldoende warmtevermogen kunnen leveren. Dit verschilt van ruimte tot ruimte. In het verleden werden vooral de radiatoren in sommige slaapkamers en de keukens op lagere binnentemperaturen gedimensioneerd, dit t.o.v. de nieuwe berekeningen (ISSO 51). Dit betekent dat het warmtevermogen van de aanwezige radiator beperkt is, waardoor het gebruik als LT-radiator meestal niet mogelijk is. Aan de andere kant waren in de oude rekenregels een groot aantal veiligheidsingenbouwen, hetgeen in de huidige rekenregels is beperkt. Bovendien werd vaak een radiator type met een groter vermogen geïnstalleerd om klachten te voorkomen. Het is daarom van belang de mogelijkheden van het ombouwen van de bestaande cv tot LTV van geval tot geval te bekijken.

Als het bestaande verwarmingssysteem compleet wordt vervangen door vloer- of wandverwarming, dan dient men er rekening mee te houden dat de warmteafgifte per m² aan grenzen is gebonden. Met name bij vloerverwarming is het toelaatbare temperatuurniveau laag en de warmteafgifte per m² beperkt. Als het beschikbare oppervlak klein is, bijvoorbeeld bij kleine ruimten, is een combinatie met radiatorenverwarming een mogelijke oplossing.

Voor wandverwarming is het beschikbare oppervlak bij kleine ruimten veelal voldoende, mede omdat het toelaatbare temperatuurniveau hoger is. Bij radiatorenverwarming is er in die zin helemaal geen probleem omdat de mogelijke warmteafgifte per m² veel groter is. Nadeel is het ruimtebeslag van de grotere radiatoren.

De meerkosten van de LTV-systemen in bestaande situaties zijn sterk afhankelijk van de overige ingrepen die in het kader van bijvoorbeeld een renovatie worden verricht. Bij vervanging van het verwarmingssysteem ligt toepassing van bijvoorbeeld vloer- of wandverwarming meer voor de hand en zijn de extra investeringen voor het verwarmingssysteem zelf beperkt.

ENERGIEPRESTATIEADVIES (EPA)

De basismethode EPA is een adviesinstrument voor de bestaande woningbouw. In de basismethode EPA is een indicator ingebouwd die aangeeft of LTV zinvol is in de nieuwe situatie met energiebesparende maatregelen. Indien vervolgens LTV wordt toegepast (aanvoertemperaturen lager dan 55°C) verbeteren het systeem- en opwekkingsrendement

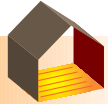
Voor de referentiewoningen voor de bestaande bouw zijn berekeningen gedaan met de basismethode EPA. Allereerst zijn er uitgebreide isolatiemaatregelen genomen en is het verwarmingssysteem aangepast. In deze nieuwe situatie is onderzocht wat het effect is van LTV ten opzichte van HTV. In de tabel is te zien wat de energie-index verbetert als LTV wordt toegepast. De energie-index (EI) is een maat voor de 'energetische kwaliteit' van de bestaande woning, net zoals de EPC dat is voor een nieuwbouwwoning. De referentiesituatie is voorzien van een HR107-ketel met HT-radiatoren. Bij de individuele verwarming is dat een individuele ketel, bij de collectieve verwarming een collectieve. Het blijkt dat ook in bestaande woningen een zekere verbetering van de 'energetische kwaliteit' van de woning wordt bereikt.

Effect van LTV op EI (bestaande woningen)	
Combinatie	effect op EI
Individueel	Referentie HR 107 + HT-radiatoren
• HR107-ketel met LTV	0,01...0,04
• Individuele warmtepomp met LTV	0,04...0,14
Collectief	
• Collectieve HR 107-ketel met LTV	0,01...0,02
• Collectieve warmtepomp met LTV	0,11



7 Lage temperatuur afgiftesystemen

Voor de warmteafgifte worden de volgende systemen toegepast: vloerverwarming, wandverwarming, radiatoren, convectoren en luchtverwarming.



Vloerverwarming

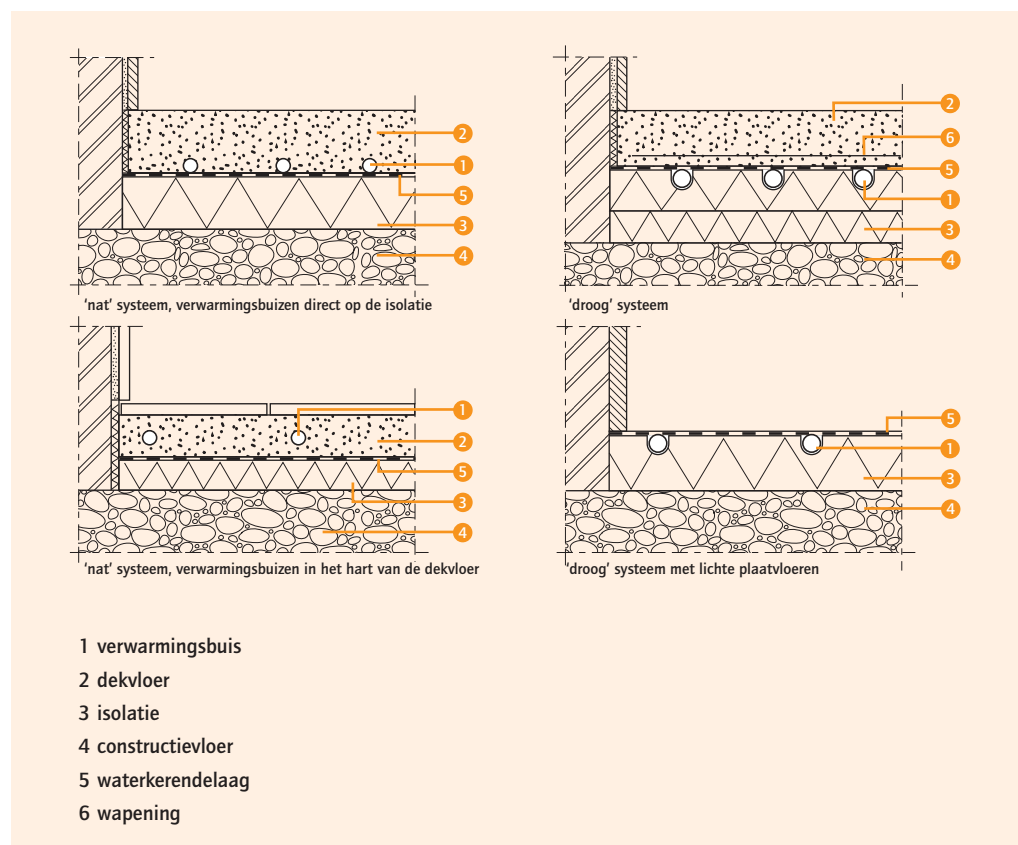
Warmte-afgiftesystemen voor vloerverwarming bestaan in het algemeen uit kunststof buizen die in de dekvloer worden ingegoten (zogenaamde 'zware' systemen). Als onder de dekvloer en langs de randen een isolatielaag wordt aangebracht spreken we van een zogenaamde 'zwevende' dekvloer. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de geluidsisolerende eigenschappen van een dergelijke vloer vele malen beter zijn dan die van een conventionele dekvloer. Met name in appartementencomplexen kan dit interessant kan zijn. Hierbij dient er met name op gelet te worden welk isolatiemateriaal wordt toegepast. 'Harde' isolatieplaten kunnen een negatief effect hebben op de geluidsisolatie.

Naast 'zware' systemen bestaan er ook 'lichte' vloerverwarmingssystemen, bijvoorbeeld voor toepassing in houtskeletbouw of bestaande bouw.

De wijze van aanbrengen in de vloer bepaalt of we te maken hebben met een 'droog' of 'nat' systeem:

'droog' systeem:

De leidingen bij een droog systeem zijn ingebed in sleuven in een laag isolatiemateriaal, die is aangebracht op de constructievloer. Bovenop deze isolatie wordt een waterkerende laag (folie) aangebracht en daar bovenop wordt de dekvloer gestort.





'nat' systeem:

Bij een nat systeem zijn de leidingen ingebed in het hart van de dekvloer. Bovenop de constructievloer bevindt zich een laag isolatiemateriaal (bijvoorbeeld polystyreen). De leidingen liggen of direct op deze isolatie, of worden ingebed in de vloeivoer van anhydriet-zandcement. De dekvloer wordt verder afgestort met het cement. 'Nat' betekent dus dat de leidingen in de natte betonmortel van de dekvloer zijn aangebracht, droog betekent dat ze er onder liggen.

Uitvoering

Vloerverwarming kan worden toegepast in combinatie met vrijwel elke warmtebron. Combinaties van vloerverwarming met radiatoren of met wandverwarming komen in de praktijk regelmatig voor.

De maximaal toelaatbare oppervlaktetemperatuur van de vloer bedraagt (conform NEN-EN 1264) 29°C, behalve in badkamers en randzones. Dit betekent dat de maximale aanvoerwatertemperatuur circa 45°C mag zijn.

Als vloerbedekking komen diverse opties in aanmerking: keramische plavuizen en natuursteen genieten de voorkeur, maar ook parket en textiele of andere materialen zijn mogelijk. Wel mag bij deze tweede groep de warmteweerstand niet hoger zijn dan 0,15 m²K/W.

Vloerverwarming is tot nu toe vooral toegepast vanwege de behaaglijkheid. Maar ook de lagere transmissieverliezen zijn een voordeel. Door de hogere stralingstemperatuur hoeft de luchttemperatuur in de ruimte namelijk minder hoog te zijn. Hierdoor zullen de warmteverliezen over het geheel lager uitvallen.

Bij vloerverwarming zullen de transmissieverliezen bij de begane grondvloer wel toenemen door de hogere temperatuur van de vloer. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de samenstelling van de vloer en van de ontwerptemperaturen. Extra isolatie in of onder de begane grondvloer is daarom aan te bevelen.



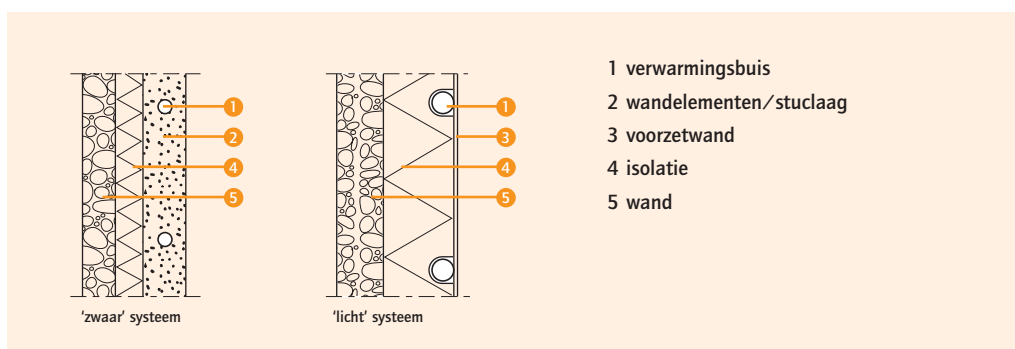
Wandverwarming

Wandverwarming staat vanwege de behaaglijkheid steeds meer in de belangstelling. Net als bij vloerverwarming zijn de transmissieverliezen bij wandverwarming ook minder. Door de lagere luchttemperatuur in de ruimte is er een daling van de bruto warmtebehoefte.



De meest gangbare systemen voor wandverwarming bestaan uit kunststof leidingen die in speciaal voorbereide, gesleufde wanden worden gelegd, waarna de wand kan worden afgestuct (zogenaamde 'zware' systemen). Voor deze toepassing zijn diverse vormstenen verkrijgbaar, waarin de sleuven al zijn aangebracht. Er zijn ook gietbouwsystemen ontwikkeld waarbij de leidingen direct in de wanden worden meegestort.

Naast deze 'zware' uitvoeringen bestaan er, met name voor toepassing in houtskeletbouw of bestaande bouw, ook 'lichte' wandverwarmingssystemen.



De maximaal toelaatbare oppervlaktetemperatuur van de wand bedraagt circa 40°C. Dit betekent dat de maximale aanvoerwatertemperatuur zo'n 55°C mag zijn.

De plaatsing van meubels voor warmte wanden vormt normaal gesproken geen probleem. Wel moet hiermee bij de dimensionering rekening worden gehouden. Ook mogen de bewoners schilderijen, schemerlampen en dergelijke aan de muur bevestigen. Bij het boren moeten zij natuurlijk wel rekening houden met de rasterafstand van de wandverwarmingsbuizen. Vaak wordt wandverwarming gecombineerd met vloerverwarming of radiatoren.

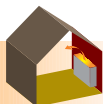
Bij wandverwarming nemen de verliezen in de woningscheidende wanden weliswaar toe, maar deze komen ten goede van de buurwoning, en worden daarom voor het energiegebruik niet als extra verlies gerekend. Bij plaatsing in een buitenwand hangen de verliezen af van de samenstelling van de wand en van de ontwerptemperaturen.



Radiatoren



De ontwerptemperaturen voor een lage temperatuur radiatorenverwarming zijn maximaal 55°C voor de aanvoer-watertemperatuur en 45°C of minder voor de retour-watertemperatuur. In de praktijk komen ook vaak systemen voor met een temperatuurtraject van 55/40 of 55/30°C. Dit betekent dat een wat groter radiatoroppervlak nodig is dan bij de tot nu toe gebruikelijke radiatoren-systemen met een temperatuurtraject van 90/70°C. Overigens is de benodigde afgiftecapaciteit van radiatoren de laatste jaren sterk gedaald als gevolg van betere isolatie van de woningen en de toepassing van HR++-glas. Hierdoor is het mogelijk nu radiatoren toe te passen die even groot zijn als de radiatoren van een aantal jaren geleden. De herziene warmteverliesberekening (ISSO 51) geeft richtlijnen voor een goed ontwerp.



Convectoren

Convectoren bestaan uit dunne warmwaterleidingen met daaromheen, op korte afstand van elkaar, een groot aantal dunne metalen lamellen. Convectoren zijn altijd zo laag mogelijk in een schacht of omkasting gebouwd om de natuurlijke trek en daarmee de afgifte van verwarmde lucht te bevorderen.

Door hun geringe waterinhoud en lage massa zijn convectoren zeer snel op temperatuur. Daarentegen gebeurt de warmteoverdracht, evenals bij luchtverwarming, vrijwel volledig convectief (door stroming van warme lucht). De stralingscomponent ontbreekt dus grotendeels.

Naast wandconvectoren of vrijstaande convectoren in een omkasting zijn er vloer- of putconvectoren. De dimensionering van convectoren komt overeen met die van radiatoren.



Luchtverwarming

Luchtverwarmingssystemen maken, in tegenstelling tot de andere hiervoor beschreven warmte-afgiftesystemen, gebruik van lucht als warmtevoerend medium. In de woning wordt een stelsel van luchtkanalen aangebracht. De warmteafgifte vindt plaats via inblaasroosters in de vertrekken.

Indirect gestookte luchtverwarmingssystemen, waarbij warm water wordt gebruikt om door middel van een warmtewisselaar de verwarmingslucht op te warmen, zijn zeer geschikt voor gebruik van lage watertemperaturen (55°C of lager). Installatie van alleen een aangepaste warmtewisselaar is hiervoor voldoende.

Luchtverwarming leent zich uitstekend voor combinatie met gebalanceerde ventilatie met warmterugwinning uit de af te voeren ventilatielucht (HR-ventilatie).



8 *Stysteemconfiguraties*

Door toepassing van lage temperatuur verwarmingssystemen kunnen warmtebronnen worden gebruikt op een lager temperatuurniveau. Dit blijkt gunstig te zijn voor het rendement. Afhankelijk van het type warmtebron kan de energiebesparing oplopen tot enkele tientallen procenten ten opzichte van een traditioneel, hoge temperatuur systeem. Alleen daarom is het al zinvol om, ongeacht de gebruikte warmteopwekker, een LTV-systeem te kiezen.

De vier meest toegepaste systeemconfiguraties zijn:

- LTV met HR-ketel,
- LTV met HR-ketel en zonne-energie,
- LTV met individuele warmtepomp,
- LTV met collectieve warmtelevering.

In de onderstaande tekst volgt een toelichting op deze systemen, waarbij als referentie een HT-radiatorensysteem met HR-(combi)ketel is gehanteerd. De toelichting gaat in op de uitvoering, de energie- en kostenbesparing en op de (meer)kosten van elk afgiftesysteem. Ook de mogelijkheden voor tapwaterverwarming worden aangestipt. Tevens gaat de tekst in op de toepassing van deze LTV-systemen in de bestaande bouw.

LTV met HR-ketel

Uitvoering

Hoog-rendement (HR) ketels zijn individueel en collectief toepasbaar voor ruimteverwarming en/of warmtapwaterbereiding. In individuele woningen worden beide functies veelal gecombineerd in één toestel, de combiketel. Een combiketel is vaak een doorstroomtoestel.

Een HR-ketel bereikt haar hoge rendement door energie terug te winnen uit neerslaande waterdamp. Voor de condensatie mag de retourtemperatuur niet hoger zijn dan circa 50°C. Bij een traditioneel 90/70°C-systeem, condenseert de HR-ketel dan ook gedurende een groot deel van de tijd niet of nauwelijks en werkt hij als een VR-ketel. HR-ketels werken dan ook pas optimaal in combinatie met lage temperatuur verwarmingssystemen.

Er zijn verschillende mogelijke combinaties van LTV-systemen met een HR-ketel:

- Zeer lage temperatuur verwarming (ZLTV: $T_{a;ontw} < 30^{\circ}\text{C}$): Vloer- of wandverwarming.
- Lage temperatuur verwarming (LTV: $30^{\circ}\text{C} < T_{a;ontw} < 55^{\circ}\text{C}$): Vloer-, wandverwarming, radiatoren, convectoren of luchtverwarming.

Warm tapwater

Voor het bereiden van warm tapwater zijn verschillende mogelijkheden. Belangrijke randvoorwaarde is dat water met een minimum temperatuur van 60°C wordt geleverd. De meest voor de hand liggende optie is om een combiketel toe te passen die zowel de ruimteverwarming als de tapwaterverwarming verzorgt. Eventueel kan een zonneboiler het tapwater (voor)verwarmen.

Ook is het mogelijk om aparte warmtapwater toestellen te installeren, zoals een gasboiler of een elektrische warmtepompboiler die bijvoorbeeld als warmtebron de afgewerkte ventilatielucht gebruikt.

Energiebesparing

Voor alle configuraties geldt dat, door de lagere ontwerptemperaturen, de HR-ketel een hoger opwekkingsrendement heeft. Uitgaande van de EPN is de verbetering 2 à 3%. Dit kan in de praktijk echter oplopen tot 9%. Door verbeteringen van het systeemrendement van vloer- of

wandverwarming zijn de uiteindelijke energiebesparingen nog hoger (berekend voor een standaard referentiewoning conform NEN 5128):

- vloerverwarming met HR-ketel 6% ¹
- wandverwarming met HR-ketel 9% ¹
- radiatoren met HR-ketel 2 à 3% ¹
- convectoren met HR-ketel 2 à 3% ¹
- luchtverwarming met HR-ketel 2 à 3% ²

¹ ten opzichte van hoge temperatuur (HT)-radiatoren (respectievelijk HT-convectoren) en HR-ketel

² ten opzichte van HT-luchtverwarming met HR-ketel

Kostenbesparing

De geschatte directe besparing van uitsluitend het LTV-systeem bedraagt, op basis van 2 à 10 % van het normgasverbruik (1000 m³ aardgas per jaar) van een nieuwbouwwoning, zo'n € 5,- à € 25,- per jaar.

Meerkosten

De meerkosten zijn bepaald voor een projectgrootte van 100 woningen.

vloerverwarming	€ 500,- tot € 1.600,- ¹
wandverwarming	€ 500,- tot € 1.600,- ¹
radiatoren	€ 250,- tot € 500,- ¹
convectoren	€ 250,- tot € 500,- ¹
luchtverwarming	in principe geen meerkosten ²

¹ ten opzichte van HT-radiatoren (respectievelijk HT-convectoren) en HR-ketel

² ten opzichte van HT-luchtverwarming met HR-ketel

Bestaande bouw

In principe komen alle woningen zonder cv in aanmerking voor LTV mits het isolatieniveau wordt aangepast. Voor woningen met cv geldt het volgende:

- 1 Bij woningen van voor 1966 is de cv later aangebracht, vaak in combinatie met isolatie. Als de isolatie ontbreekt of zeer beperkt is aangebracht (alleen dubbel glas), dan is het mogelijk om de extra capaciteit van de radiatoren te benutten voor LTV. Uiteraard wel in combinatie met extra isolatie.
- 2 Woningen gebouwd in de periode van 1966 tot 1975-1979 zijn tijdens de bouw in het algemeen voorzien van cv, terwijl de isolatie veelal slecht is te noemen. Met extra isolatie is het mogelijk om LTV toe te passen zonder veel capaciteitsuitbreiding.
- 3 Voor woningen van na 1979 geldt dat LTV slechts mogelijk is bij een drastische uitbreiding van de capaciteit van de radiatoren. Dit dient van geval tot geval bekeken te worden.

In alle situaties geldt dat van geval tot geval bekeken dient te worden of toepassing van LTV (< 55°C) mogelijk is op basis van de ontstane overcapaciteit.

INVESTERINGSKOSTEN

Een beoordeling van de investeringskosten van LTV is niet meer dan een momentopname van een sterk in ontwikkeling zijnde markt, die zijn evenwicht nog moet vinden. De meerkosten van LTV, worden -nog afgezien van energie- en duurzaamheidsoverwegingen- ruimschoots gerechtvaardigd en soms zelfs direct gecompenseerd door een groot aantal voordelen, met name ten aanzien van comfort, veiligheid en binnenmilieu. Daarnaast is de verwachting dat een bredere toepassing van LT-systemen zal leiden tot dalende (meer)kosten in de toekomst. Schaalvergroting, betere inpassing in het ontwerpproces en betere bekendheid van de installatiebranche met deze systemen, kunnen met name de investeringskosten voor vloer- en wandverwarming fors doen dalen en in de buurt brengen van die van de overige LTV-systemen.

LTV met HR-ketel en zonne-energie

Uitvoering

Bij de toepassing van zonne-energie voor ruimteverwarming, wordt, in verband met de maximale inzet van zonnecollectoren, deze energie ook altijd voor warm tapwater toegepast. Voor dit systeem is warmteopslag nodig om de zonne-energie op het juiste moment te kunnen

benutten en naverwarming om een juist temperatuurniveau te halen.

Zonneverwarmingsinstallaties werken met lage temperatuur verwarming (aanvoer-water-temperatuur maximaal 55°C) en zeer lage temperatuur verwarming (maximaal 30°C).

Toepassing van vloer- en/of wandverwarming ligt in dat laatste geval voor de hand.

Terwijl het collectoroppervlak voor een zonneboiler voor warm tapwater in het algemeen tussen de 2 à 3 m² groot wordt gekozen, is dat voor een zonnecollector voor ruimteverwarming én tapwaterverwarming 4 à 8 m². De optimale hellingshoek is meestal ook iets hoger in verband met een betere benutting van de zonne-energie bij een lage zonnestand (in het voor- en naseizoen). Een goede oriëntatie is echter van het grootste belang. Een zuidoriëntatie is het meest optimaal, maar bij een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest is een opbrengst mogelijk van 90% of meer.

Warmtapwatervoorziening

Voor de tapwatervoorziening wordt altijd gebruik gemaakt van de zonne-energie om tot een optimale benutting te komen.

Energiebesparing

De extra energiebesparing ten opzichte van een HT-radiatorenverwarming met HR-ketel en zonnecollector, bedraagt 3 à 15% van het energiegebruik voor ruimteverwarming.

Kostenbesparing

De geschatte directe besparing door toepassing van LTV in plaats van HTV is, afhankelijk van de aan te houden energiebesparing, zo'n € 10,- à € 40,- per jaar.

Meerkosten

De meerkosten van de warmte-afgiftesystemen zijn hetzelfde als voor het systeem met HR-ketel, te verhogen met de kosten voor de zonne-energie componenten. Deze bedragen € 1.500,- tot € 3.000,- per woning, afhankelijk van de uitvoering.

Bestaande bouw

Voor de bestaande bouw komen in eerste instantie radiatoren en de toepassing van een HR-ketel in aanmerking, omdat hiermee meestal de minste ingrepen nodig zijn. De combinatie met een zonnecollector is een goede optie als het dak hiervoor de goede oriëntatie heeft en als de afstand tot de ketel niet te groot is. Een zonnecollector kan nog een opbrengst van meer dan 90% bereiken bij een positie tussen zuidoost en zuidwest bij een hellingshoek van 20° tot 60°. Voor benutting van de zonne-energie voor ruimteverwarming én tapwaterverwarming is een zonnecollector nodig van 4-8m².

LTV met individuele warmtepomp

Uitvoering

Voor een warmtepomp is (zeer) lage temperatuur verwarming een voorwaarde. Een warmtepomp werkt als een omgekeerde koelkast en onttrekt via een circulerend koudemiddel warmte aan een bron. Deze bron kan ventilatielucht zijn, grondwater of de bodem. De onttrokken warmte wordt door de warmtepomp afgegeven aan het LT-afgiftesysteem.

Warmtapwatervoorziening

Voor warm tapwater is een minimumtemperatuur van 60°C noodzakelijk. Voor warmtapwaterbereiding is de meest voor de hand liggende optie om een combiwarmtepomp voor ruimteverwarming en tapwater toe te passen. Andere opties zijn een aparte warmtepompboiler of bijvoorbeeld een gasboiler.



Energiebesparing

De besparingen van de verschillende warmte-afgiftesystemen in combinatie met een warmtepomp (met als bron: 'bodem') bedragen voor een standaard referentiewoning, berekend conform NEN5128:

- vloerverwarming 36% ¹
- wandverwarming 38% ¹
- radiatoren 35% ¹
- luchtverwarming 22% ¹

¹ ten opzichte van HT-radiatoren en HR-ketel

Kostenbesparing

De geschatte kostenbesparing bedraagt, afhankelijk van de aan te houden energiebesparing, zo'n € 50,- à € 100,- per jaar.

Meerkosten

De meerkosten van de warmte-afgiftesystemen zijn hetzelfde als voor het systeem met HR-ketel. De kosten van de warmtepomp met een bodemwarmtewisselaar zijn circa € 10.000,-.

Bestaande bouw

Het op grote schaal toepassen van individuele warmtepompen in de bestaande bouw ligt niet voor de hand. De kosten per woning zijn hoog en het ruimtebeslag is groot. Dat geldt uiteraard ook voor meergezinswoningen. Bij meergezinswoningen zijn er echter meer mogelijkheden in combinatie met collectieve systemen. Met name meergezinswoningen met een collectieve installatie uit de periode 1965-1975 is een potentiële markt. De extra investeringen om deze woningen geschikt te maken voor warmtepompen zijn daarom relatief laag.

LTV met collectieve warmtelevering

Uitvoering

Naast individuele warmteopwekking (per woning/gebouw) is het mogelijk om warmte collectief op te wekken en deze vervolgens via een warmtenet te distribueren naar de verschillende eindgebruikers. We spreken dan van warmtelevering. Warmtelevering kan zowel grootschalig (voor een hele stad of stadsdeel) als kleinschalig (op wijk- of blokniveau) plaatsvinden. Als er sprake is van lage watertemperaturen, dan leidt dit tot geringere distributieverliezen in de warmtenetten en een beduidend hoger rendement van de opwekking zelf.

Als warmtebronnen zijn er diverse opties:

- restwarmte van elektriciteitscentrales,
- WKK-installaties (WarmteKrachtKoppeling),
- warmte afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties,
- industriële restwarmte,
- warmte afkomstig van biomassacentrales,
- aardwarmte,
- zonne-energie,
- warmtepompen.

Warmtapwatervoorziening

Bij collectieve systemen op een laag temperatuurniveau ligt het niet altijd voor de hand om het tapwater collectief te verwarmen. Als er restwarmte wordt benut is dit vaak wel een goede mogelijkheid. Enkele opties zijn:

- elektrische warmtepompboiler met als bron de ventilatielucht, het warmtenet of een combinatie van een zonneboiler met voorverwarming via het warmtenet,
- apart warmtenet voor warm tapwater met naverwarming via een centrale gasboiler,
- voorverwarming via het warmtenet en naverwarming met een individuele elektro-boiler (meestal niet gunstig),
- aparte gasboiler.

Energiebesparing

De energiebesparing is sterk afhankelijk van de gebruikte systemen. Bij toepassing van een collectieve warmtepomp als warmtebron zijn even grote besparingen mogelijk als bij het systeem met individuele warmtepomp. Daarbij is nog geen rekening gehouden met de extra verliezen voor warmtedistributie.

Voor een aantal andere collectieve warmte-opwekkers kunnen globaal de volgende verbeteringen van het opwekkingsrendement worden gegeven

- Warmtekracht-gasmotor 6 - 12%
- Warmtekracht-STEG 25 - 40%
- Zon-thermisch 50 - 60%

Dit is dus exclusief de verbetering van het systeemrendement. Deze verbetering kan 2,5% tot 5% bedragen.

Overigens zijn ook de verliezen door warmtelevering bij LTV-systemen kleiner dan bij HT-systemen. Door het kleinere temperatuurverschil van de mediumtemperatuur ten opzichte van de buitentemperatuur zullen de warmteverliezen minder zijn bij het transport naar de woningen toe.

Kostenbesparing

De geschatte kostenbesparing varieert, afhankelijk van de aan te houden energiebesparing, € 25,- à € 150,- per jaar.

Meerkosten

De meerkosten van de warmte-afgiftesystemen zijn hetzelfde als voor het systeem met HR-ketel. De meerkosten voor warmtelevering hangen sterk af van de gebruikte systemen en de lokale situatie.

Bestaande bouw

Warmtelevering in combinatie met LTV in bestaande bouw is vooral interessant als er al een collectief systeem is of als de woningdichtheid hoog genoeg is. Dit geldt bijvoorbeeld voor meergezinswoningen uit de periode 1965-1975 met een collectief systeem. Het gaat om circa 260.000 woningen, inclusief 40.000 woningen in de geconcentreerde hoogbouw waar herstructurering zal plaatsvinden. De extra investeringen om deze woningen geschikt te maken voor LTV met warmtelevering zijn relatief gering, uitgaande van de benutting van de bestaande cv-installatie als LTV-systeem. Uiteraard hangt dit af van de uitgangspunten die zijn gehanteerd bij het ontwerp van de oorspronkelijke cv en de mogelijke verbetering van de energetische kwaliteit van de woningen.

WARMTE-KRACHT IN ALLE MATEN

Een zeer gangbare warmtebron voor een warmteleveringsnet is een warmte-kracht-installatie (W/K-installatie). In feite is dit een (kleine) elektriciteitscentrale die de warmte die vrijkomt bij de productie van elektriciteit, nuttig gebruikt om er een warmteleveringsnet mee te voeden. Dit in tegenstelling tot conventionele elektriciteitscentrales die de restwarmte veelal ongebruikt lozen. W/K-installaties zijn er in vele soorten en maten, van grootschalig (W/K-STEG) tot installaties op wijk of blokniveau (W/K-gasmotoren en mini-W/K). De warmte kan (op termijn) ook volledig duurzaam worden opgewekt door gebruik te maken van W/K-installaties op basis van biomassa, een onder meer in Denemarken al veelvuldig toegepaste techniek.

Criterion	HTV met HR-ketel	LTV met HR-ketel	LTV met HR-ketel en zonneboiler	LTV met individuele warmtepomp	LTV met collectieve warmtelevering
comfort					
thermisch	+	++	++	++	++
luchtkwaliteit	+	++	++	++	++
energie					
energiegebruik	0	+	+	++	++
duurzame bronnen	0	0	+	+	+
investeringen					
investeringskosten	+	+	+	0	0
onderhoudskosten	+	+	+	+	+
energiekosten	0	+	+	++	++

- ++ *zeer goed*
- + *goed*
- 0 *gemiddeld*
- *matig*
- *slecht*

9 Kwaliteitswaarborging

Het leveren van een bepaald kwaliteitsniveau is een noodzaak voor het doen slagen van LTV-concepten in de praktijk. Onvoldoende kwaliteit is vaak het gevolg van onvoldoende of slechte communicatie, procescoördinatie, logistiek en technische advisering.

Voor het waarborgen van kwaliteit zijn verschillende systemen mogelijk:

- productcertificatie (KOMO),
- bedrijfscertificatie met behulp van ISO-2000 normen,
- procescertificatie (KOMO-instal).

Procescertificatie

Procescertificatie richt zich specifiek op het omschrijven van de eisen en voorwaarden om het product, zoals een LTV-installatie, volgens een vastgesteld kwaliteitsniveau te realiseren. LTV betekent immers de inzet van een toenemend aantal specialismen, nieuwe technieken en materiaaltoepassingen.

Om een bepaald niveau aan kwaliteit te garanderen is het Model Kwaliteitsbeheersing Klimaatinstallaties (MKK) ontwikkeld. Het MKK is een zogenoemd projectkwaliteitsstelsel dat is afgestemd op het voortbrengingsproces (specificatie, ontwerp, installatie en gebruik) van klimaatinstallaties. In ISSO-publicatie 50 'Ontwerptechnische kwaliteitseisen en richtlijnen voor warmwaterverwarmingsinstallaties met hoge en/of lage temperaturen in woningen en woongebouwen', staat een eenduidig pakket van ontwerptechnische kwaliteitseisen voor het goed functioneren van LTV-warmwaterverwarmingsinstallaties in woningen en woongebouwen. Dit pakket van specificaties heeft tot doel om adviseurs en installateurs praktisch toepasbare richtlijnen te geven als leidraad voor goed functionerende LTV-installaties. Dit is bijvoorbeeld van belang om te kunnen beoordelen of het systeem inderdaad als LTV in de EPN mag worden meegerekend.

Daarnaast is ISSO 50 ook voor andere partijen van belang. Zo kan een architect aanwijzingen vinden voor bouwkundige randvoorwaarden en de momenten in het bouwproces waarop communicatie en afstemming met andere partijen met betrekking tot LTV installaties moet plaatsvinden.

Oprachtgevers kunnen ISSO 50 gebruiken door deze publicatie aan te wijzen als een instrument voor integrale waarborging van de kwaliteit.

ISSO publicatie 50 verwijst naar een aantal andere belangrijke publicaties. Zo is bij vloer- en wandverwarming het van het grootste belang dat de afgiftecapaciteit van de verwarmingslichamen nauwkeurig wordt vastgesteld. Omdat bij nieuwbouwwoningen de warmteverliezen veel kleiner zijn geworden, is een nieuwe methode voor warmteverliesberekeningen opgesteld, die in ISSO-publicatie 51 'Warmteverliesberekeningen voor woningen en woongebouwen' is omschreven. Deze berekeningsmethode houdt veel meer dan voorheen rekening met de kleinere warmtevermogens die benodigd zijn. De warmte-afgiftesystemen worden optimaal afgestemd op de woning. Overcapaciteit, met als gevolg onderbenutting van de systemen gedurende het grootste deel van de tijd, wordt hiermee voorkomen.

Andere belangrijke publicaties in verband met de waarborging van de kwaliteit van LTV installaties zijn:

- | | |
|----------|--|
| ISSO 31: | Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties |
| ISSO 46: | Ontwerp van individuele hydraulische schakelingen voor verwarmen eengezinswoningen |
| ISSO 56: | Inregelen van ontwerpvolumestromen in individuele warmwaterverwarmingsinstallaties volgens het 2-pijpsysteem in woningen |

ISSO 49: Vloerverwarming/Wandverwarming
ISSO 66: Vermogen van radiatoren en convectoren in praktijksituaties

Tevens is in het kader van ISSO 50 een checklist opgesteld voor de bestaande bouw. Deze checklist wordt onder andere gebruikt om te toetsen of subsidies kunnen worden verstrekt in het kader van bijvoorbeeld de energiepremieregeling (EPR).

LTV EN GARANTIEBEPALINGEN

Lage temperatuur verwarmingssystemen staan vanaf maart 2001 expliciet genoemd in de GIW-garantieregeling voor de woningbouw. Het GIW (Garantie Instituut Woningbouw) stelt dat uit oogpunt van energiebesparing de voorkeur uitgaat naar de toepassing van LTV.

Installaties moeten gedimensioneerd worden conform warmteverliesberekening ISSO 51. Daarnaast stelt het GIW een aantal voorwaarden ten aanzien van de te hanteren uitgangspunten voor deze berekening, zoals de benodigde opwarmtoeslagen, zekerheidsklasse en regelingen. Voorts doet het GIW een aanbeveling ten aanzien van opdrachtgevers om altijd warmteverlies- en leidingberekeningen alsmede inregelstaten te eisen. Verder raadt het GIW ten zeerste aan om ISSO 50 integraal op te nemen in de contractstukken tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers.

10 Financiële voordeel

Diverse regelingen waarderen lage temperatuur verwarming door middel van subsidies of belastingvoordeel. Voor het bedrijfsleven zijn dit de VAMIL, de EIA en de EINP. Voor de woningbouw is er de EPR.

VAMIL (Aanwijzingsregeling Vrije Afschrijving Milieu-Investeringen)

Deze fiscale regeling biedt een liquiditeits- en rentevoordeel aan ondernemers die willen investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen. De Milieulijst bepaalt welke bedrijfsmiddelen voor VAMIL in aanmerking komen. Ondernemers kunnen dankzij de VAMIL-regeling zelf bepalen wanneer zij de investeringskosten van een bedrijfsmiddel uit de Milieulijst afschrijven. Doel van de VAMIL is het stimuleren van de marktintroductie van milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen.

EIA (Energie-investeringsaftrek)

De energie-investeringsaftrek biedt de mogelijkheid de fiscale winst te verlagen. Het doel van de EIA is het stimuleren van investeringen in milieuvriendelijke apparatuur door het Nederlandse bedrijfsleven. De Energielijst bepaalt welke bedrijfsmiddelen voor de EIA in aanmerking komen.

EINP (Energievoorzieningen in non-profit en bijzondere sectoren)

Deze regeling biedt een subsidie van 18,5 procent op de totale kosten van energiebesparende maatregelen. De doelgroepen zijn de non-profit en bijzondere sectoren (zoals stichtingen, kerkgenootschappen, verenigingen, publiekrechtelijke rechtspersonen en alle zwembaden met een publiekrechtelijk karakter). De technieken die voor subsidie in aanmerking komen zijn dezelfde als die van de EIA.

In de EIA, de EINP en de VAMIL is de investering in een lage temperatuur verwarmings-systemen voor bedrijfsgebouwen opgenomen.

EPR (Energiepremieregeling)

De energiepremieregeling stelt premies beschikbaar voor bepaalde energiebesparende maatregelen. Indien men bovendien een EPA (Energieprestatieadvies) laat uitvoeren worden de premies met 25% verhoogd. Ook voor LTV zijn er premies beschikbaar. Om in aanmerking te komen voor subsidie dient men een checklist in te vullen die is gebaseerd op ISSO 50.

Voor de actuele inhoud van de regelingen wordt verwezen naar www.novem.nl

54 Ecowoningen Carisven in Heerlen



Projectdata

Adres

Carisven 1 t/m 54, Heerlen

Type

wee-onder-één-kap en vrijstaand

Opdrachtgever

Corio Vastu BV, Heerlen

Architect

Archi service / Renz Pijnenborgh,
Den Bosch

Aannemer

Van Campen Bouw / Zelhem BV, Zelhem

Installateur

Ankersmit, Zutphen

Verkoopprijs

€ 118.000

Oplevering

1998 / 1999



De 54 ecowoningen zijn in samenwerking met de gemeente Heerlen ontwikkeld in de nieuwbouwwijk Carisven te Heerlen-noord en hebben de voorbeeldstatus 'Duurzaam en energiezuinig bouwen'. Het zijn twee typen halfvrijstaande koopwoningen. De woningen beschikken over een schuine zuid georiënteerde gevel, waarin de diverse zoncomponenten zoals serre, zonnecollectoren en PV-cellen zijn geïntegreerd. Als warmtebron is een zonneboilercombi toegepast, die zowel de ruimteverwarming als de warmtapwaterbereiding verzorgt. Voor ruimteverwarming is wandverwarming toegepast. Verder zijn een aantal milieuvriendelijke maatregelen toegepast, zoals een regenwatercircuit en duurzaam materiaalgebruik.

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

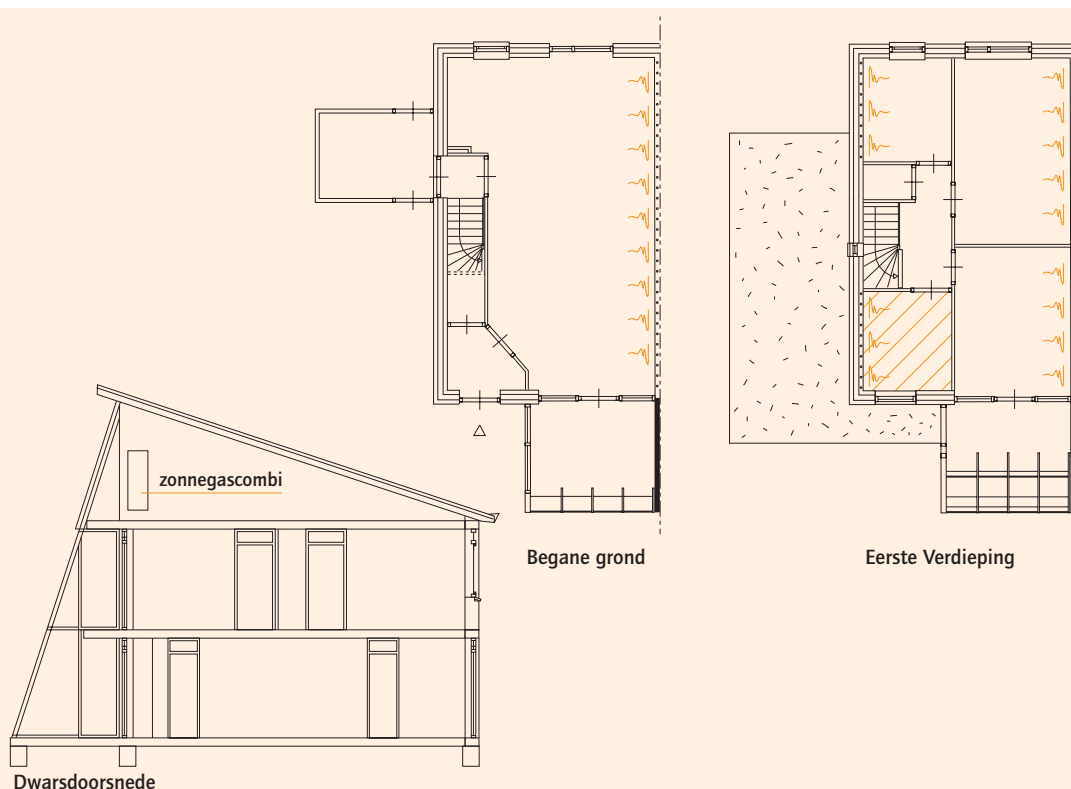
Luchtdichtheid $q_{v,10} = 151 \text{ dm}^3/\text{s}$

Energieprestatie-coëfficiënt 0,93 (exclusief bijdrage van PV-panelen)

Afmetingen

Volume 370 m^3

Gebruiksoppervlakte 125 m^2





Techniek

Algemene omschrijving installaties

De woningen worden verwarmd met een wandverwarming. De warmte-opwekking gebeurt met een HR-Zonnegascombi (een gecombineerd toestel voor ruimteverwarming en warmtapwater door zonlicht-collectoren en een ingebouwde gasbrander voor naverwarming) op de zolder. De gemiddelde aanvoertemperatuur in de CV-leidingen bedraagt zo'n 35°C. Dit wordt gerealiseerd door de HR-zonnegascombi te koppelen aan de zonnecollectoren. Ook het warmtapwater wordt primair verwarmd door deze zonnecollectoren en vervolgens via het gasboiler-gedeelte bijverwarmd tot de vereiste 60°C. Voorts zijn in het bovenste gedeelte van de serre PV-cellen opgenomen voor de opwekking van elektriciteit. Regenwater wordt hergebruikt voor bijvoorbeeld de toilet-spoeling en de buitenkraan.

Praktijkervaringen

Metingen

Metingen aan de installatie hebben aangetoond dat deze in algemene zin naar behoren werkt, maar dat het concept verder geoptimaliseerd kan worden door de warmteopwekking voor ruimteverwarming en tapwater te scheiden. Ook de temperatuurregeling per ruimte is op verzoek van diverse bewoners verbeterd.

Op grond van comfortmetingen blijkt dat het gerealiseerde binnenklimaat zeer goed is: de wand- en luchttemperatuur voldoen aan de verwachtingen en de temperatuurgradiënt is zeer laag te noemen.

Nader onderzoek aan de serres wees uit dat de voorverwarming van de ventilatielucht, ongeacht de buitentemperatuur, ongeveer 6°C bedraagt. Daarmee wordt eveneens een besparing op het energieverbruik gerealiseerd.

Kenmerken

Wamte-opwekker:

- HR-zonnegascombi 18 kW
- zonnecollectoren: 5,6 m²
- PV-cellen: 4 m² (400 Wp)

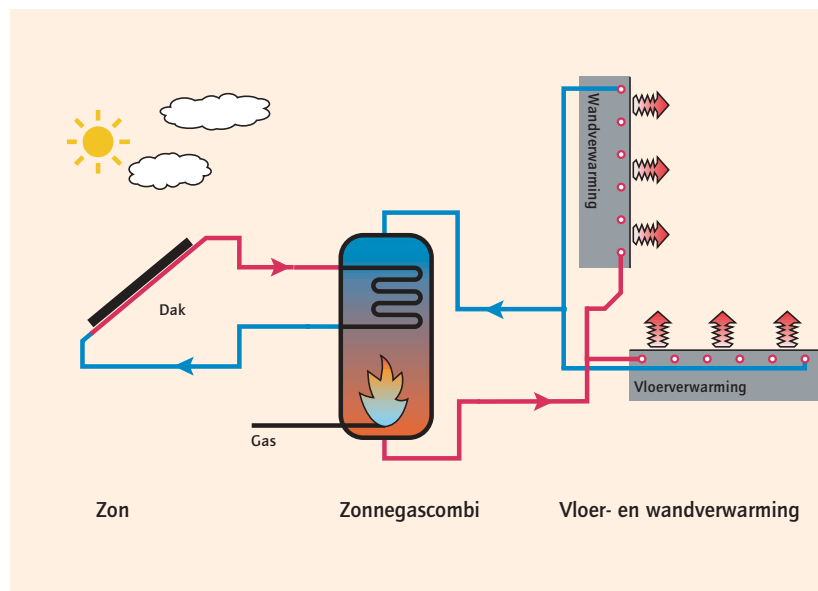
Afgiftesysteem: wandverwarming (50/40°C) met plaatselijk vloerverwarming

Kosten warmteopwekker: € 3100,- excl. BTW, excl. montage

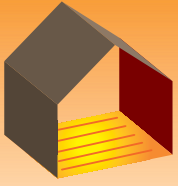
Kosten afgiftesysteem: € 2700,- excl. BTW, incl. montage

Warmtapwater: HR-zonnegascombi, inhoud 240 liter

Ventilatie: natuurlijke luchttoe- en afvoer



74 woningen Weerselostraat te Den Haag



Projectdata

Adres

Weerselostraat, De Luttestraat en
Dalfsenstraat, Den Haag

Type

Rijtjeswoningen

Opdrachtgever

Woningbedrijf Den Haag Zuidwest,
Den Haag

Architect

Splinter Architectenbureau, Den Haag

Aannemer

Muwi Rotterdam b.v., Rotterdam

Installateur

A. Hak Nederland b.v., Tricht
en Breman West b.v., Rotterdam

Verkoopprijs

€ 127.000,-

Oplevering

1998



In De Haag zuidwest zijn 74 woningen gebouwd met een bijzondere indeling. Aan de tuinzijde bevindt zich een vide en een hoge glazen pui, die veel daglicht binnenlaat. De slaapkamer achter heeft, via de vide, uitzicht op de tuin. De slaapkamer op de tweede verdieping aan de voorkant heeft een extra lichtstrook hoog in de gevel, tegen de dakrand aan. De woningen zijn ieder op een andere manier georiënteerd: 32 woningen hebben een tuin op het zuidoosten, de overige 42 woningen op het noordwesten.

De woningen zijn aangesloten op een collectieve warmtepompinstallatie met twee gescheiden, zeer goed geïsoleerde leidingnetten: één voor verwarming en één voor warmtapwater. De woningen hebben vloerverwarming op de begane grond en radiatorenverwarming op de verdiepingen.

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer $R_c = 3,7 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

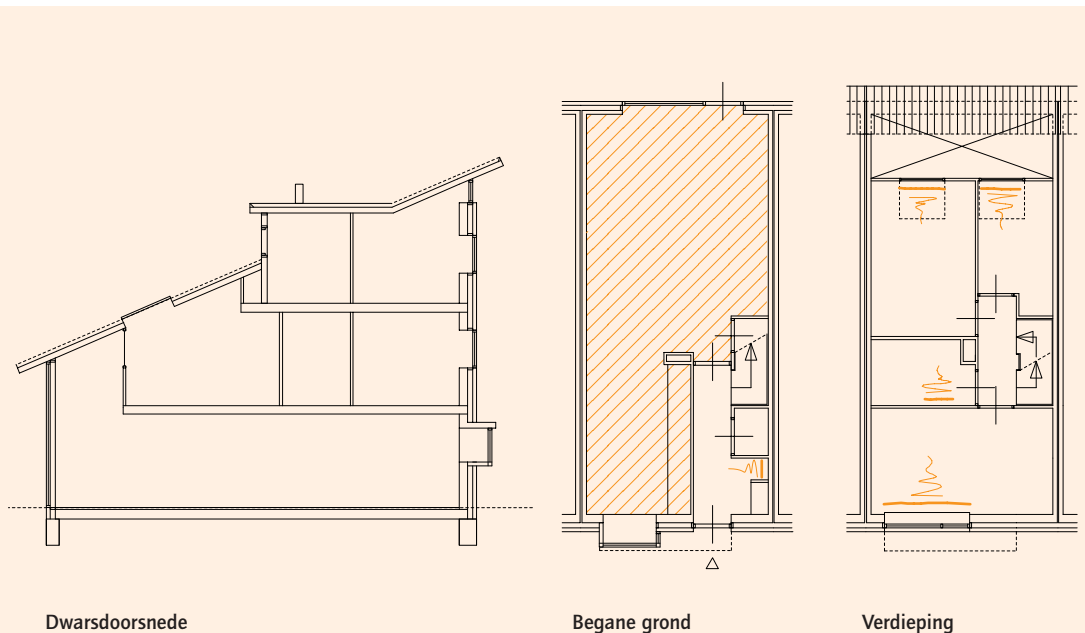
Luchtdichtheid $q_{v,10} = 98-113$
 dm^3/s

Energieprestatie-
coëfficiënt $0,91-0,94$

Afmetingen

Volume 355 m^3

Gebruiksoppervlakte 128 m^2



Dwarsdoorsnede

Begane grond

Verdieping



Praktijkervaringen

Metingen

De EPC-eis ten tijde van de bouw was 1,4. Met de gerealiseerde EPC $\approx 1,1$ is het complex veel energiezuiniger. De luchtdichtheid voldeed pas aan de geadviseerde waarde nadat extra naaddichting was toegepast. Bij metingen over een beperkt aantal dagen leek het thermisch comfort in eerste instantie aan de koude kant. Dit beeld wordt echter niet bevestigd door de bewonersenquête: de bewoners geven aan de warmte van de LT-verwarming als (redelijk) prettig te ervaren. Uit de metingen blijkt verder dat de verticale temperatuurgradiënt ruim binnen de aanvaardbare normen ligt. De woningen warmen wél langzaam op, hetgeen voornamelijk te wijten is aan het ontbreken van isolatie tussen het vloerverwarmingssysteem en de constructievloer. De regelingen van de verwarming zijn achteraf aangepast, zodat de warmte beter verdeeld wordt en het stromingsgeluid verminderd is.

Bewonersenquêtes

Uit enquêtes blijkt dat verreweg de meeste bewoners tevreden of redelijk tevreden zijn over de toegepaste lage temperatuur vloerverwarming en radiatoren verwarming. De warmte wordt als prettig of redelijk prettig ervaren. Over het binnenklimaat in de winter zijn bijna alle bewoners tevreden of zeer tevreden. Voor de zomersituatie zijn zelfs alle bewoners tevreden. De meeste bewoners beoordelen het binnenklimaat als gezond. Een derde van de bewoners heeft de indruk dat het binnenmilieu is verbeterd ten opzichte van de HT-radiatoren uit hun vorige woning doordat er minder stof in de lucht zweeft. De helft van de bewoners heeft wel eens last van tocht of koudeval bij de ramen in de woonkamer, dit ondanks de aanwezigheid van HR⁺-glas. De helft van de bewoners vindt dat de woning niet snel opwarmt. Een klein percentage van de bewoners is ontevreden vanwege de belofte van het energie-distributiebedrijf omtrent het lage energiegebruik van het verwarmings-systeem. Deze belofte is het eerste jaar van bewoning niet waargemaakt.

Techniek

Algemene omschrijving installaties

De collectieve warmtepompinstallatie onttrekt warmte aan het grondwater en levert warmte met een temperatuur van 55°C. De woningen hebben vloerverwarming op de begane grond en radiatorenverwarming op de verdiepingen. Beide afgiftesystemen hebben een temperatuurtraject van 55/30°C. Elke woning heeft een eigen regeleenheid en individuele bemeting. Het warmtapwater wordt eveneens verzorgd door een collectieve warmtepomp met elektrische bijstook. De ventilatie bestaat uit natuurlijke toevoer via roosters in de gevel en mechanische afzuiging.

Kenmerken

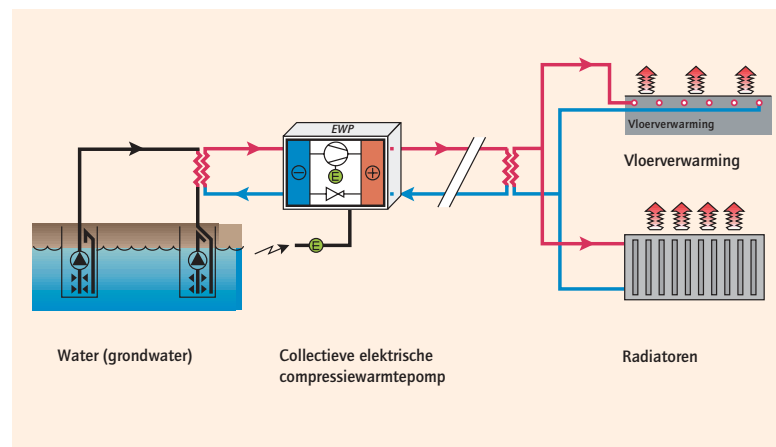
Warmte-opwekker: collectieve warmtepompen

Afgiftesysteem: Vloer- en LT-radiatorenverwarming 55/30°C

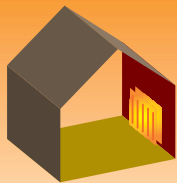
Meerkosten afgiftesysteem: Niet bekend

Warmtapwater: Collectieve warmtepomp met elektrische bijstook

Ventilatie: Mechanische afzuiging, wisselstroom



48 gerenoveerde appartementen Lienaarstraat, Geleen



Projectdata

Adres

Lienaarstraat, Geleen

Type

Huur- en koopappartementen in
bestaand appartementencomplex

Opdrachtgever

Woningcorporatie Woonpunt, Geleen

Architect

Rencken Scholl Architecten, Maastricht
Den Bosch

Aannemer

Aannemersbedrijf Jongen, Landgraaf

Installateur

Gimret Environmental Techniek BV

Verkoopprijs

€ 88.500 tot € 147.500

Oplevering

oktober 2001



Aan de Lienaarstraat te Geleen is een bestaand woonblok van vier bouwlagen en 48 appartementen op hoog niveau gerenoveerd. De nieuwe voorzetgevel is voorzien van een isolatiepakket op nieuwbouwniveau. Tevens zijn de vloer en het dak van het complex nageïsoleerd en zijn nieuwe kunststof kozijnen met HR-glas geplaatst. De collectieve warmteopwekking gebeurt nu met warmtepompen, mini-warmtekrachtkoppeling, zonnecollectoren en HR-ketels als back-up systeem. Door de na-isolatie en het luchtdichter maken van de woningen is het warmteverlies dermate beperkt dat de bestaande radiatoren met een lage watertemperatuur voldoende warmte afgeven om de gewenste binnentemperatuur te bereiken.

De opwaardering van het appartementencomplex maakt verkoop van alle appartementen op termijn beter mogelijk, hetgeen de woningcorporatie als maatschappelijke doelstelling nastreeft. Dit complex is een demonstratieproject in het kader van het EC-THERMIE programma

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Luchtdichtheid niet bekend

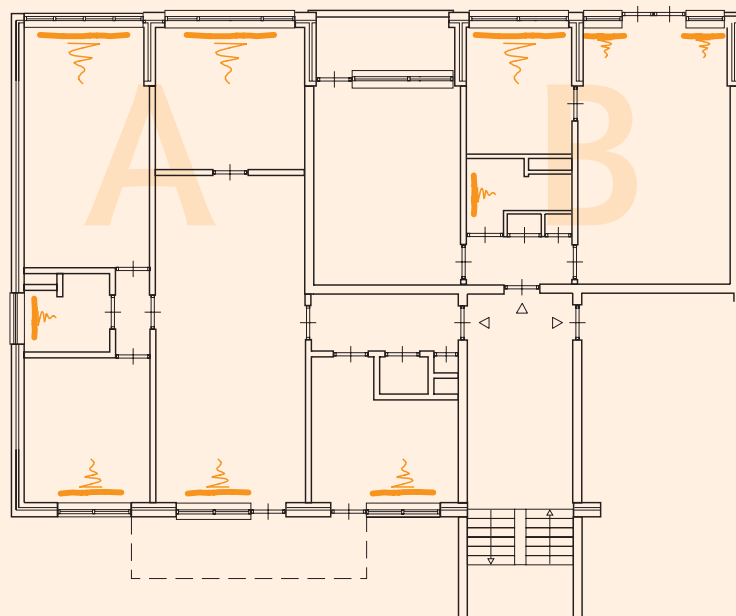
Energieprestatie-
coëfficiënt n.v.t.

(bestaande bouw)

Afmetingen (per woningtype)

Volume 137 tot 227 m^3

Gebruiksoppervlakte 55 tot 91 m^2



Begane grond



Techniek

Algemene omschrijving installaties

De collectieve warmteopwekking gebeurt met een scala aan gekoppelde systemen. Twee warmtepompen onttrekken warmte aan de afvoerlucht uit de woningen en slaan deze warmte op in een centraal opslagvat. De benodigde elektriciteit voor de aandrijving van de warmtepompen wordt geleverd door twee mini-warmtekrachtinstallaties. De 'afvalwarmte' van deze warmtekrachtinstallaties wordt aan het centrale opslagvat geleverd. De zonnecollectoren op het dak leveren eveneens een warmte aan het centrale opslagvat. Voor de naverwarming van het tapwater en als back-up systeem voor de ruimteverwarming zijn vier HR-ketels voorzien. In de zomersituatie wordt het warmtapwater primair opgewekt met de zonnecollectoren. In de wintersituatie gebeurt dit met de warmte van de mini warmtekrachtkoppeling. Door alle isolatie-maatregelen en de verbetering van de luchtdichtheid van de woningen kunnen de bestaande radiatoren in de nieuwe situatie als LT-radiatoren worden gebruikt.

Deze installatie toont aan dat LT-verwarming uitermate geschikt is voor toepassing in combinatie met een veelheid van warmteopwekkers, óók in bestaande gebouwen.

Kenmerken

Warme-opwekker:

- twee mini warmtekrachtinstallaties (2 * 16,5 kW)
- twee warmtepompen (2 * 15 kW_{thermisch})
- 14 zonnecollectoren (totaal 80 m²)
- vier HR-ketels (4 * 57 kW_{thermisch}) als back-up
- centraal opslagvat (2500 liter)

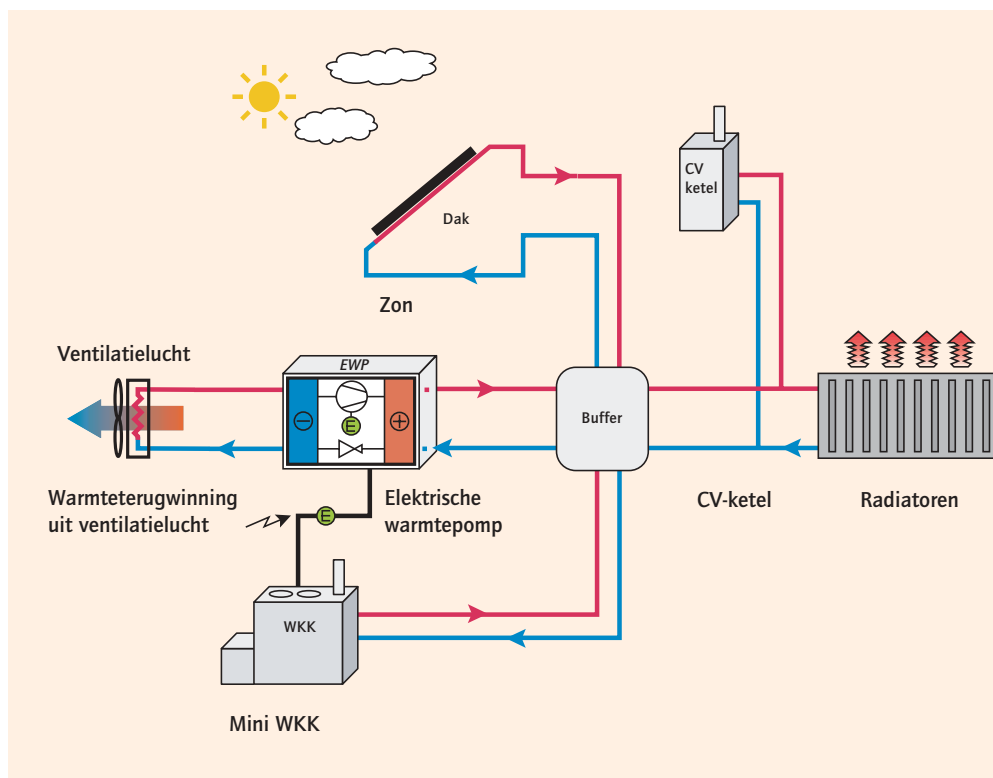
Afgiftesysteem: LT-radiatoren (55/45°C)

Kosten warmteopwekker: € 230.000

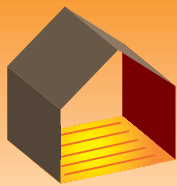
Kosten afgiftesysteem: niet van toepassing

Warmtapwater: Centraal boiler met naverwarming door HR-ketels en collectief distributienet

Ventilatie: individuele natuurlijke toevoer via gevelroosters en collectieve luchtafvoer; enkele appartementen HR-wtw



27 eengezinswoningen Loerik in Houten



Projectdata

Adres

Stadhoudersland 11 t/m 19 en
Rozentuin 4 t/m 10

Type

18 koop- en 9 huurwoningen

Opdrachtgever

Koopwoningen: Dura Bouw Houten bv
Huurwoningen: Algemene
Woningstichting Houten

Architect

nbo Architecten BNA, Woudenberg

Aannemer

Dura Bouw Houten bv, Houten

Installateur

W.A. Kemkens-Brands bv, Arnhem

Verkoopprijs

€ 143.000 (tussenwoning)

Huur:

€ 368 per maand

Oplevering

1998



De wijk Loerik is gelegen in het uitbreidingsplan Houten-Zuid. Er zijn 27 eengezinswoningen gebouwd met een LT-systeem: 18 koop- en 9 huurwoningen. De koopwoningen hebben drie bouwlagen en een plat dak met een breed overstek. De huurwoningen, met twee bouwlagen en een zadeldak, liggen verspreid in de wijk. De vloerverwarming en LT-radiatoren worden gevoed door een combiwarmtepomp met verticale bodemwarmtewisselaar.

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

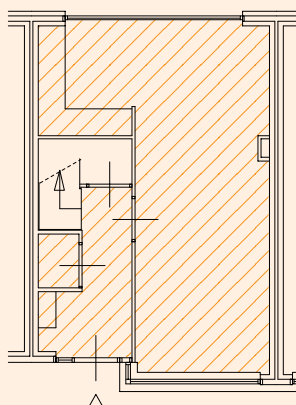
Luchtdichtheid niet bekend

Energieprestatie-
coëfficiënt 0,82 tot 0,92
excl. LT-systeem

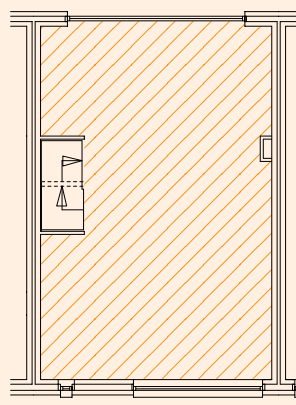
Afmetingen (koopwoningen)

Volume 375 m^3

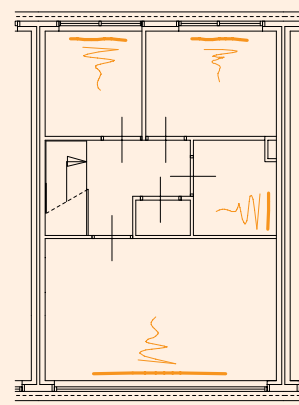
Gebruiksoppervlakte 118 m^2



Begane grond



Eerste verdieping



Tweede verdieping



Techniek

Algemene omschrijving installaties

De koopwoningen beschikken over een individuele combiwarmtepomp voor ruimteverwarming en warmtapwaterbereiding. Voor deze laatste functie wordt incidenteel tot 60°C bijgestookt in een separate warmwaterboiler. De warmtepomp onttrekt warmte tot op ruim 100 meter diepte uit de bodem door middel van een verticale bodemwarmtewisselaar in de tuin of onder de woning. De woningen zijn voorzien van vloerverwarming (45/35°C), zowel op de begane grond als op de eerste verdieping. De overige ruimten worden door LT-radiatoren verwarmd. De woningen zijn voorzien van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van de ventilatielucht via de keuken, de badkamer en het toilet. De huurwoningen hebben vloerverwarming op de begane grond en LT-radiatoren in de overige vertrekken. De warmtebron en warmtapwatervoorziening zijn hetzelfde als bij de koopwoningen.

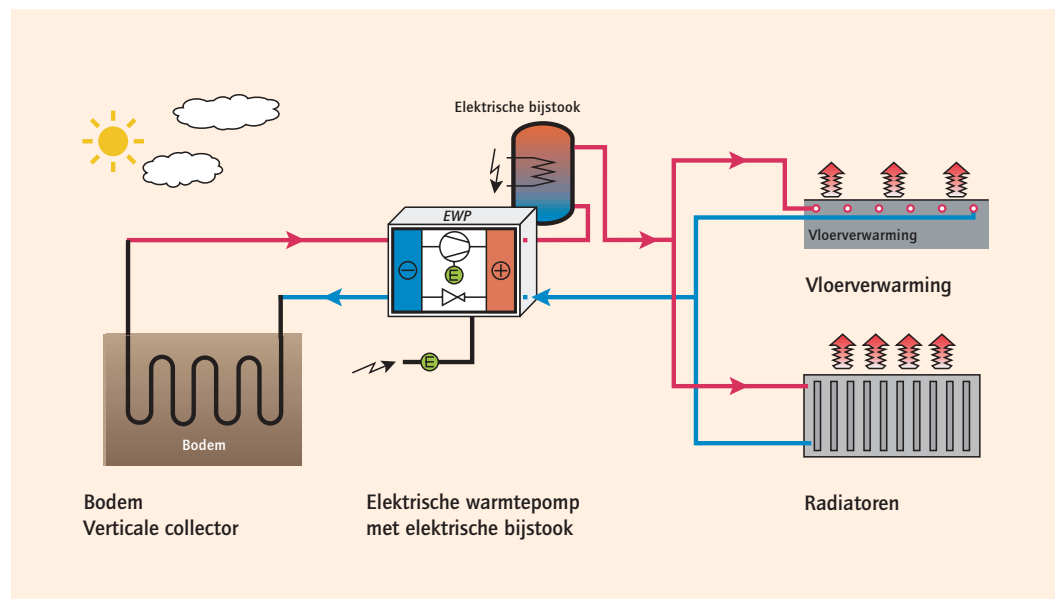
Kenmerken

Wamte-opwekker: individuele combiwarmtepomp

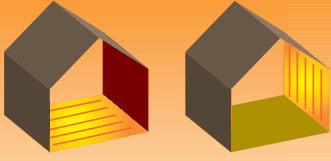
Afgiftesysteem: vloerverwarming (45/35°C)

Warmtapwater: Individuele combiwarmtepomp met elektrische naverwarming

Ventilatie: natuurlijke toevoer en mechanische luchtafvoer



Kantoorgebouw Buro A+ in Kelpen



Projectdata

Adres

Kelperheide 50, Kelpen

Type

Kantoorgebouw

Opdrachtgever

Buro A+, Kelpen

Architect

Buro A+, Kelpen

Aannemer

in eigen beheer uitgevoerd

Grondwerk en fundering

Van Heur te Kelpen

Installateur

TS Energietechniek, Roermond

Bouwkosten

Circa € 450.000

Oplevering

1998



In het kantoorgebouw van Buro A+ te Kelpen zijn een aantal innovatieve bouwtechnieken toegepast. In dit praktijkexperiment is lage temperatuur ruimteverwarming toegepast in een goed geïsoleerd kantoorgebouw in lichte bouwwijze. Als warmtebron is een warmtepomp met verticale bodemwisselaars en HR-combiketel toegepast. Doelstelling is het realiseren van een aanzienlijke besparing van energie in combinatie met een goed thermisch comfort. Verdere milieuvriendelijke voorzieningen zijn onder andere: een energiezuinig verlichtingssysteem, hergebruik van hemelwater en een vegetatiedak.

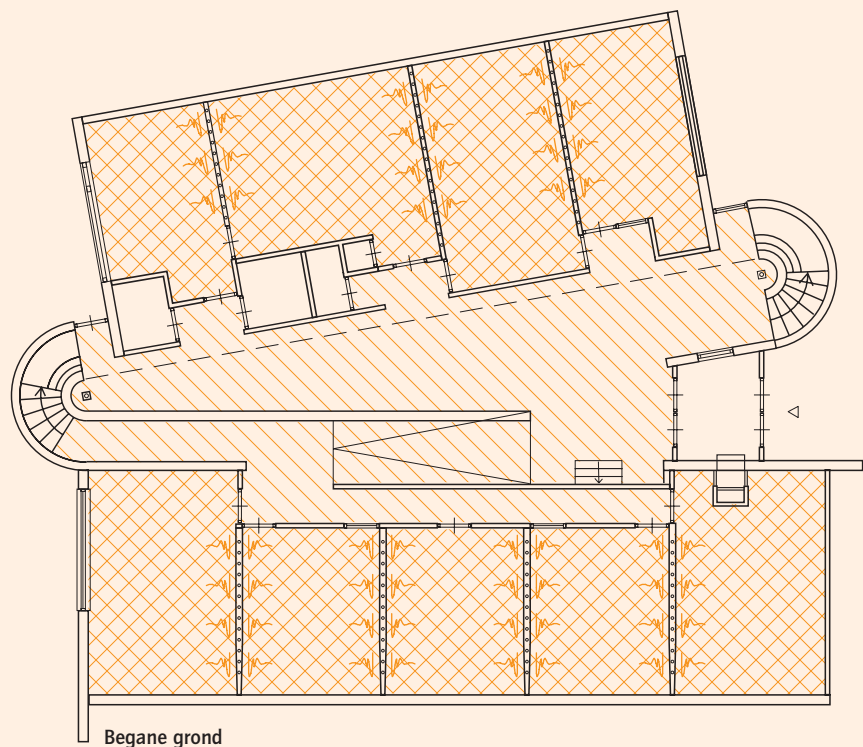
Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel	$R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$
Dak	$R_c = 4,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$
BG vloer	$R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$
Beglazing	$U = 1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Luchtdichtheid	$q_{v,10} = 100 \text{ dm}^3/\text{s}$
Energieprestatie-coëfficiënt	1,15 excl. warmtepomp en LT-verwarming

Afmetingen

Volume	1400 m ³
Bruto vloeroppervlakte	400 m ²





Praktijkervaringen

Metingen

De doelstelling was om een belangrijke energiebesparing te realiseren en een verhoogd thermisch comfort. Deze doelstelling is ruimschoots gehaald: in 1998 werd 34% meer bespaard dan was berekend; in 1999 was dit zelfs 47% meer!

Metingen laten zien dat de toevoertemperatuur vrijwel altijd lager dan 40°C is

Gebruikersenquête

De gebruikers bleken in het algemeen tevreden te zijn over het comfort en de energiebesparing. Voor de zomersituatie zou het LT-systeem ook als koeling gebruikt kunnen worden; deze optie is inmiddels geïmplementeerd. Nader aandachtspunt zijn de vloerverstekken waar extra isolatie nodig is.

Techniek

Algemene omschrijving installaties

Voor warmte opwekking wordt een warmtepomp met verticale bodemwisselaars (aardwarmte) in combinatie met een HR-combiketel voor bijstook toegepast. Via een buffervat wordt de warmte overdragen aan het verwarmingssysteem. In de centrale hal is vloerverwarming aangebracht. De kantoorruimten worden door wand- en plafondverwarming verwarmd.

Kenmerken

Warmtebron: Verticale bodemwarmtewisselaar, diepte 35 meter

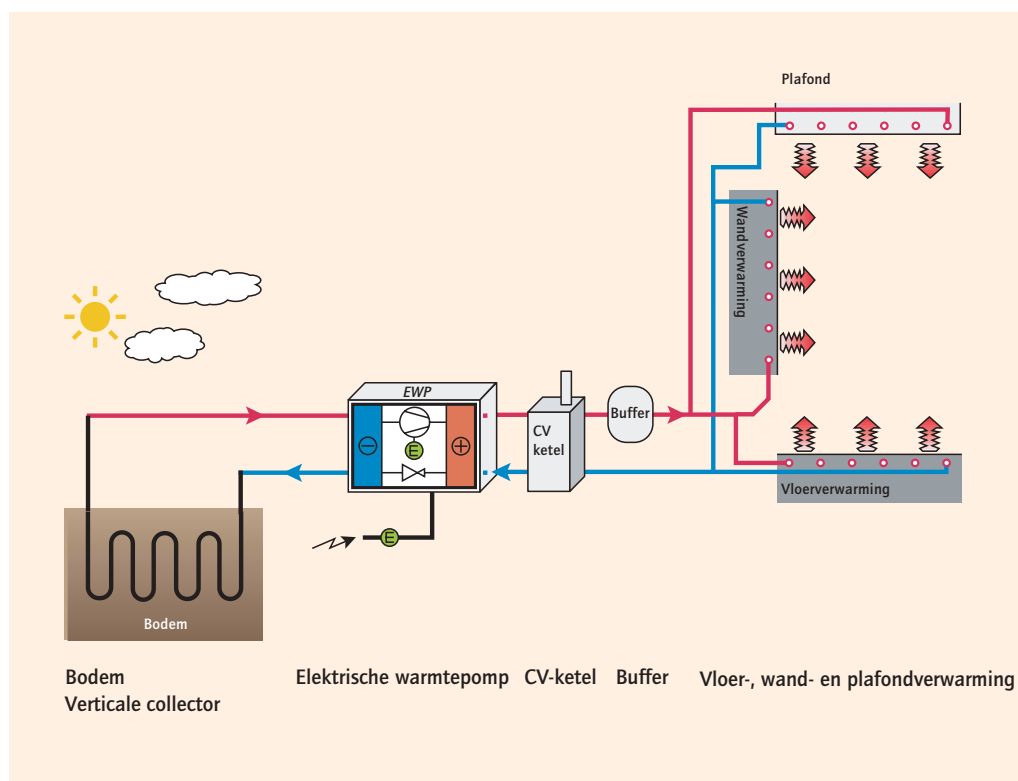
Warme-opwekker (bivalent): Elektrische warmtepomp HR-combiketel als bijstook

Afgiftesysteem: Wand-, vloer- en plafondverwarming (40/30°C)

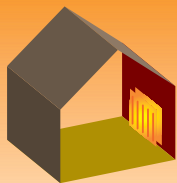
Kosten warmteopwekker en afgiftesysteem: circa € 45.000

Warmtapwater: HR-combiketel

Ventilatie: natuurlijke luchttoe- en afvoer



77 eengezinswoningen Galecop in Nieuwegein



Projectdata

Adres

Anne de Vrieshove en Menno ter
Braakhove - Nieuwegein

type

77 eengezins koopwoningen

Opdrachtgever

Mabon bv, Utrecht

Architect

DeJong Hoogveld deKat Architecten,
Utrecht

Aannemer

ntervam Midden bv, Utrecht

installateur

- Spindler Installatietechniek bv,
Rotterdam
- Bemar Ventilatietechniek bv, Ittervoort

Verkoopprijs

€ 148.400 tot € 162.000

Oplevering

1998



In de wijk Galecop in Nieuwegein zijn 77 koopwoningen met drie bouwlagen gebouwd. Aan de voorkant –op het noorden– zijn de woningen gesloten en voorzien van betrekkelijk kleine ramen. Aan de achterkant is pal op het zuiden een serre geïntegreerd in een diep doorlopend schuin dak. Hierop zijn ook de zonnepanelen geplaatst. De woningen zijn aangesloten op het warmteleveringsnet van Nieuwegein. Het warmteverbruik voor de LT-radiatoren wordt per woning afgerekend op basis individuele bemetering. De woningen zijn gebouwd in samenwerking met het Wereld Natuur Fonds, dat zich inspant voor de realisatie van meer energiezuinige woningen in Nederland.

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel $R_c = 3,8 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer $R_c = 4,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing noordgevel $U = 1,1 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Beglazing zuidgevel $U = 1,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Luchtdichtheid niet bekend

Energieprestatie-
coëfficiënt 0,75

excl. LT-systeem

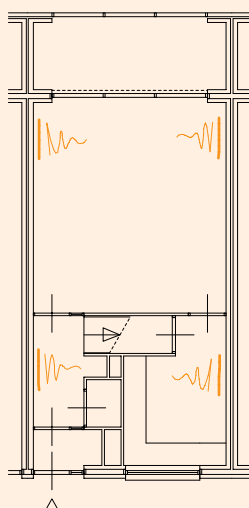
Afmetingen

Volume exclusief serre 355 m^3

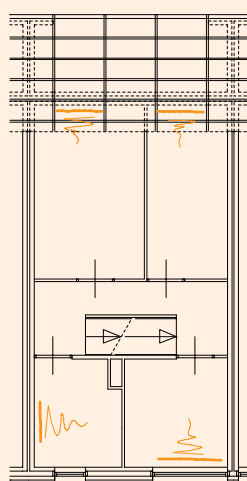
serre

Gebruiksoppervlakte 138 m^2

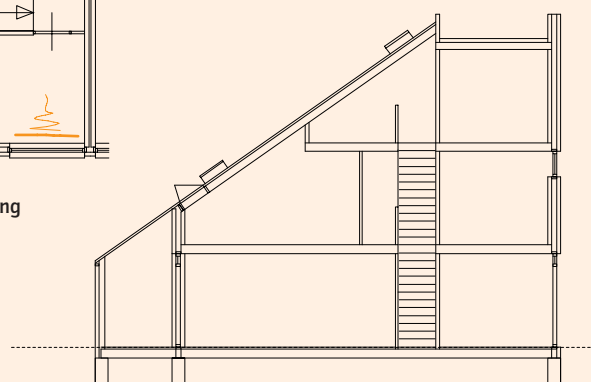
exclusief serre



Begane grond



Eerste verdieping



Dwarsdoorsnede



Praktijkervaringen

Bewonersenquête

De bewoners zijn tevreden of redelijk tevreden over de toegepaste lage temperatuur radiatoren en het binnenklimaat zowel in de zomer als in de winter. Bijna allemaal vinden zij het een prettige, behaaglijke warmte. Bovendien heeft dertig procent de indruk dat het binnenklimaat is verbeterd ten opzichte van de vorige woning met HT-radiatoren. Tweederde van hen vindt dat er minder stof in de lucht zit. Verreweg de meeste bewoners ervaren het binnenmilieu overwegend als gezond.

Over de regelbaarheid is ongeveer zestig procent tevreden en dertig procent redelijk tevreden. Tachtig procent van de bewoners vindt dat de woning snel opwarmt.

Techniek

Algemene omschrijving installaties

De woningen zijn aangesloten op de warmtelevering van Nieuwegein. De warmte wordt per woning afgerekend op basis van het gemeten warmteverbruik. De woningen hebben LT-radiatoren met een temperatuurtraject van 55/45°C. Een retourwaterbegrenzing zorgt voor een retourwatertemperatuur van maximaal 45°C. Voor de warmtapwaterbereiding is in de meterkast een platenwarmtewisselaar aangebracht, waarin het tapwater bij doorstroming tot 60°C wordt opgewarmd. Om verder op het energiegebruik te besparen zijn warmwateraansluitpunten aanwezig voor de vaatwas- en wasmachine. De woningen zijn voorzien van gebalanceerde ventilatie met HR-warmteterugwinning en energiezuinige ventilatoren. Bovendien zijn alle woningen voorzien van vier PV-zonnepanelen met elk een vermogen van circa 100 W_{piek}.

Kenmerken

Warmte-opwekker: warmtelevering met individuele bemetering

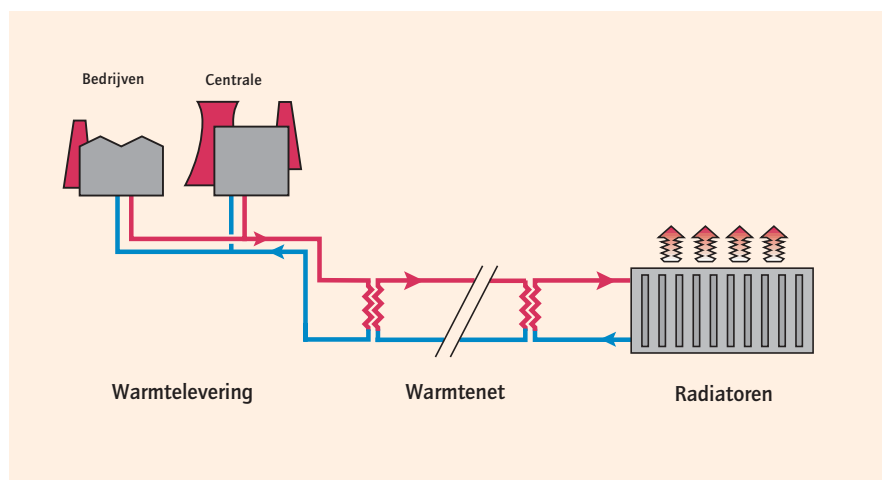
Afgiftesysteem: LT-radiatoren (55/45°C)

Kosten warmteopwekker: niet bekend

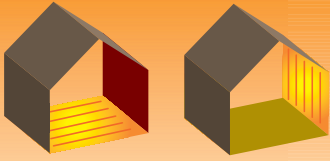
Kosten afgiftesysteem: niet bekend

Warmtapwater: warmtelevering met individuele platenwarmtewisselaar

Ventilatie: gebalanceerde ventilatie (HR-ventilatie)



Kantoorgebouw Rijkswaterstaat in Terneuzen



Projectdata

Adres

Buithaven 2, Terneuzen

Type

Kantoorgebouw

Opdrachtgever

Rijksgebouwendienst directie Zuid-West

Architect

OpMAAT, Delft

Aannemer

Blik en Vos B.V., Terneuzen

Installateur

mttech projects, Goes / Sas van Gent

Verkoopprijs

€ 2.520.000 excl. BTW

Oplevering

2000



Rijkswaterstaat heeft in Terneuzen een kantoor gerealiseerd met een voorbeeldstatus op het gebied van duurzaam bouwen. Binnen een installatie-arm concept is een warmtepomp toegepast, die zijn warmte onttrekt aan het nabijgelegen kanaal van Gent naar Terneuzen. Het centraal gelegen atrium wordt verwarmd met vloerverwarming, de kantoren met vloer- en wandverwarming. De laagtemperatuur verwarming levert een belangrijke positieve bijdrage aan het uitgangspunt van prettig werken in een gezonde omgeving. Een opmerkelijke milieumaatregel is het vele hergebruik van sloopmateriaal, veelal afkomstig van Rijkswaterstaat zelf.

Dit gebouw is een demonstratieproject in het kader van het EC-THERMIE programma

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak $R_c = 4,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Luchtdichtheid niet bekend

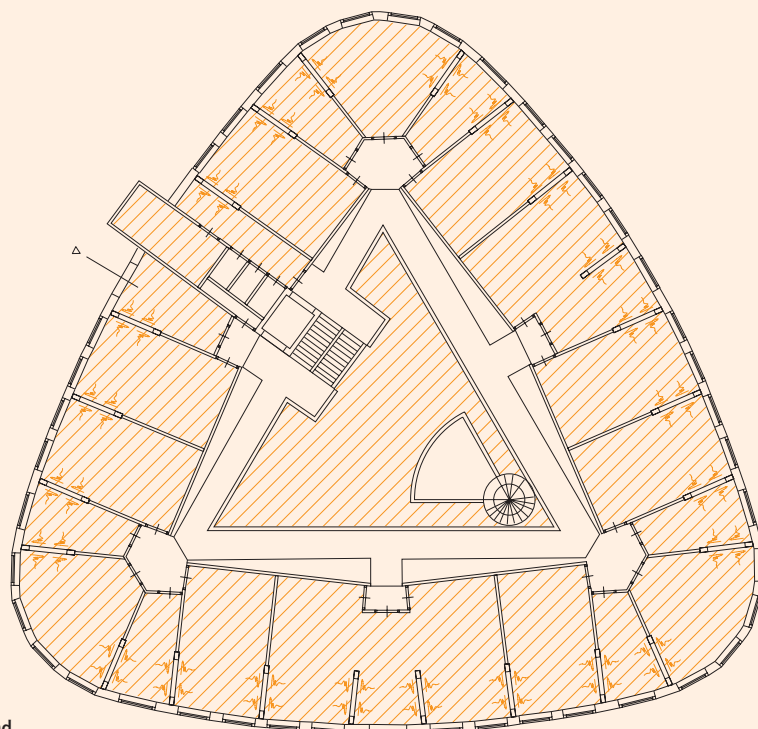
Energieprestatie-coëfficiënt 1,09

Afmetingen

Volume 6120 m^3

Bruto 1750 m^2

vloeroppervlakte



Begane grond



Praktijkervaringen

Metingen

Het verwarmingssysteem functioneert goed; ook na twee uur afkoeling als gevolg van openstaande ramen wordt snel weer de gewenste ruimtetemperatuur bereikt.

In eerste instantie was sprake van (te) hoge ruimtetemperaturen.

Na een gewenningsperiode en door beter gebruik van de individuele temperatuurregeling is nu sprake van een aangenaam binnenklimaat.

Duurmetingen tonen aan dat bij de geheel natuurlijke ventilatie voldoende luchtverversing optreedt.

Gebruikersenquêtes

De gebruikers van het gebouw werden geënuêteerd, zoals dit voor vele andere (conventionele) kantoorgebouwen eerder is gebeurd.

Onderstaand is een overzicht van de resultaten, in vergelijking tot de referentie kantoorgebouwen, opgenomen. Op vrijwel alle kwalitatieve aspecten scoort het kantoorgebouw RWS Terneuzen beduidend beter dan de referentiekantoorgebouwen.

Onderwerp	RWS Terneuzen	Referentie
• Klachten over droge lucht	0 %	43 %
• Klachten over luchtkwaliteit	0 %	27 %
• Tochtklachten	22 %	25 %
• Oogklachten	4 %	> 20 %
• Bedompte lucht	4 %	> 16 %
• Temperatuurfuctuaties	8 %	> 22 %
• Te warm	19 %	> 29 %
• Stof	0 %	> 18 %
• Geluidoverlast	22 %	24 %

Techniek

Algemene omschrijving installaties

Uitgangspunt is een installatiearm gebouw. Mede door het ontbreken van een aardgasvoorziening is gekozen voor de toepassing van een elektrische warmtepomp voor de warmteopwekking. De warmtepomp onttrekt warmte aan het kanaalwater en waardeert deze op tot een maximum temperatuur van 50°C voor de vloer- en wandverwarming. De PV-cellen op het glazen dak van het atrium zetten zonlicht om in elektriciteit. Naast de PV-cellen is het dak ook voorzien van zonnecollectoren met een opslagvat voor de verwarming van het tapwater. Het hele gebouw wordt op natuurlijke wijze geventileerd met elektronische, door de winddruk gestuurde ventilatieroosters en een centrale schoorsteen voor natuurlijke trek. Een koelinstallatie is door de massa van het gebouw, de vaste buitenzonwering en de nachtventilatie overbodig.

Kenmerken

Warme-opwekkers:

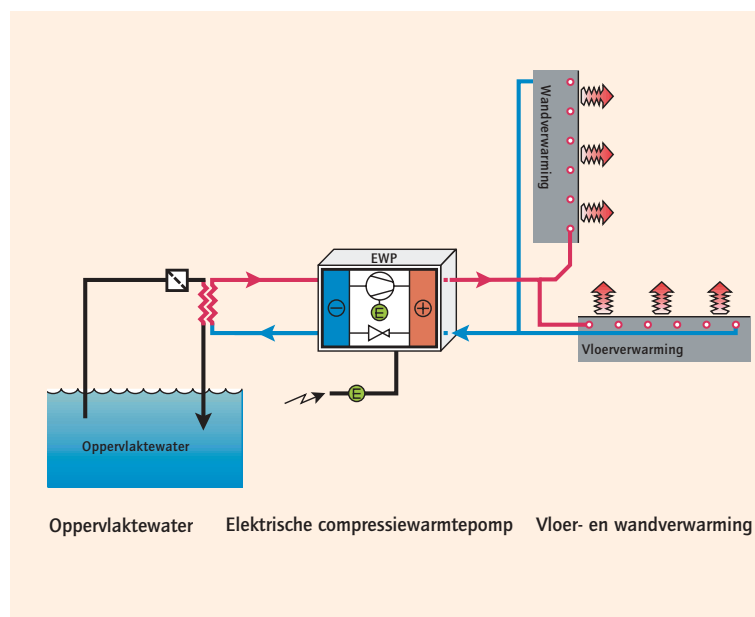
- warmtepomp, oppervlaktewater
- PV-cellen (54 m², uitbreidbaar tot 150 m²)

Afgiftesysteem: wand- en vloerverwarming (50/40°C)

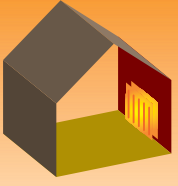
Kosten verwarmingsinstallatie: € 118.000,- excl. BTW

Warmtapwater: Zonnecollectoren met opslagvat

Ventilatie: natuurlijke luchttoe- en afvoer



72 appartementen Cenakel in Tilburg



Projectdata

Adres

Cenakel 13 t/m 84, Tilburg

Type

Koopappartement in woontoren

Opdrachtgever

Stichting De Woonstad, Tilburg

Architect

Bedaux De Brouwer Architecten bv BNA,

Goirle

Aannemer

Heijmans Bouw bv, Eindhoven

Installateur

HEK Installatiemaatschappij,

5103 HS Hertogenbosch

Verkoopprijs

€ 86.220,- tot € 180.600

Oplevering

1998



Het Cenakel, in het zuid-oosten van Tilburg, is een voormalig klooster. Naast het vroegere hoofdgebouw zijn twee nieuwe, 55 meter hoge woontorens van 18 verdiepingen gebouwd. Elke verdieping omvat twee verschillende koopappartementen voor senioren. Het glasoppervlak is nagenoeg volledig op de zon georiënteerd. Door de goede isolatie van het gebouw kan worden volstaan met voor op het eerste oog normale radiatoren met een lage aanvoertemperatuur (55°C). Hoewel de warmteopwekking momenteel nog met centrale HR-ketels gebeurt is het verwarmingssysteem geschikt om in de toekomstige situatie duurzame opwekkers zoals warmtepompen of warmtelevering toe te passen.

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel: $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak: $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer: $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

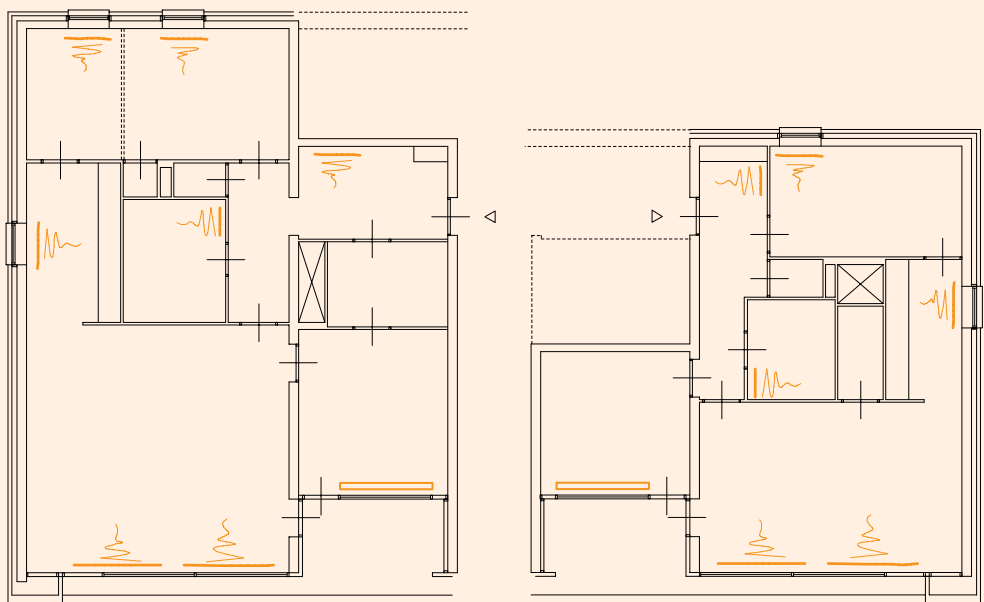
Luchtdichtheid $q_{v,10} = 30 \text{ dm}^3/\text{s}$

Energieprestatie-coëfficiënt 0,89 (exclusief bijdrage LT-systeem)

Afmetingen (per woning)

Volume 244 / 355 m^3

Gebruiksoppervlakte 94 / 136 m^2



Appartement 1

Appartement 2



Praktijkervaringen

Metingen

Het verwarmingssysteem bleek correct ingeregeld op de ontwerp-temperaturen. Het temperatuurverval over de radiatoren was echter te klein vanwege optredende verliezen in de aanvoerleidingen. De ongeïsoleerde leidingen in de dekvloer hebben behoorlijke temperatuurverliezen tot gevolg. Hierdoor is de regelbaarheid van het systeem minder. Het is aan te bevelen om deze leidingen te isoleren. De opwarmtijd voldoet ruimschoots aan de gestelde eis (2°C per uur). De verticale temperatuurgradiënt bedraagt ruim 1°C, wat als comfortabel wordt gezien.

Op basis van comfortmetingen blijkt het comfort goed tot koel te zijn. Het blijkt belangrijk te zijn dat alle installateurswerkzaamheden die afwijken van het standaard werkpatroon goed begeleid worden. Hieronder valt onder meer de inregeling, het aanbrengen en in gebruik stellen van warmtemeters en het ontwerp van het ketelhuis.

Bewonersenquête

De bewoners zijn tevreden of redelijk tevreden over de toegepaste lage temperatuur radiatoren en het binnenklimaat zowel in de zomer als in de winter. Bijna allemaal vinden zij het een prettige, behaaglijke warmte. Bovendien heeft veertig procent de indruk dat het binnenklimaat is verbeterd ten opzichte van de vorige woning met HT-radiatoren, omdat er minder stof in de lucht zit. Bijna alle bewoners ervaren het binnenmilieu overwegend als gezond. Echter, langs de ramen heeft ongeveer een kwart van de bewoners in de woonkamer last van tocht of koudeval in de winter.

Over de regelbaarheid is ongeveer vijfenvijftig procent tevreden en veertig procent redelijk tevreden. Ongeveer dertig procent van de bewoners is ontevreden over de snelheid van opwarmen.

Techniek

Algemene omschrijving installaties

De warmte wordt per woontoren centraal geproduceerd door twee HR-ketels in een ruimte op het dak en vervolgens gedistribueerd naar de appartementen, waar individuele warmtemeters zijn geplaatst. Verder heeft elke woontoren een voorraadboiler voor warmtapwater. Het ringnet voor warmtapwater heeft een constante temperatuur van 55 à 60°C.

De woningen hebben een LT-radiatorenverwarming met een temperatuurtraject van 55/40°C. Door de geringe warmtebehoefte van de woningen zijn de radiatoren niet veel groter dan in vergelijkbare, minder goed geïsoleerde woningen.

Gekozen is voor radiatoren met een geringe waterinhoud, wat gunstig is bij plotseling invallende zonnestraling en wisselvallig weer. Daarnaast zijn de woningen voorzien van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning uit de af te voeren ventilatielucht. De toepassing van LT-verwarming maakt het mogelijk om in de toekomst alsnog duurzame energieopwekking (bijvoorbeeld warmtepompen) in te zetten.

Kenmerken per woontoren

Warme-opwekker: centraal, twee HR-ketels, circa 300 kW vermogen, met individuele bemetering.

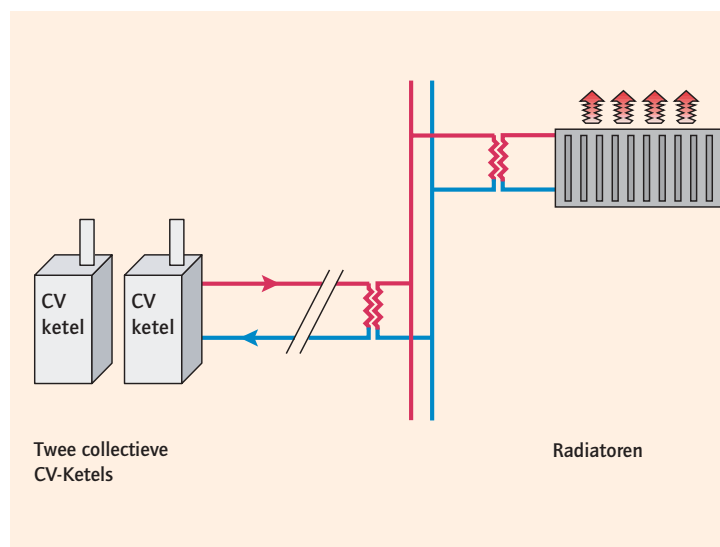
Afgiftesysteem: LT-radiatoren (55/40°C)

Kosten warmteopwekker: geen meerkosten

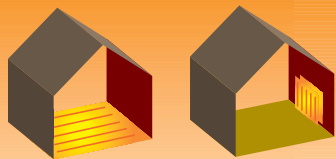
Kosten afgiftesysteem: geen meerkosten

Warmtapwater: Centrale VR-ketel met boilervat (60°C) met distributienet

Ventilatie: individueel, gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning



53 Atriumwoningen 'Die Delfgaauwse Weije' te Delft



Projectdata

Adres

an Joostenplein, Delft

type

Seniorenwoningen in atriumgebouw

Opdrachtgever

Delft Wonen, Delft

Architect

D&E architecten bna bv, Delft

Aannemer

Bouwbedrijf van der Waal, Vlaardingen

installateur

AQ 3 Installatietechniek, Roosendaal

Verkooprij

Sociale huurflats

Oplevering

2000



Als onderdeel van het complex 'Die Delfgaauwse Weije' is een atriumgebouw met daarin 53 seniorenwoningen gerealiseerd. Het complex omvat verder een bestaande zorgflat met 42 appartementen en 60 omliggende nieuwbouwwoningen.

De seniorenwoningen in het atriumgebouw liggen in een U-vorm aan de galerijen. Er zijn tien verschillende woningtypes, verdeeld over vier bouwlagen. De woningen op de begane grond zijn voorzien van vloerverwarming, terwijl de erboven gelegen woningen zijn voorzien van LT-radiatoren. De ruimteverwarming wordt gevoed door 'restwarmte' van de bestaande zorgflat. Dit project is bijzonder omdat het laat zien hoe de 'laagwaardige' restwarmte van het hoge temperatuurverwarmingssysteem alsnog, met lage temperatuur verwarming, kan worden benut. Het is vanwege deze creatieve oplossing dat dit project wordt getoond, ondanks dat de atriumwoningen een EPC van meer dan 1,0 hebben.

Voor de warmtapwaterbereiding wordt gebruik gemaakt van collectieve zonnecollectoren op het dak van het atriumgebouw.

Bouwkundige gegevens

Isolatiepakket

Gevel: $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Dak: $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

BG vloer: $R_c = 3,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Beglazing $U = 1,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

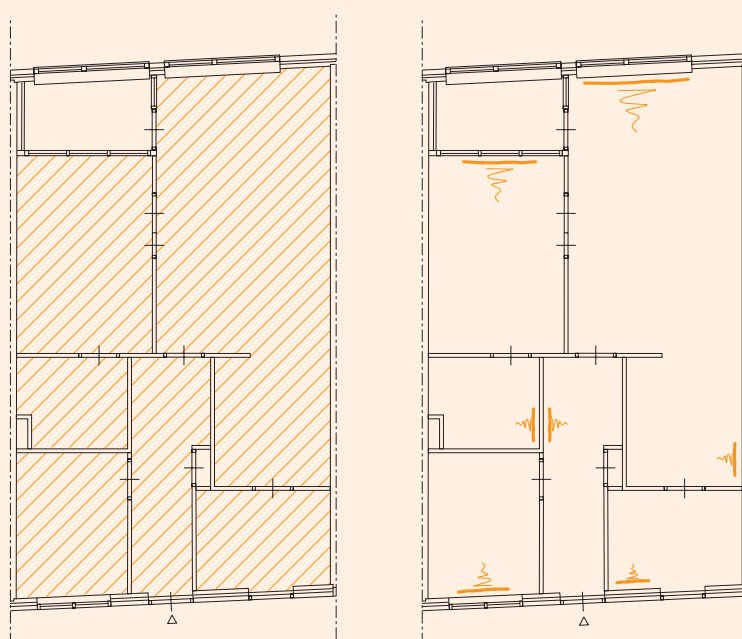
Luchtdichtheid $q_{v,10} = 45-100 \text{ dm}^3/\text{s}$

Energieprestatie-coëfficiënt 1,2

Afmetingen (per woning)

Volume 181 tot 245 m^3

Gebruiksoppervlakte 74 tot 100 m^2



Begane grond

Eerste verdieping



Kenmerken atriumwoningen

- Wamte-opwekkers (collectief): Bestaande cv-installatie zorgflat levert 'restwarmte' aan atriumwoningen
- Afgiftesysteem: Begane grond: vloerverwarming (50/40°C)
- Verdiepingen: LT-radiatorenverwarming (50/40°C)
- Kosten warmteopwrekker: niet bekend
- Kosten afgiftesysteem: niet bekend
- Warmtapwater: Zonnecollectoren (60 m²) met voorraadvaten en 2 HR-ketels als naverwarmer (2*60 kW)
- Ventilatie: Individueel, natuurlijke luchttoevoer en mechanische luchtafvoer

Techniek

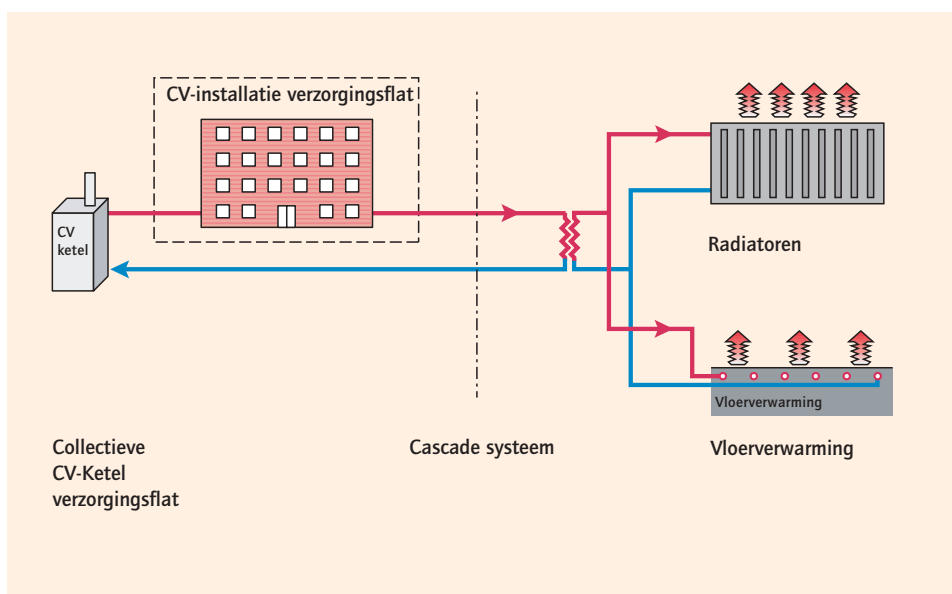
Algemene omschrijving installaties

Complex

Op complexniveau is er sprake van een cascade systeem: de bestaande zorgflat is gebaseerd op een hoogtemperatuur systeem (HT-radiatoren), de omliggende nieuwbouwwoningen op een middentemperatuur systeem (MT-radiatoren) en de atriumwoningen, bestemd voor senioren, op een lage temperatuur systeem (vloerverwarming en LT-radiatoren), dat gebruik maakt van warmte uit de zorgflat.

Atriumwoningen

Het installatieontwerp van het atriumgebouw is gebaseerd op een collectieve installatie met gescheiden levering van warmtapwater en ruimteverwarming. Vanuit de bestaande zorgflat wordt laagwaardige 'restwarmte' (55°C) centraal aan het atriumgebouw geleverd, van waaruit distributie naar de woningen plaatsvindt. De woningen gelegen op de begane grond zijn voorzien van vloerverwarming; de erboven gelegen woningen zijn voorzien van lage temperatuur radiatoren. Het warmtapwater is afkomstig van de centrale voorraadboilers die worden gevoed door collectieve zonnecollectoren op het dak van het atriumgebouw. Indien noodzakelijk vindt naverwarming door middel van twee HR-ketels plaats.



Literatuur

- Eijdem, H.H.E.W. (Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs b.v.), Op 't Veld, P.J.M. (idem), Boerstra, A.C. (BBA Boerstra Binnenmilieu Advies). 'Kwalitatieve aspecten van lage temperatuur warmte-afgifte systemen', i.o.v. Novem, 1999.
- Bouwhulp Beheeradvies b.v., 'Inventarisatie ten behoeve van plan van aanpak LTS in de bestaande bouw', 1998.
- Bouwhulp Beheeradvies b.v., 'Kansrijke concepten met LTV in de bestaande bouw', 2001.
- Vries, G. de, S. Silvester, 'Bewonerservaringen Lage temperatuursystemen', V&L Consultants, TU Delft, i.o.v. Novem, 2000.
- TNO/DWA i.o.v. EnergieNed, NV Sep en Novem, 'Wie laag durft, zal hoog scoren. Samenvattend rapport van Voorstudie naar de effecten en het gedrag van Laag Temperatuur Systemen', 1998.
- TNO/DWA, 'Voorstudie naar de effecten en het gedrag van Laag Temperatuursystemen', 1998.
- Novem, 'Draaiboek LTV voor gemeenten', Novem nr. 2LTV-01.08.
- Novem, 'Referentiewoningen bestaande bouw', Novem nr. 1DUWO01.01, 2001.
- NEN 5128, 'Energieprestatie van woningen en woongebouwen - Bepalingsmethode', Nederlands Normalisatie Instituut, 1998.
- ISSO 31, 'Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties', 1995.
- ISSO 49, 'Vloer- en wandverwarming'
- ISSO 50, 'Ontwerptechnische kwaliteitseisen en richtlijnen voor warmwaterverwarmingsinstallaties met hoge en/of lage temperaturen in woningen en woongebouwen', 2000.
- Aanvulling: 'Checklist voor toepassing van LTV CV-installaties', 2001.
- ISSO 51, 'Warmteverliesberekeningen voor woningen en woongebouwen', 1999.
- ISSO 58, 'Luchtverwarming'
- ISSO 66, 'Vermogen van radiatoren en convectoren in praktijksituaties', 2001.
- Boerstra, A.C. (BBA Boerstra Binnenmilieu Advies), Op 't Veld, P.J.M. (Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs b.v.), Eijdem, H.H.E.W. (idem), The Health, Safety and Comfort advantages of Low Temperature Heating Systems: A Literature Review, Proceedings Healthy Buildings 2000, Vol. 2, blz. 629-634. Helsinki University of Technology, Finland.

nuttige adressen

Novem BV
Postbus 17
6130 AA SITTARD
T: 046-4202312
F: 046-4528260

Stichting Garantie Instituut Woningbouw (GIW)
Postbus 1857
3000 BW ROTTERDAM
T: 010-4332244
F: 010-4332572

Stichting ISSO
Postbus 1819
3000 BV ROTTERDAM
T: 010-2065969
F: 010-2130384

Stichting Lage Temperatuurverwarming
Kastanjelaan 18N
2982 CM RIDDERKERK
T: 0180-462222
F: 0180-461200

English Summary

Low temperature heating systems: more comfort, less energy

To realise the Dutch objectives of energy savings in the built environment, Low Temperature Heating will be necessary in the future. Low Temperature Heating makes it possible to use more different kinds of energy sources, and to use them more efficiently. This is due to the fact that the temperature of the system differs only slightly from that of the demanded comfort temperature. With a maximum supply (water) temperature of 55°C or even less, floor heating, wall heating, low temperature radiators, low temperature convectors or low temperature air heating all meet this demand. As a whole Low Temperature Heating systems can save a substantial amount of energy. Also, Low Temperature Heating provides a higher thermal comfort level and a better air quality than High Temperature Heating.

This brochure shows a comparison between Low and High Temperature Heating systems. On the one hand the heating component itself has many advantages. On the other the whole system has to be considered. For this purpose, four regular system configurations have been worked out for several items, such as the combination with heating facilities for Domestic Hot Water (DHW), the saving of energy and the implementation of Low Temperature Heating in the existing building stock.

Low Temperature Heating has already been realised in several houses and utility buildings in the Netherlands. Eleven examples of projects with Low Temperature Heating are shown. The project data are described, as well as the components of the heating system, the monitoring results and the experiences with the systems. In general, the experiences with Low Temperature Heating are positive.

Dit is een publicatie in het kader van het programma 'Lage temperatuur verwarming' dat Novem uitvoert in opdracht van de ministeries van Economische Zaken en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu.



Uitgave

Novem bv

Samenstelling

Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs bv,
Maastricht
met bijdragen van A.C. Boerstra, e.a.

Redactie

Quint & Partners BV, Apeldoorn

Vormgeving

Bobbert van Wezel Ontwerpers, Luyksgestel

Foto / Art Omslag

Hans Pattist / Bobbert van Wezel

Foto's

Hans Pattist / Novem / Buro A+

Drukkerwerk

Drukkerij Huntjens, Stein

Aan deze brochure kunnen geen rechten worden ontleend. Ofschoon deze brochure met de grootst mogelijke zorg is samengesteld, kan Novem geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.



Swentiboldstraat 21
Postbus 17
6130 AA Sittard
Tel.: 046 420 22 02
Fax: 046 452 82 60

Catharijnesingel 59
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
Tel.: 030 239 34 93
Fax: 030 231 64 91

Novem op internet:
www.novem.nl
www.ltv.novem.nl

2LTV-01.09