



Stichting
Erkende
Restauratiekwaliteit
Monumentenzorg

2017

Uw monument energiezuinig

Praktische tips voor verduurzaming



Colofon

Uitgave:

Stichting Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg

Postbus 420

2800 AK Gouda

T 085 - 4862480

E secretariaat@stichtingERM.nl

W www.stichtingERM.nl

In de Stichting Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg (ERM) stellen opdrachtgevers, opdrachtnemers en overheden kwaliteitsrichtlijnen op voor het onderhouden en restaureren van monumenten.

Tekst: Evert Jan Nusselder, Dick van 't Slot, Kees Zandijk

Eindredactie: Theo van Oeffelt

Fotografie en illustraties: Evert Jan Nusselder, tenzij anders vermeld

Vormgeving: Van Lint in vorm, Burgh-Haamstede

Druk: Quantes, Rijswijk

2^e geactualiseerde en uitgebreide uitgave

© Stichting ERM, 2017

Duurzame monumentenzorg

Goed monumentenbehoud en het aanpassen aan hedendaagse gebruiksnormen vinden we lastig te combineren. Gaat het om prestaties op het gebied van gebruikscomfort en duurzaamheid, dan hebben monumenten de beeldvorming vaak tegen. Isolatie-initiatieven stuiten bijvoorbeeld op bezwaren van monumentenzorg. Nieuwe energiezuinige technieken en installaties lijken doorgaans niet goed inpasbaar. Maar dankzij de beschermde status van monumenten is sloop of vervanging niet aan de orde en scoren zij in materieel opzicht hoog op de duurzaamheidsschaal. Hun bouwstoffen hebben al een lange levensduur en zullen niet snel als sloopmateriaal het milieu belasten.

Wel hoge energiekosten

Bij monumenten zijn meestal geen isolatietechnieken en moderne isolatiematerialen toegepast. De gebouwschil - begane grond, buitenmuren, vensters en deuren, daken - houdt de warmte vaak slecht binnen (zie waaierblad 13). Verouderde verwarmingsinstallaties en een ontoereikend elektrasysteem verhogen het ongemak. En dan zijn (of lijken) er de beperkingen voor benutting van duurzaam opgewekte energie, zoals zonne- en windenergie. Benutting van bodemwarmte en inzet van lage temperatuurverwarming (LTV) heeft meestal nog niet plaatsgevonden.

Thermische verbetering van de gebouwschil is kansrijk, maar standaardoplossingen daarvoor zijn bijna nooit mogelijk, vanwege het monumentenzorgbeginsel van beeld- en materiaalbehoud. Ook de bouwfysische effecten van een toegevoegde isolatielaag zijn riskant. Vochtbelasting door condensvorming, na onoordeelkundige isolatie, vormt een groot schaderisico.

Desondanks is met passende kennis van zaken (monumenteninstandhouding, bouwfysica en installatietechniek) meestal goede milieuwinst en energiebesparing te bereiken. Door slimme aanpassing of vervanging van installatietechniek kan de energie-efficiëntie extra worden verhoogd. Ook behoort duurzame energieopwekking soms tot de mogelijkheden. Het gebouw zelf bepaalt daarbij steeds de kansen en beperkingen: het gaat altijd om maatwerk.

Gebruik natuurlijke momenten

Verduurzamingsmaatregelen zijn het beste uit te voeren tijdens een restauratie of onderhoudsbeurt. Dan kunnen ingrepen gecombineerd worden en ontstaat integrale en 'toekomstbestendige' kwaliteit van monumenteninstandhouding. Deze aanpak is ook het meest kosten-efficiënt.

Inventarisatietekening met kleurcodering van technische kwaliteit en energetische verbeteringsopties van gevelopeningen bij een te verduurzamen hofje



noord- of voorgevel



hofgevel westzijde



hofgevel oostzijde



achtergevel of hofgevel noordzijde










Indicatie van het effect van maatregelen en gebruikersgedrag





De waaierbladen die besparende maatregelen behandelen, bevatten een informatieveld waarin een indicatie wordt gegeven voor het effect van de betreffende maatregel op:

1. de comfortverbetering in vier niveaus van matig , redelijk  , goed    tot uitstekend    
2. de mate van energiebesparing eveneens in vier niveaus van matig, redelijk, goed tot uitstekend    
3. de ordegrootte van de terugverdientijd (TVT) in jaarblokken tussen  0-20 jaar of meer
4. de waaierbladnummers van maatregelen waarmee de behandelde maatregel bij voorkeur of met gunstig effect is te combineren.

Het informatieveld ziet er als volgt uit:

Een ingevuld schema, waarbij een matige comfortverbetering, goede energiebesparing, terugverdientijd van vijftien jaar en combinatie met maatregelbladen 15, 19 en 21 is weergegeven, ziet er dan als volgt uit:

comfortverbetering		t/m	   
energiebesparing		t/m	   
terugverdientijd		0-20 jaar	
combineren met			waaierblad pag.nr.

comfortverbetering			
energiebesparing	  		
terugverdientijd		10-20 jaar	
combineren met			p. 15/19/21

Gebruikersgedrag

De gegeven indicaties gaan uit van permanent en normaal gebruik van het monument gedurende het jaar. Wanneer de bewoners meer of juist minder intensief gebruik van het gebouw maken, veranderen de verbeteringsscores en terugverdientijden aanmerkelijk. Bij een als zomerverblijf gebruikt buitenhuis zijn amper energiebesparingen met isolatiemaatregelen te boeken. Terugverdientijden van een verbeterde verwarmingswijze zullen zeer lang zijn. Andersom kunnen bij een bovenmatig intensief gebruikt monument de besparingen met de behandelde maatregel flink toenemen. De terugverdientijden zijn in dat geval veel korter. Het gebruik bepaalt dus in hoge mate de feitelijke effecten van besparingsmaatregelen.

Appartement onder een laat middeleeuwse kap; de doos-in-doos formule zorgt voor comfort, duurzaamheid en cultuurwaardenbehoud



Aanraakbaarheid en cultuurwaarden

Monumentenzorg staat voor behoud van het gebouw. Maar niet alle onderdelen van het monument zijn even waardevol. Soms zijn in het verleden ingrepen gedaan waarvan enkele van belang, en andere meer als verarming zijn te beschouwen. De 'aanraakbaarheid' van het gebouw en zijn onderdelen is daardoor per pand wisselend en divers. Dat heeft als gevolg dat aanpassingen ten behoeve van energiebesparing en verduurzaming soms wel en soms niet mogelijk zijn. Monumentenverduurzaming gaat dus altijd om gebouw-gebonden maatwerk.

Bouwhistorische analyse vooraf

Een gekwalificeerd bouwhistoricus kan per onderdeel een goede indicatie geven van de cultuurwaarden van het gebouw, en daarmee van de belemmeringen en mogelijkheden voor verduurzamingsmaatregelen.

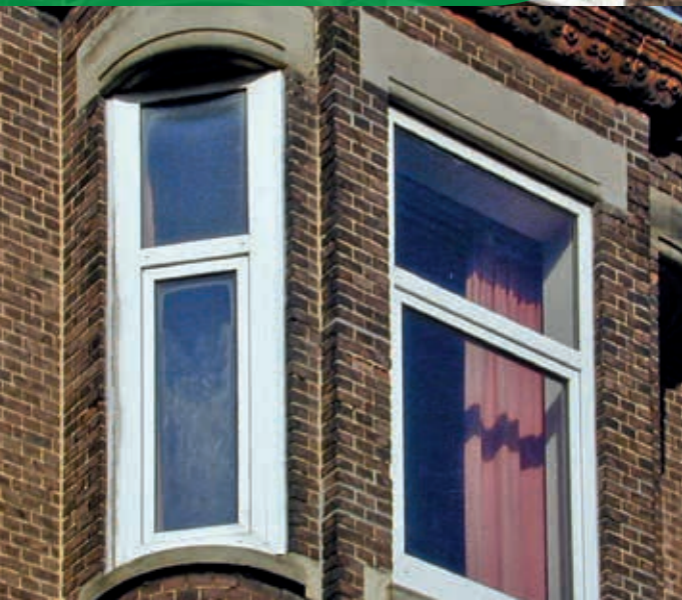
Een monument met veel en kwetsbare cultuurwaarden heeft minder mogelijkheden voor toepassing van energiebesparingstechnieken. En een, qua cultuurwaarden enigszins geïrodeerd pand, kent meer mogelijkheden tot technische verduurzaming. Het voor monumenten ontwikkelde meetinstrument Duurzame Monumentenzorg (zie: www.sbr.nl/dumo) betreft die cultuurwaarden nadrukkelijk in de duurzaamheidsdoormeting van het gebouw. Daarmee wordt voorkomen dat monumenten die nauwelijks 'aanraakbaar' zijn, stevast een laag duurzaamheidslabel krijgen. Maar ook dat kansrijke opties tot verbetering door onterechte waardentoekenning worden geblokkeerd.

Verduurzamingsplannen en gebouwmogelijkheden zijn interactief

De uitkomst van zo'n DuMo-doormeting laat zien welke verduurzamingsopties er voor het pand zijn en welke duurzaamheidswinst daarmee is te boeken. Het gaat daarbij om elementen van de gebouwschil, waarbij de aanraakbaarheid van die bouwdelen aan de binnen- en buitenzijde beoordeeld wordt. Daarbij reikt het gebouw vaak zelf al specifieke verbeterkansen aan. Behalve de gebouwschil kan het ook om andere bouwelementen gaan waar duurzaamheidsmaatregelen kansrijk zijn. Wanneer bijvoorbeeld het plan is om met lage temperatuurverwarming te gaan werken - wat meer radiatoroppervlak of vloerverwarming vereist -, dan is bouwhistorische waardenbepaling nodig van alle interieurdelen die bij plaatsing van verwarmingselementen en leidingdoorvoer kans op verstoring lopen.



Vensterpartij uit 1904 voor en na energiebesparende vervanging in kunststof en dubbelglas; succesvolle energiebesparing, maar fors cultuurwaardenverlies



Wat heeft het monument van nature te bieden?

Benut en herstel de eigen kwaliteiten van het monument op energetisch gebied

Ga na hoe het monument in het verleden aan de comfortbehoefte voldeed en energie gebruikte. Want ook eerdere bewoners hadden behoefte aan een behaaglijk huis of kantoor. Niet alleen het herstel van vroegere bouwkundige kwaliteiten en het wegnemen van gebreken levert energiebesparing op. Ook kan herschikking van functies in het pand in hoge mate bepalen of het een energiezuinig en comfortabel verblijf biedt.

Combineer restauratie en verbeterde energie-efficiëntie

Veel monumenten zijn door lang gebruik versleten geraakt. Zo kunnen ramen en deuren zijn gaan kieren of slecht sluiten, zijn pannendaken hun winddichte aansmering kwijtgeraakt of zijn oude houten beschietingen van de kap of van zolderkamers verdwenen. Oorspronkelijke houten begane grond-vloeren kunnen zijn vervangen in steen of beton, kelders en kruipruimten kunnen zijn volgestort met puin. In de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw werden veel binnenwanden en suitedeuren gesloopt om een ruime 'living' te creëren. Ook verdwenen historische tochtpuien om een grotere entreehal te verkrijgen. Al deze manco's en wijzigingen zorgden voor forse stijging van stookkosten. Zorgvuldig herstel en reconstructie van mankerende gebouwdelen levert dan dubbele winst op: voor het cultuurwaardenbehoud en voor het energiegebruik.

Laat geen 'low-tech' kansen liggen

Profiteer van de aanleg en oriëntering van het gebouw. Projecteer een nieuwe badkamer aan de warme kant van het pand, voorkom teveel zonbelasting door het planten van (lei-)bomen voor de gevel of herstel en gebruik historische binnen- en buitenluiken als warmtebuffer en zonwering. Voor goede ventilatie waren vaak slimme voorzieningen aanwezig; het weer functioneel maken van oude rookkanalen kan gunstig bijdragen, zolang tocht wordt voorkomen.

Bij dit alles is het de kunst mee te werken met de historische gebouwopzet en materialen. Ga er niet 'tegenin' met wezensvreemde bestemmingen, constructies, details en materialen.

Leilinden zorgen voor een ideale natuurlijke zonwering. Ze werken 'volautomatisch' en zijn in de winter bladloos buiten werking



Gebouwschil

Check de staat van onderhoud

Omdat het energiegebruik van het gebouw afhangt van de warmte-technische kwaliteit van de gebouwschil, is behalve een cultuurwaardenopname ook een goede indicatie nodig van de technische staat. Zo kan er sprake zijn van niet opgemerkte gootlekkage, waardoor natte buitenmuren zijn ontstaan. Gevolg is een extreem toegenomen energiegebruik voor verwarming; nat muurwerk laat veel warmte door en doordat het muurvocht richting het interieur uitdampst kost dat veel energie. Eerste zorg is dus een droge gebouwschil.

Beoordeel isolatie-adviezen op hun relevantie voor uw pand

Als, na aanpak van eventuele bouwkundige gebreken, plannen voor 'schilverbetering' via isolatie en vochtbeheersing worden voorgesteld, is het verstandig de realiteitszin daarvan deskundig te toetsen. Soms is helemaal geen grote winst te boeken met extra isolatie. Bijvoorbeeld als er historische binnenbetimmeringen aanwezig zijn, of wanneer de buitenmuur grenst aan een niet verwarmde ruimte. Andersom kunnen als 'goed' beoordeelde bouwdelen bij nadere inspectie een tegenvallende warmte-technische kwaliteit hebben. Standaardplannen voorzien vrijwel nooit in het maatwerk dat een monument vereist.

Neem tijdig de proef op de som

Het beoordelen van isolatieplannen voor monumenten is lastig. Maar het loont altijd de moeite ze te toetsen. Laat bij voorkeur middels thermografie (warmtebeeldopnamen) de warmte-technische gebreken in beeld brengen. Bij daarvoor geschikt koud en bewolkt droog weer, terwijl in het pand de verwarming al ruim een etmaal volop aan staat, komen dan de energetische manco's overtuigend naar voren. Zo'n specialistische opname en bijbehorende beeldinterpretatie kosten geld, maar dit verdient zich ruimschoots terug doordat 'isolatie-overkill' kan uitblijven en de echte warmtelekken vast komen te staan.

Benut alternatieve kansen

Soms kan met relatief weinig middelen een flinke energiewinst en comfortverbetering worden verkregen, zoals door overkapping van een binnenplaats wanneer dat niet conflicteert met de cultuurwaarden.



Warmtebeeldopname van een monumentaal hofje. Verschillen in stookgedrag beneden en boven komen in beeld en het extra warmteverlies via het enkelglas van de vensters



Waar verliest uw monument warmte en wat valt er te besparen?

Leveranciers van isolatiesystemen beloven soms meer energiebesparing dan haalbaar is. Een producent van vloerisolatiesystemen geeft aan dat 'tot 40 procent op stookkosten kan worden bespaard'. Nu verlaat in een doorsnee niet-geïsoleerd woonhuismonument nooit meer dan 5 procent van de verwarmingsenergie via de begane grond vloer het huis. Dus ook met de allerbeste vloerisolatietechniek is niet meer dan circa 4,5 procent besparing te bereiken.

Waar blijft de warmte in huis?

Bij een 'doorsnee' woonhuismonument van 600 m³, dat nog niet is geïsoleerd, half vrijstaat en twee verdiepingen en een zolderruimte heeft, gelden globaal de onderstaande warmteverliespercentages per deel van de gebouwschil:

- begane grond vloer ca. 5 procent;
- buitenmuren ca. 25 procent;
- ramen ca. 30 procent;
- dak ca. 30 procent;
- kieren en ventilatie ca. 10 procent.

De meeste besparingskansen liggen dus bij het dak en de vensters. Ook aanpak van de dichte muurdelen bespaart veel.

Monumenten verschillen onderling

De indicatie betreft een gemiddeld woonhuismonument. Is er bijvoorbeeld veel meer glas in de gevels, zoals bij panden uit de periode van het Nieuwe Bouwen, dan komt het verlies via de ramen nog hoger uit. En bij een fabrieksgebouw van één bouwlaag met cementvloer en eenvoudig geconstrueerde sheddaken vertonen dak en vloer beide meer energieverlies.

Partiële isolatie wijzigt de verliespercentages

Wanneer delen van het gebouw worden geïsoleerd, wijzigt de verdeling van energieverliezen. Bij het geïsoleerde deel van de gebouwschil zal het energieverlies flink afnemen. Bij de overige schildelen neemt het energieverlies verhoudingsgewijs toe. In absolute zin is dat niet zo, maar gevoelsmatig wel: na dakisolatie lijken bijvoorbeeld de ramen extra kou en energieverlies te geven. Het monument merkt dat ook: leefvocht-transport door de gebouwschil concentreert zich nu bij de niet-geïsoleerd gebleven delen. Daarom is isolatie liefst als integraal maatregelenpakket, inclusief goede ventilatievoorzieningen, uit te voeren.

Warmteverliezen bij een doorsnee-monument.
Indicatie van de hoeveelheid warmte-energie
die per gebouw-onderdeel naar buiten
verdwijnt



Kengetallen energiegebruik en -besparing

Voor het 'standaard-woonhuismonument' van het vorige waaierblad, dat door vier personen wordt bewoond, zijn de gemiddelde gebruikscijfers voor gas en elektra, de kosten daarvan en besparingsopties doorgerekend. De basiskosten van energie zijn de volgende:

De gemiddelde huidige gasprijs is € 0,62 per m³ inclusief BTW.

Bij warmtelevering, zoals stadsverwarming, wordt afgerekend in Gigajoules (GJ); daarvoor gelden de volgende richtprijzen:

1 GJ komt ongeveer overeen met 35 m³ aardgas; of 100 m³ gas = 3 Gigajoule

1 GJ kost ca. € 25,- inclusief BTW.

De voor ons land gemiddelde elektraprijs is € 0,21 per kiloWattuur (kWh) inclusief BTW.

Bij grootverbruik (vanaf 50.000 kWh/jr.) is dat: € 0,16 per (kWh) inclusief BTW.

Eén kuub gas levert bij verbranding in een moderne hoog-rendement ketel evenveel warmte als 9 kWh elektrische energie.

Elektrisch verwarmen is dus driemaal duurder dan met aardgas.

Het schema aan ommezijde geeft de jaarlijkse energiebehoefte van ons voorbeeldpand. Het toont vervolgens de besparing bij inzet van enkele veel gekozen verduurzamingsmaatregelen, bestaande uit dak- en gevelisolatie met een isolatiewaarde Rc van ongeveer 2,5 m² K/W en raamisolatie met een U-waarde van ongeveer 3W/m²K. Daarnaast de elektriciteitsbesparing bij inzet van ongeveer 30 m² zonnepanelen (Photo Voltaics). Tenslotte is het effect van inzet van een warmtepompstelsel met lage temperatuurverwarming (LTV) bepaald.

De cijfers uit het schema veranderen wanneer uw pand groter of kleiner is dan het voorbeeld-woonhuismonument. Ook wijzigt de energielast bij meer of minder gebruikers en wanneer het pand niet als woonhuis, maar als kantoor in gebruik is.

Een monument met tweemaal zo grote inhoud (m³) zal ongeveer 60 procent meer verwarmingsenergie gebruiken. Boven vier personen is er bij een woning een extra jaarlijks gasgebruik van 70 m³ een extra elektriciteitsgebruik van 500 kWh per persoon.

Bij gebruik als kantoor daalt het gasgebruik naar circa 80 procent en stijgt het elektriciteitsgebruik naar circa 300 procent.

Schema jaarlijks energiegebruik voor een gemiddeld woonhuismonument

Jaarlijks energiegebruik standaard- woonhuismonument (600 m³; 4 personen; niet verduurzaamd). Kosten 'all in' inclusief BTW

Energiedrager	Huidige situatie in energie en geld	Wordt bij isolatie o.b.v. Rc 2,5 en U=3	Daarbij inzet van 30m ² PV	En met inzet van warmte-pomp en LTV
Gasgebruik	3.600 m ³	1.500 m ³	Geen effect op gasgebruik	400 m ³
Gaskosten	€ 2.230,-	€ 950,-	€ 950,-	€ 250,-
Elektragebruik	5.000 kWh	Geen effect op elektragebruik	1.000 kWh	3.400 kWh
Elektriciteitskosten	€ 1.050,-	€ 1.050,-	€ 210,-	€ 720,-
Totaalkosten	€ 3.280,-	€ 2.000,-	€ 1.160,-	€ 970,-

Een aardgasloze toekomst

Het gebruik van fossiele brandstoffen, zoals aardgas, zal over enige tijd eindigen. Er zijn nu al nieuwbouwprojecten zonder aansluiting op het gasnet. Ook voor monumenten is een aardgasloze toekomst mogelijk, wanneer wordt ingezet op andere - duurzame - vormen van energieopwekking en energieopslag. Elektriciteit wordt belangrijker. Door slimmer gebruik van elektriciteit kunnen de meerkosten voor verwarming ook nog worden beperkt. Ook biobrandstoffen kunnen een goede vervanger voor gas zijn.

Bij de aanleg van gasloze techniek in een monument geldt uiteraard de voorwaarde van cultuurwaardenbehoud.

Schone stroom

Voor de opwekking van 'groene' elektriciteit kan windenergie worden benut. Grote windmolenparken doen dat optimaal, maar soms kan windenergie op gebouwniveau worden benut. De foto op blad 18 toont een windturbine die ongeveer 1.000 kWh per jaar kan leveren.

Waterkracht kan in gebieden met stromende beken met succes worden gebruikt voor de aandrijving van hydroturbines. De techniek verdwijnt bijna geheel onder water, zodat ook in historische setting geen visuele schade ontstaat.

Zonnecellen (PV) en zonnecollectoren leveren duurzame stroom en warm water. Bij voldoende celoppervlak kan een monument zelfvoorzienend worden; met de huidige techniek is dat al goed mogelijk (zie waaierblad 49).

Energieopslag en slim stroomgebruik

Opslag van warmte en koude in de bodem (WKO), een warmtepompstelsel en toepassing van lage temperatuur verwarming (LTV) voor vloer- en wandverwarming zorgen in combinatie met elkaar voor een gasloos verwarmingsalternatief, dat bovendien de energiekosten helpt verlagen (zie waaierbladen 37, 41 en 43). Wanneer de daarbij benodigde elektriciteit schoon wordt opgewekt is sprake van een optimaal duurzaam, gasloos systeem.

Biobrandstof

Wanneer wordt overgestapt naar een moderne ketel voor vergassing van houtachtige brandstof, kan ook een meer traditioneel verwarmingssysteem functioneren zonder aardgas. De techniek van bioketels is inmiddels zodanig dat het stoekgemak van een gasketel wordt geëvenaard. De CO₂ uitstoot is hierbij 'kort-cyclisch' en minder milieubelastend (zie waaierblad 39).

Het verduurzamingsplan voor dit monumentale fabriekje voorziet in eigen energie-opwekking met een windturbine op de schoorsteen en zonnecellen op de zuidflanken van de sheddaken



Foto: R. Stenvert, bewerking E.J. Nusselder

Vocht, ventilatie en gezondheid

De oude situatie is niet altijd slecht

Door natuurlijke ventilatie en wat kierende ramen, deuren en dakdelen raken niet-verduurzaamde monumenten hun leefvocht goed kwijt en komt verse lucht binnen. Afgezien van hoge stookkosten maakt ze dat gezond bewoonbaar. Ook voor behoud van het bouwmateriaal - vooral de houten delen - is dat 'open' karakter van de gebouwschil gunstig. Maar het wooncomfort en energiegebruik zijn minder gunstig.

Zorg voor ventilatie

Een professionele isolatieronde en kierdichting brengt verbetering, mits beheersing van vocht en ventilatie daar integraal onderdeel van vormen. Want isolatie en kierdichting belemmeren bij niet-deskundige uitvoering de natuurlijke ventilatie. Dat ervaart de bewoner niet meteen. Hij is blij met het extra comfort en de lagere stookkosten. Maar het gebouw heeft wel meteen last van de gewijzigde bouwbiologie. Imperfecties in de isolatie veroorzaken 'koudebruggen' in de constructie waar leefvocht uit het pand condenseert. Vochtophoping in delen van de gebouwschil is het onzichtbare gevolg, met als effect aantasting door zwam van houten kozijnen en balken. Ook voor de bewoner is een met zwamsporen beladen binnenmilieu ongezond. Eenvoudige en effectieve methoden van ventilatie zijn dus essentieel. Het (weer) beweegbaar en goed functionerend maken van vensterdelen bijvoorbeeld, of het zorgen dat een ruitje of raampartij kan worden opengezet. Het benutten van historische rook- en ventilatiekanalen met hun 'natuurlijke trek' is ook een prima optie. Bij ventilatie is energieverlies onontkoombaar, ongecontroleerd warmteverlies via grote kieren bij daken, deuren en vensters is te vermijden.

Balansventilatie

Is een luchtbehandelingssysteem nodig, dan moet de vochtbelasting van de gebouwschil niet te hoog worden. Installatie-aansturing met hygrostaten (vochtsensoren) is daarbij aan te raden. Luchtaanvoer en -afvoer moeten goed op de behoefte worden aangepast. Balansventilatie biedt die afstemming en bij een grote gebouwinstallatie is dan tevens met warmteterugwinning (WTW) een flinke energiebesparing te bereiken.

Op eenvoudige manier kan met losse, bedienbare ventilatiepaneeltjes bij schuiframen een effectieve en braakvrije nachtventilatievoorziening worden verkregen. Mooi 'low tech' en op geen enkele manier conflicterend met het bestaande vensterdetail



Isolatieproducten en -systemen

Beperking van geleidingsverliezen ('transmissieverliezen') is de meest effectieve maatregel om warmte binnen, en kou buiten te houden. Het liefst met materiaal dat bij geringe dikte zo goed mogelijk isoleert.

Schuimproducten

Van de schuimsoorten die in plaat- of paneelvorm op de markt zijn, scoort resolschuim het beste, maar dat is bros en kwetsbaar. Praktisch inzetbaar is PIR-schuimplaat (poly-iso-cyanuraat); 6 cm. dik PIR isoleert even goed als 10 cm. dik EPS ('piepschuim'). De schuimpanelen zijn doorgaans voorzien van een laag folie aan de buiten en binnenzijde (caching). Bij de beste producten is dat een aluminiumfolie die extra warmtereflectie geeft.

Voor hellende daken zijn er isolatiepanelen met opgelijmde tengellatten. Daardoor kan snel, en met minimale dikte-toename worden gewerkt, met behoud van de oorspronkelijke dakbedekkingsmaterialen. Schuimproducten zijn in de regel water- en dampdicht. Vochtregulatie kan daarom nooit via deze materialen, maar moet bewust gedetailleerd worden.

Droge, stilstaande lucht

Er zijn enkele producten op de markt voor bijvoorbeeld begane grond vloerisolatie, die als foliepakket 'op de rol' worden aangeleverd en na plaatsing worden gevuld met droge omgevingslucht. Het systeem is redelijk snel te plaatsen en in het begin effectief. Maar het is kwetsbaar en na beschadiging is het isolerend effect weg.

Dampopen isolatiemateriaal

Schapevool, gerecycleerde textiel, cellulosevlokken en houtvezelproducten zijn voorbeelden van dampdoorlatende isolatieproducten op basis van natuurlijk materiaal of hergebruik. Voldoende en aantoonbaar brandpreventief behandeld werken zij goed. Bij koudebrugsituaties kan onzichtbare vochtbelasting en aantasting van (hout)constructies ontstaan. Goede ventilatie is dus nadrukkelijk nodig.

Meerlaags-reflectiefolie

Van dunne meerlaags-isolatiesystemen berust de werking op beperking van stralingsverliezen. Bij koude begane grond vloeren kan een stralingsremmer effectief zijn. Ook bij zonbelaste daken werkt een reflectielaag tussen pannen en dakbeschoot aanvankelijk goed. Zodra deze folies echter vervuilen raken - en dat kan binnen enkele seizoenen - is dat voorbij. Zij helpen niet tegen transmissieverliezen.

Voor buitendakse isolatie zijn er hoogwaardige en effectieve isolatie-schuimpanelen op de markt, zoals deze PIR-platen met opgelijmde tengellatten



Dakisolatie, hellend dak

comfortverbetering
energiebesparing
terugverdientijd
combineren met



10-20 jaar

gevelisolatie p. 27
raamisolatie p. 31

Dakzone is vaak een grote verliespost

Veel warmte-energie gaat via de dakzone van een gebouw verloren. Isolatie is hier dan ook zeer kansrijk en bij goede uitvoering kan tot 30 procent op verwarmingsenergie worden bespaard. Dakisolatie werkt ook andersom: in de zomer behoren bloedhete zolderkamertjes tot het verleden.

Eenvoudigste optie: zoldervloerisolatie

Wanneer de kapruimte niet of nauwelijks gebruikt wordt, is dakisolatie helemaal niet nodig: door op de zoldervloer een isolatiepakket te leggen blijft de zolderruimte buiten de verwarmde zone en wordt energieverlies via de kap beperkt. Wanneer de zoldervloer beloopbaar moet blijven kunnen sandwich- hardschuimisolatiepanelen of dito tegels worden gebruikt met een multiplex toplaag. Om te voorkomen dat bij aansluitingen op de bouwmuur of kapvoet condensproblemen ontstaan moet de isolatievloer rondom een kleine decimeter vrij van de draagconstructie blijven. Bij trapgaten en lichtschachten moet natuurlijk een geïsoleerd luik of omtimmering met deur worden gemaakt om warmteverlies langs die weg te belemmeren. Zorg daarbij ook voor goede kierdichting.

Buiten-beschoot isolatie

De enige vochttechnisch, bouwfysisch betrouwbare en effectieve dakisolatie is die waarbij aan de buitenzijde van het historische, behoudenswaardige dakbeschoot en/of op de plaats van tengels en panlatten een hoogwaardig isolatiepaneel komt. Panelen met aan beide zijden een infrarood reflecterende, beschermende aluminiumafdekking ('caching') en met fabrieksmatig opgelijmde tengellatten aan de buitenzijde, voldoen het beste. Over de tengels komt dan bij voorkeur tevens een dampopen, maar waterdichte folie, waarover vervolgens de panlatten komen. De oude pannen kunnen daarna terugkeren op het dak (er zijn echter wel extra pannen nodig omdat het dakoppervlak iets toeneemt door het isolatiepakket). Voorwaarde voor uitvoerbaarheid is dat de dakaansluitingen bij gevels, schoorstenen, dakkapellen en daklichten behoorlijk en zonder beeldverstoring kunnen worden uitgevoerd. Het dakvlak komt immers meerdere centimeters meer naar buiten te liggen en dat moet technisch en vooral ook in termen van cultuurwaardenbehoud wel kunnen.

Uitvoering van een dakisolatieproject
bij een achttiende-eeuws hofje.
Buitenbeschotsysteem met 6 cm.
PIR-schuimplaten + tengellatten
en dampopen deken



Dakisolatie binnendaks en bij platte daken

comfortverbetering
energiebesparing
terugverdientijd
combineren met



10 - 20 jaar

gevelisolatie p. 27
raamisolatie p. 31

Binnendakse isolatie

Isolatie aan de interieurzijde van het dak moet bij houten dakconstructies als regel worden vermeden. Doordat bij een dergelijke aanpak historische onderdelen van de kap- en dakconstructie achter de isolatielaag of binnenaafwerking verdwijnen komen zij precies in de condens-gevaarzone terecht. Bovendien zijn deze cruciale bouwdelen niet langer te inspecteren op eventueel aanwezige vormen van aantasting, wat nadelig is voor goede instandhouding.

Leveranciers van isolatiesystemen geven vaak aan in staat te zijn de binnenaafwerking van een binnendaks te isoleren dak goed dampdicht te kunnen en zullen afwerken. De - bittere - ervaring leert dat dergelijke beloften niet realiseerbaar zijn: de dampdichte afwerking zal op korte of wat langere termijn loskomen van de houten kapconstructiedelen - die immers blijven 'werken' - met als gevolg dat er onopgemerkt vochtconcentratie en houtaantasting ontstaat. Als daarvan aan de interieurzijde symptomen merkbaar worden - natte plekken of schimmelsporen - is het voor de draagconstructie van de kap vaak allang te laat en zal grootschalig kapherstel nodig zijn. Toepassing van binnendakse isolatie bij woonhuizen en panden waar (leef) vochtproductie speelt wordt daarom afgeraden.

Platte daken

Bij platte daken en dakdelen is een eenvoudige buitendakse isolatievorm mogelijk in de vorm van het zogenaamde 'omkeerdak'. Voorwaarde is dat het dakvlak bestaat uit een bitumineuze of kunstrubber-laag, waarop in de bestaande situatie grindballast, tegels of een lattenrooster ligt. Na afnemen van de ballastlaag en eventueel herstel of vernieuwing van het dakleer komt op het dak vervolgens een weerbestendige hardschuimisolatie met daarmee geïntegreerde of los te leggen ballastlaag. De ballastlaag voorkomt opdrijven en wegwaaien van het isolatiemateriaal. Een combinatie met de aanleg van een zonneboiler- en zonnecellensysteem is goed mogelijk. Ook kan omwille van duurzaam waterbeheer een sedumbedekking op de isolatielaag worden aangebracht. Binnendakse isolatie moet ook bij platte daken met nadruk worden afgeraden.

Omkeerdak in de maak. Op de voorgrond de bitumineuze dakbedekking. De blauwe panelen zijn van hoogwaardig kunststofschuim dat bestand is tegen blootstelling aan weer en wind. De drainagetegels vormen de ballastlaag en maken het dak naderhand goed beloopbaar



Ook buitenmuren zorgen voor warmteverlies, tot wel zo'n 30 procent van het totaal. Afhankelijk van onder andere de detaillering van de gevels zijn er uiteenlopende mogelijkheden voor energiebesparing. Voorkomen van het ontstaan van zogenoemde 'koudebruggen' en de effecten op het vochtgedrag daarvan is het eerste aandachtspunt.

Herschikking van gebruiksfuncties

Soms kan een andere functionele indeling warmteverlies tegengaan. Langs koude buitenwanden geen verblijfsfuncties, maar verkeerszones of onverwarmde ruimten. Zij vormen zo een isolerende overgangszone.

Binnenisolatie

Bij historische buitenmuren is eigenlijk alleen isolatie aan de buitenzijde bouwfysisch 'veilig en effectief'. Maar meestal laat het cultuurwaarden-behoud dat niet toe. Wanneer er aan interieurzijde betimmeringen en wandbespanningen zijn, kan het isolerend effect dat daarmee wordt verkregen soms worden versterkt door toepassing van een voor de situatie passend dampopen isolatiepakket. Houtvezelpanelen (brandvertragende kwaliteit!) die in tal van dikten verkrijgbaar zijn, bieden goede mogelijkheden van na-isolatie achter wandafwerkingen. Isolatie van binnenstucwerk is soms mogelijk door toepassing van isolerende, vochtregulerende kalkpleistersystemen als vervanging van de bestaande pleisterlaag, als deze niet van historische waarde is. Soms kan een voorzet-wandsysteem met isolerende sandwich-stucpanelen worden toegepast. Isolatie met naadloos op balken, vloeren en kozijnen aansluitende schuimpanelen moet beslist worden vermeden, vanwege het reuze condens- en houtaantastingsrisico dat daardoor ontstaat.

Buitenisolatie

Bij gepleisterde gebouwen, zoals monumentale fabrieken en in beton opgetrokken utiliteitsgebouwen, biedt een isolerende bekleding met hoogwaardig kunststofschuim, afgewerkt met een dunne gewapende pleisterlaag, kansen. Extra voordeel van een buiten-isolatiepakket is dat de hele gevelconstructie van het gebouw wordt ingepakt, beschermt tegen weer en wind en als bouwmasa in het interieur terecht komt met bufferend effect op de stook- en koel-behoefte van het gebouw. Bij gepleisterde of betonnen woonhuizen, uit bijvoorbeeld de periode van het Nieuwe Bouwen, is toepassing niet wenselijk. Door de isolerende bekleding zou de architectuur zijn kenmerkende rankheid verliezen.

Soms kan een isolerende buitenbekleding zonder veel schade voor het historische architectonische beeld worden toegepast, zoals bij deze tot woongebouw herbestemde fabriek aan de Zaan



Niet te dicht!

Daken en gevels zijn bij monumenten meestal flink 'ademend'. Dat komt deels door hun bouwtrant en deels doordat oorspronkelijk goed gedetailleerde aansluitingen versleten zijn, of door verkeerde behandeling falen. Dat ademen is, vooral wanneer hout een belangrijk deel van de constructie en gevelelementen vormt, cruciaal voor het behoud van het gebouw. Ook de gezondheid van de bewoners vraagt een zekere mate van natuurlijke luchtverversing. Maar teveel tocht en kieren maken het oncomfortabel en leiden tot forse stookkosten. Kierbeperking is dus aantrekkelijk, zolang het gebouw niet 'potdicht' wordt gemaakt. Met kierdichting kan, afhankelijk van de situatie 5 - 10 procent energie worden bespaard.

Neem slijtage weg

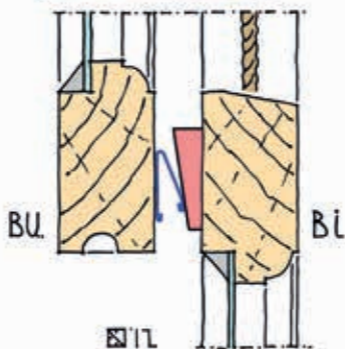
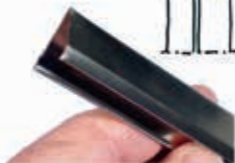
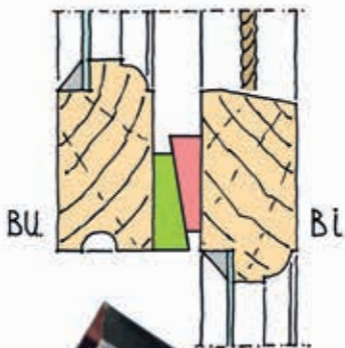
Stap één is restauratief: vakkundig herstel van versleten onderdelen, aansluitingen, hang- en sluitwerk. Daarmee is meestal de ergste kwaal verholpen. Bovendien draagt deze aanpak bij aan goede instandhouding van het monument. Voor bepaalde aansluitproblemen van bijvoorbeeld schuif- en stolpramen zijn daarnaast goede moderne tochtweringstechnieken beschikbaar, die bij juiste detaillering lang blijvend effect sorteren.

Aanvullende tochtwering

De bouwmarkt levert allerlei zelfklevende kunststofstrips die in noodgevalen kunnen helpen tochtproblemen weg te nemen. Door hun materiaal en bevestigingswijze hebben deze tochtstrips een beperkte levensduur (enkele seizoenen); ze vormen geen goede en langer standhoudende maatregel.

Nieuwe producten zijn er in bestendig materiaal, zoals dunne RVS-strips, die in meerdere tochtsituaties inzetbaar zijn en de in de auto-industrie al langer bekende butylrubber-profielen met langdurig blijvende flexibiliteit en afdichtingscapaciteit. Deze hoogwaardige tochtprofielen kunnen met enige creativiteit in verrassend veel situaties met succes worden ingezet. Een van de grootste manco's van schuiframen - de niet goed afsluitende wisseldorpel - kan uitstekend worden weggenomen door toepassing van een geschikt RVS-tochtprofiel. Ook kan de kantgeleiding van het schuivende onderraam ermee worden gedicht. Let wel steeds op voldoende ventilatie; losse CO₂-sensoren kunnen daarbij behulpzaam zijn.

De wissellatafdichting van schuiframen kan met succes onzichtbaar worden vervangen door toepassing van een geëigend RVS-profiel



Ramen en isolatieglas

comfortverbetering
energiebesparing
terugverdientijd
combineren met



10 - 20 jaar

dakisolatie p. 23/25
gevelisolatie p. 27
kierdichting p. 29

Raamisolatie

Voor enkel glas in houten of stalen ramen bestaan enkele verbeteropties:

1. toepassing van voor- of achterzetramen of achterzetbeglazing;
2. vervanging van de bestaande beglazing door dun dubbelglas;
3. toepassing van speciaal voor monumenten ontwikkeld meerlaags gelamineerd isolatieglas, passend in de bestaande, of iets uit te diepen ruitsponning. De tweede optie valt vanwege de diktemaat van het dubbelglaspakket en de aan exterieurzijde als storend ervaren dubbele reflectie van het ruitsysteem vaak af.

Voorzetramen

Toevoeging aan de buitenzijde van de vensters van een extra raam of glaslaag is zelden een reële mogelijkheid. Soms is het een optie bij historische utiliteitsbouw; lichte ventilatie - met buitenlucht! - tussen het nieuwe en oude raam is dan aandachtspunt.

Achterzetbeglazing

Aan de interieurkant van historische vensters is extra beglazing of een extra raamvlak soms wel mogelijk. De cultuurwaardenstelling van de binnenafwerking bij de vensters bepaalt de mogelijkheid. Met achterzetbeglazing wordt het warmteverlies via de vensters ongeveer gehalveerd. Achterzetbeglazing met isolatieglas verbetert de energiebesparing extra.

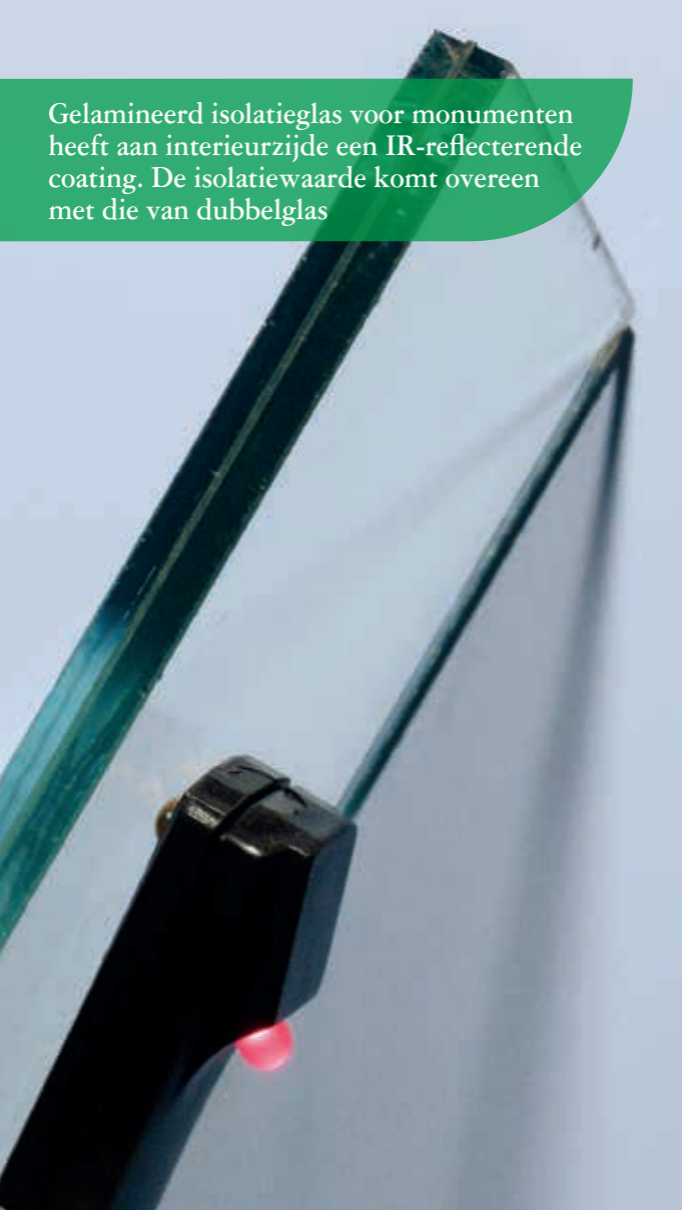
Isolerend glaslaminaat

Bij schuiframen is achterzetbeglazing niet goed mogelijk. Vervanging van het bestaande glas door 'isolerend triplexglas' is een optie. Dit glaslaminaat is isolerend en heeft een infrarood-reflecterende coating aan interieurzijde. Het heeft een dikte van circa 6 - 8 mm., waardoor plaatsing in bestaande raamsponningen - eventueel na uitfrezen - meestal mogelijk is. Wel is vaak (deel) vervanging van het raamhout nodig vanwege de vereiste hogere sterkte door het extra glasgewicht. Tevens moeten de raamgewichten worden verzwaard. Het glas is ook UV-werend en daardoor toepasbaar in museumsituaties. De buitenste glaslaag kan in getrokken glas worden uitgevoerd, zodat het buitenaanzicht een levendige spiegeling houdt.

Zonwerende beglazing

Achterzetglas of -ramen kunnen ook in zonwerende uitvoering worden geleverd. Dit kan flink bijdragen aan comfortverbetering. Bij enkelglas kan zonwerende vitrage of gordijnvoering de zonnwarmte goed buitenhouden. Overigens is buitenzonwering altijd effectiever.

Gelamineerd isolatieglas voor monumenten heeft aan interieurzijde een IR-reflecterende coating. De isolatiewaarde komt overeen met die van dubbelglas



Vloerisolatie

comfortverbetering



energiebesparing



terugverdientijd

5-10 jaar

combineren met

aardwarmte p. 43

vloerverw. p. 45

Isolatie onder de vloerconstructie

Isolatie van de begane grond vloer boekt niet veel energiebesparing, maar draagt wel bij aan het wooncomfort. Net als bij dak- en gevelisolatie is de beste plaats voor vloerisolatie aan de koude zijde, zodat de bestaande vloer aan de warme kant van de isolatieschil komt. Een houten delenvloer kan vaak tamelijk eenvoudig worden voorzien van een isolatiepakket aan de onderzijde, met dampdicht of dampopen systeem. Isolatie tussen de vloerbalken heeft de voorkeur, omwille van blijvende inspecteerbaarheid en goede ventilatie van de draagbalken. Belangrijk is dat warmteverlies door de vloer vooral via straling verloopt. Reflecterende lagen op en in het isolatiepakket zijn daarom effectief. Gezorgd moet worden dat de eerste reflectielaag - meestal aluminium opgedampt kunststoffolie - iets vrij blijft van de vloerconstructie en niet door stof zijn stralingsreflectie verliest.

Kruipruimte

De kruipruimte moet na vloerisolatie extra goed geventileerd worden om vochtophoping en houtaantasting te voorkomen. Ventilatioeroosters in de buitenmuren zijn vaak onzichtbaar te optimaliseren. Een goed tegen de muren aangebrachte stevige dampdichte folie over de kruipruimtegrond helpt tegen vochtverplaatsing naar de vertrekken erboven. Eventueel is vochtregulatie met een dik pakket gewassen schelpen te overwegen. Een vaak voorkomend misverstand is dat een vochtwerend bodem-isolatiepakket energiebesparend zou werken. Dat is niet het geval, vloerisolatie blijft nodig.

Isolatie op de vloer

Is de onderzijde van de vloer te bereiken noch te isoleren, zoals bij in de grond gelegde stenen vloeren of bij gewelfconstructies, dan biedt een dun isolatiepakket aan de bovenzijde, met daarop nieuwe bevoering, uitkomst. Moet een aanwezige historische bevoering behouden blijven, maar niet in beeld, dan kan dit dunne pakket van isolatie en nieuwe bevoering over de bestaande vloer worden aangebracht. Een combinatie van (lage temperatuur-) vloerverwarming met een isolatiepakket is een aantrekkelijke optie. Het levert dubbele winst op: extra energiebesparing en hoger comfort.

Eenvoudig vloerisolatiepakket onder tegen een houten begane grondvloer. De balken zijn daarbij vrij en te inspecteren gehouden





Radiator-efficiëntie

Hoewel hun naam aangeeft dat zij via straling (radiatie) werken, verwarmen radiatoren vooral door luchtverplaatsing of convectie. Afhankelijk van aanleg en leeftijd van het CV-systeem, zijn verschillende verbeteringen en besparingsopties mogelijk. Zij komen alle neer op verbeterde warmteafgifte naar het interieur en beperking van opwarming van buitenwanden.

Geef radiatoren lucht

Vaak staan radiatoren te dicht op wand of vloer, of te strak onder een vensterbank. Dat belemmert luchtstroming en warmteafgifte. Herpositioneren van de CV-elementen helpt. Wellicht gelijk met vervanging door convectoren, die bij geringere afmeting meer convectiewarmte geven. Ook is te overwegen radiatoren te verplaatsen van onder de vensters naar de binnenwanden van een vertrek. Bij raamisolatie is de vensterpositie geen comfortnoodzaak.

Hoogwaardige radiatorfolie

Radiatoren stralen evenveel warmte naar voren als naar achteren. Er gaat dus ook warmte richting de buitenmuur, met energieverlies als gevolg. Hoogwaardige, infrarood-reflecterende isolatie achter de radiatoren reduceert dit verlies. Een meerlaags isolatiepakket op basis van metallisch aluminium en kunststofschuimlaagjes is effectiever dan radiatorfolie van de bouwmarkt. De radiatorfolie moet worden aangebracht op de buitenmuur in de contour van het CV-element. De folie is dan deels in het zicht, wat voor het interieuraspect onwenselijk kan zijn. Het reflectiemateriaal is ook aan te brengen op de achterzijde van de (plaat)radiatoren (eventueel met magneten). Het is dan onzichtbaar, maar het radiatorvermogen - en zijn energiegebruik! - neemt met 20 - 30 procent af.

Vermijd omtimmering

Radiatoren die zijn weggewerkt achter lambriseringen of vensterbank-uitbouwen, met roosters of gaas, verspelen energie. De temperatuur binnen de omtimmering is hoog, met extra verlies naar buiten als gevolg. Richting het vertrek is er juist beperkte warmteafgifte. Het maakt de radiatoren nauwelijks regelbaar en daarom staan ze vrijwel altijd vol aan. Ontmanteling en individuele regeling met thermostaatkranen levert steeds verbeterd comfort en hogere energie-efficiëntie. De hoogste besparing wordt bereikt bij gecombineerde toepassing van bovenstaande maatregelen.

De radiatoren zijn hier om esthetische redenen weggewerkt achter een omtimmering. Gevolg is dat nauwelijks warmte het vertrek inkomt en veel energie naar buiten verdwijnt



Centrale verwarming en regeling

comfortverbetering
energiebesparing
terugverdientijd
combineren met



5-10 jaar

vloerisolatie p. 33
CV-radiat. p. 35

CV-ketel

Bij een conventionele CV-ketel verdwijnt veel warmte door de schoorsteen. Vanuit energiebesparingsoptiek is iedere gasketel, ouder dan 10 - 15 jaar, aan vervanging toe; met een nieuwe HR-combiketel bespaart men dan 15 - 20 procent energie.

Lage temperatuurverwarming (LTV)

Die besparing loopt nog verder op wanneer gebruik wordt gemaakt van lage verwarmingstemperaturen, wat weer mogelijk wordt na gebouwschilisolatie. Dan daalt de warmtevraag immers. Daarbij helpt de warmtefysica een handje: wanneer de temperatuur van het water dat teruggaat naar de ketel lager is dan 50° C zullen de rookgassen condenseren. De condensatiewarmte levert 10 procent extra besparing op. Het rookkanaal moet hiervoor worden aangepast door in de historische schoorsteen een flexibel kunststof afvoer- annex condenskanaal te plaatsen. Binnen een oud rookkanaal van 10 x 10 cm. is dit al mogelijk. Doordat de huidige ketels nagenoeg alle warmte afgeven aan het systeemwater en hun verbrandingslucht via het duo-kanaal aanzuigen, kunnen zij veilig in een kleine ruimte, zoals een wandkast, worden geplaatst. Wel is aansluiting op het riool nodig voor de afvoer van condenswater uit de rookgassen.

Leidingisolatie

Onnodige warmteafgifte moet worden voorkomen, dat betekent immers energieverlies. Belangrijk daarbij is dat alle verwarmingsleidingen, die door kruipruimten, kasten of niet-verwarmde vertrekken, gangen en zolders lopen, hoogwaardig worden geïsoleerd, waarbij goede belemmering van warmte-uitstraling - aluminiumoppervlak - belangrijk is.

Moderne CV-regeling

Een goede verwarmingsregeling bespaart net zoveel als een goede ketel (15 - 20 procent). Verbetering begint met een weersafhankelijke regeling, die de stooktemperatuur aanpast aan de buitentemperatuur. Dat levert een hoger rendement en het warmteverlies gaat omlaag. Ook het comfort neemt toe, doordat de regelbaarheid beter wordt. Verwarm alleen ruimten waar dat nodig is. Door toepassing van draadloos bedienbare thermostaatkranen is moeiteloze aansturing per radiator mogelijk. De gebruiker kan dan zelfs op afstand elke radiator of ieder vertrek apart regelen. Bijvoorbeeld met een smartphone of tablet.

Inwendige van een moderne dubbel hoogrendement combiketel. Zeer hoog rendement door uitgekiend, compact aluminium ketelhuis en slimme digitale aansturing. Kanaal bovenin combineert luchttoevoer en rookgasafvoer



Hout

Een CO₂-uitstoot beperkend alternatief voor het verwarmen met aardgas is het verstoffen van hout. Bij traditionele open haarden en houtkachels is de verbranding niet volledig, zodat energierijke houtgassen door de schoorsteen verdwijnen. Gevolg is een laag energetisch rendement en veel uitstoot van fijnstof en milieuvriendelijke gassen.

Moderne houtketels vergassen het hout, zijn volledig geautomatiseerd en kennen een rendement vergelijkbaar met dat van een gasketel. Belangrijke aandachtspunten zijn de beschikbare ruimte voor de ketel en de aanvoer en opslag van het hout. Dat gaat om grote hoeveelheden. Tegenover een gasketel die jaarlijks 4.000 m³ gas verbruikt, vraagt een bioketel 8 ton of 20 m³ (bij houtpellets) tot 12 ton of 60 m³ (bij houtsnippers) aan stookhout. Moderne, gecertificeerde houtpellet- en houtsnipperketels voldoen aan wettelijke emissie-eisen. Voor de plaatsing en in bedrijfstelling ervan is een melding of - afhankelijk van het te installeren vermogen - een omgevingsvergunning nodig.

Verschillende typen biobrandstof

Hout als brandstof kent een aantal vormen:

- **Houtpellets.** Deze worden geperst van bewerkingsafval uit de houtindustrie; pellets vormen een uniforme compacte brandstof die makkelijk getransporteerd en verwerkt kan worden. Houtpellets zijn een ideale brandstof voor automatische ketels. De stookkosten bedragen ongeveer 70 procent van stoken op gas.
- **Houtsnippers.** Afkomstig uit de bosbouw, plantsoenbeheer etc. Deze brandstof is lastiger te verwerken dan houtpellets, waardoor de automatische houtsnipperketels wat duurder zijn dan houtpelletketels. De stookkosten zijn nog lager: ongeveer 35 procent van stoken op gas.
- **Stukhout.** De goedkoopste vorm van houtstook is de toepassing van stukhout (houtblokken etc.) Automatische ketels bestaan hiervoor niet: de houtketel moet handmatig gevuld worden. Dat kan natuurlijk niet permanent, vandaar dat een stukhoutketel een eigen stookregime vergt. De ketel wordt enige malen per winterweek voluit gestookt en de warmte wordt opgeslagen in warmwaterbuffers. Flinkke buffervaten maken dus verplicht onderdeel uit van het systeem.

Twee buffervaten verzorgen de warmwateropslag die vaak nodig is bij toepassing van een bioketel



Warmtepomp

comfortverbetering
energiebesparing
terugverdientijd
combineren met



15 - 20 jaar

aardwarmte p. 43
vloerverw. p. 45

Laagwaardige warmte benutten

Bij toepassing van lage temperatuurverwarming (LTV), zoals wand- of vloerverwarming, kan een warmtepomp een forse besparing op het energiegebruik geven. Een warmtepomp - die het omgekeerde doet als een koelkast - zet zogenaamde 'laagwaardige warmte' met behulp van elektrische energie om in hoogwaardige warmte (40/50° C). Als bronnen voor laagwaardige warmte fungeren de buitenlucht of de bodem.

Hoog rendement bij LTV

Hoe kleiner het verschil is tussen de temperatuur van de laagwaardige warmte en de afgiftetemperatuur van de verwarmingselementen in het gebouw, des te hoger is het rendement (COP: coëfficiënt of performance) van de warmtepomp. Bij een dergelijke wijze van verwarming met relatief lage temperatuur is een COP van 3,5 à 4 haalbaar. 1 deel elektriciteit is nodig is om 3,5 à 4 delen nuttige warmte te produceren. Een forse energiebesparing. Maar doordat elektriciteit per eenheid energie echter driemaal duurder is, levert een warmtepomp geen stookkostenbesparing.

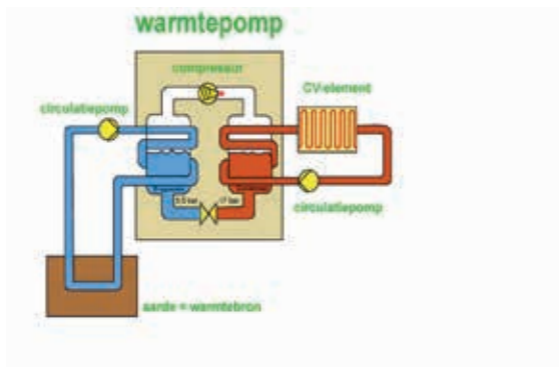
Als basisverwarming

Omdat een warmtepomp een relatief duur installatiedeel is en de kosten ervan toenemen met zijn vermogen, wordt hij meestal als basisvoorziening gebruikt. De warmtepomp wordt dan zo gekozen dat hij circa 30 procent van het voor het gebouw benodigde piekvermogen kan leveren. Bij grotere warmtevraag schakelt een HR-gasketel bij. Liefst levert deze 'stand-by ketel' als HR-combiketel ook het warme tapwater. Voor de bereiding van warm tapwater zijn namelijk hoge temperaturen nodig (65° C), die door een warmtepomp alleen met veel rendementsverlies zijn te bereiken.

Ook koeling

Een voordeel van een warmtepomp is dat deze in de zomerperiode ook ingezet kan worden voor koeling van het pand. Als het verwarmingssysteem daarop wordt ontworpen (toepassing van vloerverwarming en radiatoren met ingebouwde ventilatoren) kan dat een flinke comfortverbetering betekenen. Een aandachtspunt is het voorkomen van condensatie (natte vloer of druipende radiatoren). Een vochtsensorschakeling kan hierin voorzien.

Warmtepompinstallatie met goed geïsoleerde systeemleidingen. Onderaan het werkingschema van een warmtepomp





Opslag van warmte en koude in de bodem (WKO)

Met de zomerwarmte kan een gebouw in principe een heel jaar worden verwarmd, met winterkoude een jaar lang gekoeld. Alleen lopen vraag en aanbod een half jaar uit de pas; er is dus een opslagprobleem. Opslag van warmte en koude vergt een groot buffervolume. In de bodem is dat voorhanden. Bij ondergrondse opslag wordt er in de zomerwarmte aan het gebouw onttrokken en in de bodem opgeslagen. Het gebouw wordt zo gekoeld. In de winter verloopt het proces andersom. Een warmtepompsysteem is daarbij onontbeerlijk, omdat de temperatuur in de ondergrond vrij laag is (ca. 12° C). Er zijn twee aanlegprincipes:

Gesloten bodemwisselaars

Door tot 100 meter diepe leidingen circuleert water dat 's-winters door de bodem wordt opgewarmd en 's-zomers wordt afgekoeld. Het water geeft zijn aanvoertemperatuur gedeeltelijk af aan de bodem, waardoor 's-winters koude en 's zomers warmte wordt opgeslagen in de bodem. Bodemwisselaars zijn geschikt voor woningen en kleine kantoren (tot ca. 2.500 m²).

Open bronnen

Dit systeem omvat twee onttrekkingsbronnen waaruit het grondwater wordt opgepompt voor koeling en verwarming. Tijdens de zomer ontstaat een warme bel water in de ondergrond rond de ene bron; die warmte wordt in de winter gebruikt voor de gebouwverwarming. Bij de andere bron ontstaat een koude bel water die wordt benut voor koeling in de zomer. Het koelvermogen blijft zo het hele seizoen beschikbaar. Open bronnen zijn geschikt voor grotere gebouwen (kantoren vanaf 2.000 m²).

Maatwerk en randvoorwaarden

Voor deze systemen is een vergunning of melding vereist (Milieuwetgeving). Ook moeten ontwerp en aanleg door erkende bedrijven worden uitgevoerd. Uitgezonderd individuele woningen geldt een verplichting tot jaarlijkse monitoring. Bodemsystemen renderen het best wanneer ook koeling plaatsvindt (terugverdientijd 10 - 15 jaar). Bij toepassing voor uitsluitend verwarming loopt de terugverdientijd op tot 15 - 20 jaar, mede afhankelijk van de lokale bodemgesteldheid.

Inbrengen van de leidingen - in de vorm van een kunststofslang - in een geboorde bronput



Vloer- en wandverwarming

comfortverbetering
energiebesparing
terugverdientijd
combineren met



15-20 jaar

vloerisolatie. p. 33
warmtepomp p. 41
aardwarmte p. 43

Behaaglijk en energiezuinig

Vloerverwarming geeft precies waar nodig warmte af, op een zo laag mogelijk punt midden in het vertrek. Toepassing van dit verwarmingsprincipe is daardoor flink energiezuiniger dan traditionele centrale verwarming, ook omdat vloerverwarming bij 2° C lagere temperatuur hetzelfde comfort levert. Vloerverwarming kan in de vorm van 'natbouw' of 'droogbouw' worden aangelegd.

Natbouw

Bij natbouw worden de lusleidingen van het vloerveld tijdens het storten in een cementgebonden constructievloer opgenomen. Voor monumentensituaties is dat alleen mogelijk wanneer alle vloeren geheel of gedeeltelijk kunnen worden vervangen. Wandverwarming kent een vergelijkbare techniek met lusleidingen en nieuwe bepleistering.

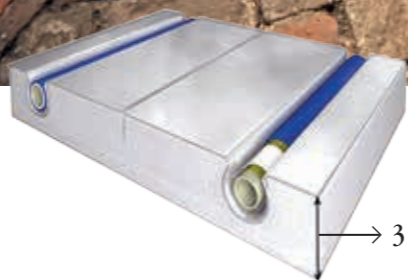
Droogbouw

Hierbij wordt op de bestaande vloer een 'los' vloerverwarmingspakket aangebracht. Daarbij komt het vloerpeil 4 - 5 cm. omhoog, wat bij naar binnen draaiende deuren met een opstapje is op te lossen. Voordeel van droogbouw is dat het verwarmingssysteem als na-installatie is in te passen en ook weer te verwijderen. Deze reversibiliteit maakt een droogbouw-systeem aantrekkelijk. Bij waardevolle historische bevoeringen is dit vanzelfsprekend geen optie.

Combineer maatregelen en systemen

Wanneer het om de begane grondvloer gaat, is, ongeacht het aanlegprincipe, uitvoering op een goed isolatiepakket een voorwaarde voor energiebesparingssucces. Bij natbouw kan het isolatiepakket vaak meteen gebruikt worden als bekistingsbodem. Geschikte droogbouwsystemen hebben als basis een isolatie-kanaalplatenpakket, waarin vervolgens het warmte-afgevend leidingtracé komt. Daaroverheen kan vervolgens de vloerafwerking worden aangebracht. Omdat bij vloerverwarming het systeemwater een veel lagere temperatuur heeft dan bij radiatorverwarming, is combinatie met een warmtepomp en lage temperatuurverwarming (LTV) aan te bevelen. Vloerverwarming en LTV zijn het meest efficiënt als basisverwarming voor permanent te verwarmen ruimten. Op extra koude dagen kan de vaak toch al aanwezige radiator- of convectiverwarming met eigen CV-ketel bijspringen. Nodig is dan wel dat er slimme regeltechniek komt en dat het leidingsysteem wordt aangepast op het tweeledige werkingsprincipe. Vloerverwarming is ongeschikt voor snelle, kortdurende ruimteverwarming.






Vloerverwarming als na-installatie over een monumentale stenen vloer. Het vloerveld rond de schouw is in het zicht gelaten



→ 3 - 4 cm.

Het ongeveer 3 cm. dikke verwarmingspakket met aluminium warmteverspreiders met leidingen in piepschuim kanaalplaten

Elektriciteitsbesparing

comfortverbetering 
energiebesparing 
terugverdientijd 
combineren met 
5-10 jaar 
-

Verlichting

Verlichting vraagt veel energie. Gloei- en halogeenlampen geven goed licht, maar ook veel warmte en zijn dus niet zuinig. Goede alternatieven zijn:

- *Spaarlampen* of fluorescentielampen besparen tot circa 80 procent ten opzichte van gloeilampen. Een nadeel is de opstarttijd van circa 30 seconden. De lampen gaan veel langer mee dan gloeilicht en de kleurweergave-index (hoe goed worden alle zichtbare kleuren weergegeven) is gelijkwaardig met gloeilicht.
- *Led-lampen* besparen tot 85 procent ten opzichte van gloeilampen. Zij branden direct op volle sterkte en hebben een (nog) langere levensduur dan spaarlampen. Wel zijn ze duurder. Moderne led-lampen hebben een uitstekende kleurweergave-index.

Beide typen zijn rendabel en verdienen zichzelf snel terug. Ook voor aanlichting en terreinverlichting zijn led-lampen inzetbaar. Bij dit soort verlichting met fors vermogen betekent dat substantiële energiebesparing.

Ventilatie

Goede ventilatie vraagt meestal permanente afzuiging. Oudere afzuiginstallaties werken doorgaans op wisselstroom. Vervanging door afzuigboxen op gelijkstroom betekent meer dan meer dan 50 procent energiebesparing.

Huishoudelijke apparatuur

Belangrijke besparingsopties op dit punt zijn:

- *Standby-stand*. Veel apparatuur verbruikt in deze stand nog 5 - 10 W. Dit komt op jaarbasis neer op 50 - 100 kWh (€ 10 - 20 per jaar); uitschakelen helpt dus.
- *Koel- en vrieskasten*. Belangrijk hierbij is dat deze apparatuur zo koel mogelijk is opgesteld. Daarnaast is vervanging van apparatuur ouder dan vijftien jaar vrijwel altijd rendabel.
- *Warm tapwater*. In veel woningen zijn (close-in) elektroboilers te vinden voor warm tapwater. Warm water via een combi-gasketel is veel energiezuiniger. De besparing loopt op tot circa 500 kWh per jaar.
- *Stofzuiger*. Oudere stofzuigers hebben een opgenomen vermogen van meerdere kilo Watts. Bij gelijke zuigkracht kan dat meer dan de helft zuiniger en wordt al snel 100 kWh per jaar bespaard.
- *Wasdroger*. Was drogen 'buiten aan de lijn' is een goed alternatief. Dat bespaart tot 200 kWh per jaar.

Led-lampen zijn inmiddels in alle maten en vermogens leverbaar. Men bespaart er tot 85 procent mee op stroomgebruik en ze zijn snel terugverdiend








Zonne-energie

Warmte

Warmte en elektriciteit uit zonlicht vraagt om twee typen collectoren, of een combinatie daarvan. Bij zonneschijn is circa 3 m² zonnecollectoren voor een driepersoons huishouden

voldoende voor de (voor)verwarming van warm tapwater. Op bewolkte dagen schakelt de ketel bij voor naverwarming. Hoewel aantrekkelijk bij woonhuizen maken vooral de visuele effecten van zonnecollectoren op een schuin dak deze optie voor monumenten minder geschikt. Bij platte daken zijn de toepassingsmogelijkheden groter. De terugverdientijd van zonnewarmtesystemen bedraagt circa 15 - 20 jaar.






comfortverbetering	
energiebesparing	
terugverdientijd	 15 -  jaar
combineren met	 dakisolatie p. 25

Elektriciteit

Naast de gebruikelijke zonnepanelen, bestaan er panelen in de vorm van leien en dakpannen. Hoewel deze meestal geen historisch passende vorm

hebben, kunnen zij soms een goed alternatief

vormen. De economische haalbaarheid van zonnepanelen hangt af van het jaarlijks elektriciteitsgebruik. Bij maximaal 10.000 kWh geldt het hoogste energietarief en verdienen zonnepanelen zich terug in 6 - 8 jaar. Tussen de 10.000 en 50.000 kWh/jaar is de terugverdientijd 10 - 14 jaar. Meer dan 50.000 kWh per jaar geeft het laagste elektriciteitstarief, en daardoor de hoogste terugverdientijd: 15 jaar of langer.

energiebesparing	  
terugverdientijd	 5 -  jaar

Toepassingscondities

1. Plaatsing van zonnecellen en zonnecollectoren op monumenten is vergunningplichtig.
2. Het dakoppervlak moet schaduwvrij zijn en tussen zuidoost en zuidwest zijn gericht. Bij platte daken is oost-westplaatsing met flauwhellende panelen het meest efficiënt; de PV-installatie is dan mooi laag en nauwelijks zichtbaar.
3. Er is ruimte nodig voor plaatsing van een omvormer. Afhankelijk van merk en type is ook plaatsing op het dak bij de panelen een mogelijkheid. De omvormer gaat circa 15 jaar mee.
4. De meterkast moet een vrije groep hebben of krijgen waarop de installatie wordt aangesloten. Op de markt zijn ook gecombineerde (PV-T) panelen. Deze wekken zowel elektriciteit als warmte op. Deze panelen zijn interessant wanneer er ruimtegebrek is voor beide typen afzonderlijk.

Zonnecellen hoeven niet steeds op het gebouw zelf opgesteld te zijn; creatieve plaatsingsopties en uitvoeringen maken toepassing op bijvoorbeeld een plantenkas mogelijk





Vaak is er in de loop van de tijd in en aan een monument van alles veranderd. Dat gebeurde niet altijd even vakkundig. Of het monument bouwkundig en installatietechnisch voldoet aan eisen van functionaliteit en veiligheid wijst dan een integrale keuringsopname uit. Hierbij worden de kwaliteits- en veiligheidsaspecten beoordeeld. De belangrijkste elementen van zo'n toetsing zijn:

- *NEN 3140*. Toetst of de elektrische installatie voldoet. Vaak voorkomende en gevaarlijke gebreken zijn het blootliggen van spanningvoerende delen. Zijn die aanraakbaar, dan is er een veiligheidsrisico voor mensen. Meerdere blootliggende spanningvoerende delen kunnen kortsluiting en brand veroorzaken; dan is ook het monument in gevaar.
- *NEN 1078*. Stelt de eisen voor gasgestookte installaties. Vaak voorkomende afwijkingen zijn de afwezigheid van 'ploffvoorzieningen' in de stookruimte of het niet als zodanig herkenbaar zijn van gasleidingen.
- *Bouwbesluit*. De meeste monumenten zijn gebouwd op basis van natuurlijke ventilatie. Zeker wanneer er in de loop der jaren besparende maatregelen zijn uitgevoerd - zoals kierdichting en raamisolatie - is er kans dat de ventilatie onvoldoende is voor een gezond binnenklimaat. Onderzoek naar de luchtkwaliteit is dan aan te bevelen, inzet van CO₂-sensoren eveneens.
- *Brandveiligheid*. Er kunnen niet-brandveilige situaties in het monument zijn ontstaan. Een specifieke inventarisatie kan aangeven hoe brandgevaarlijke situaties kunnen worden vermeden of opgelost en hoe voldoende voorzieningen zijn te treffen ter voorkoming van uitbreiding van brand.
- *Legionella*. Bij oudere warmtapwatersystemen zijn er vaak dode, of onvoldoende doorgespoelde leidingen. Door dat circulatiegebrek in de warmwaterleidingen kan de temperatuur van het water tot een risicovol niveau dalen, waardoor Legionellabacteriën zich vermenigvuldigen. Een gericht onderzoek levert inzicht in de risico's van het waterleidingnet in het gebouw. Niet alle risico's hoeven direct te worden verholpen. Maar bij een renovatie is het altijd aan te raden om misstanden op dit punt te kennen en weg te nemen.

Leidingsystemen in monumenten zijn vaak aandoenlijk oud. Zorg voor tijdige vervanging of alternatieve aanleg omwille van de veiligheid van bewoner en gebouw





Stichting ERM:

Samenwerken aan restauratiekwaliteit

De ERM is opgericht om de kwaliteit van het restaureren van monumenten te bevorderen. Daartoe werken opdrachtgevers, overheden en bij het restaureren betrokken specialisten en bedrijven samen in deze stichting. Samen stellen zij kwaliteitsrichtlijnen op voor de uitvoering van een restauratie. Richtlijnen die alle betrokkenen houvast bieden. Die bijdragen aan efficiency, en dus tijd en geld besparen. En die het mogelijk maken om ons erfgoed te verzekeren van optimale zorg.

ERM staat voor *Restauratiekwaliteit* door:

- duidelijkheid en efficiency door normering;
- vakmanschap en ervaring;
- samenwerking tussen opdrachtgever, opdrachtnemer en overheid;
- uitwisselen van kennis en ervaringen, gericht op kwaliteitsbevordering.

De ERM ontwikkelt en beheert deze richtlijnen en ziet toe op de onderlinge samenhang en inhoud. Alleen bedrijven en bureaus met een certificaat dat is afgegeven op basis van een richtlijn, die door het Centraal College van Deskundigen Restauratiekwaliteit van de ERM is goedgekeurd, mogen het logo Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg voeren.

Voor meer informatie, de richtlijnen en een overzicht van erkende bedrijven: www.stichtingERM.nl

Hoogwaardige instandhouding en
verduurzaming in de uitvoeringsfase

