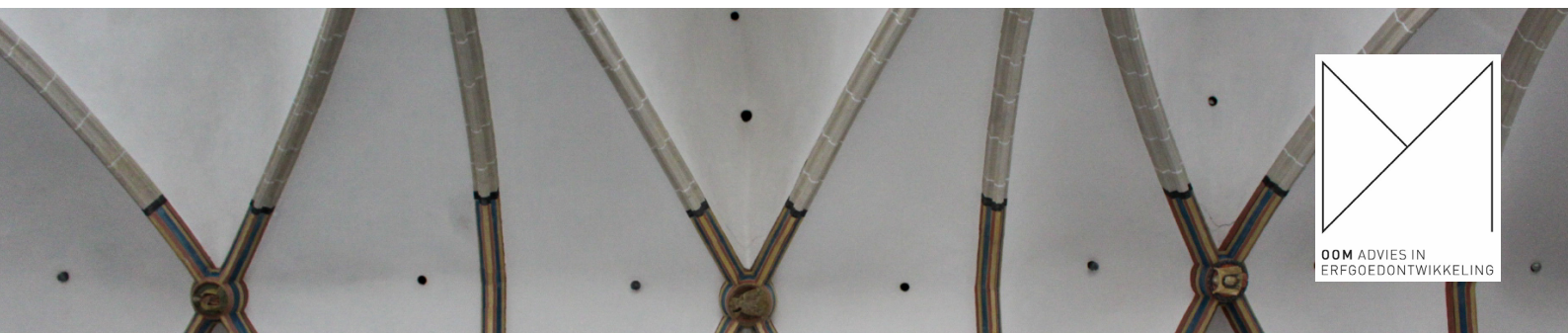
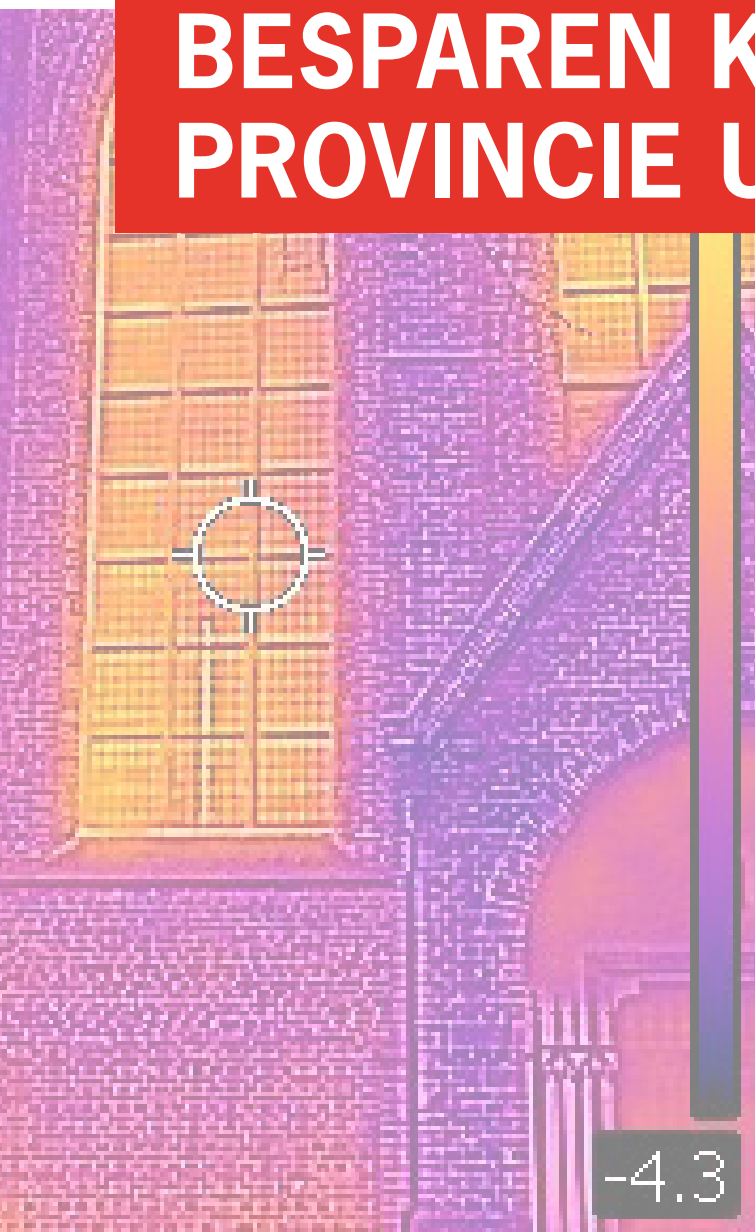




# HANDLEIDING ENERGIE BESPAREN KERKEN PROVINCIE UTRECHT



# INHOUDSOPGAVE

Verduurzaming kerken	3
Stap 1: Optimalisatie bestaande verwarmingssystemen	5
Stap 2: Kierdichting en inrichting	9
Stap 3: Lokaal verwarmen	13
Stap 4: Gecontroleerde ventilatie	16
Stap 5: Moderniseren verwarmingssysteem	19
Stap 6: Isolatiemaatregelen	24
Stap 7: Klimaatbeheersing	28
Stap 8: Aardgasvrij	31
Stap 9: Elektriciteitsverbruik	34

# VERDUURZAMING KERKEN

## INLEIDING

Vanuit haar Cultuur- en erfgoedprogramma 2020-2023 'Voor jong & altijd' richt de provincie Utrecht zich op het toekomstig bestendig maken van erfgoed. Daarin speelt het aspect duurzaamheid een grote rol. Verduurzamingsmaatregelen zorgen niet alleen voor een beter milieu, maar ook voor lagere beheerskosten waardoor meer financiële ruimte wordt gegenereerd om monumenten goed te kunnen onderhouden. Vooral bij het religieus erfgoed is dit aspect van levensbelang. Het verantwoord omgaan met het energieverbruik is noodzakelijk om de exploitatiekosten te reduceren en nodig om kerken comfortabel en bruikbaar te maken zodat het gebouw het hele jaar door geëxploiteerd kan worden.

Een goede visie op energie-duurzame maatregelen is daarvoor essentieel. Als eerste stap hierin heeft de provincie een Pilotproject geïnitieerd waarbij een aantal kerken werden voorzien van een gratis energiescan waarin ze werden geadviseerd in het nemen van verantwoorde energie-duurzame maatregelen. Voor de uitvoering van de maatregelen konden de kerkbesturen tevens een beroep doen op het Fonds Erfgoedparels.

Het pilotproject heeft inzicht gegeven in het gebruik, de problematiek en de toekomstperspectieven van kerken in de provincie Utrecht. Zo is gebleken dat grootschalige maatregelen voor de meeste kerkbesturen om een dusdanig hoge investering vragen dat deze, ook met een aanzienlijke financiële bijdrage, maar mondjesmaat worden genomen. Het verschil in investeringsniveau tussen quick wins (TVT < 7 jaar) en grootschalige maatregelen is ook heel groot gebleken. Zeker in vergelijking met andere gebouwcategorieën; door de grootte van kerken vallen de investeringen voor veel maatregelen aanzienlijk hoger uit (denk bijvoorbeeld aan het raamoppervlak). Zo is naar voren gekomen dat de quick wins bij kerken gemiddeld ca. €20.000 bedragen tegen minimaal € 200.000 voor de verdergaande maatregelen. Daarentegen kunnen quick wins al een aanzienlijke besparing geven (20 tot 30%). Een andere

reden waarom grootschalige en langetermijninvesteringen niet snel worden gedaan, is de vaak onzekere toekomst voor kerkgebouwen.

Daarentegen zijn veel kerken op zoek naar aanvullend programma om de exploitatie sluitend te krijgen. Het aanvullend programma bestaat meestal uit culturele activiteiten zoals concerten, voorstellingen, lezingen, tentoonstellingen, en repetities, of bijeenkomsten zoals congressen, evenementen, beurzen en recepties. In afwijking van de kerkelijke functie vraagt een aanvullend programma doorgaans om aanvullende voorzieningen en een hoger comfortniveau, zoals akoestische voorzieningen, hogere temperatuur, geluidsinstallatie, verlichting en luchtbehandeling/ventilatie. Daartegenover renderen vedergaande maatregelen sneller wanneer het programma in de kerk geïntensiveerd wordt. Veel hangt af van het type voorziening en de bezoekersaantallen.

De kerken uit het Pilotproject hebben aangegeven een grote behoefte te hebben aan inhoudelijke begeleiding bij de verduurzaming van hun gebouwen. Er is bij kerkbesturen niet altijd een goed beeld hoe de verduurzaming van de kerken moeten worden aangepakt. Juist omdat de energiekosten zo hoog zijn wordt hulp en stimulering erg op prijs gesteld. Reden voor de provincie Utrecht om naast andere beleidsinstrumenten ook een handleiding op te stellen met heldere informatie over het verduurzamen van religieus erfgoed. Bij kerkgebouwen zijn veel overeenkomsten te constateren in de bouwtechnische opzet en bouwfysische kenmerken en de daaraan gekoppelde problematiek van verduurzaming. Met deze handleiding kunnen kerkbesturen al een heel eind zelfstandig aan de slag en een toekomstgerichte strategie bepalen.

## LEESWIJZER

Deze folder is opgesteld om kerken te ondersteunen bij het nemen van verantwoorde energie-duurzame maatregelen. Waar begin je? Wie schakel je op welk tijdstip in? En hoe kun je passend bij het gebruik van de kerk, met zo klein mogelijke investeringen significante besparingen realiseren?

Met onderstaande stappen worden kerken op weg geholpen om zelfstandig maatregelen te nemen zonder direct een adviseur in te schakelen.

Het stappenplan is opgesteld voor kerken die in gebruik zijn als kerk en die eventueel een nevenprogramma hebben. Herbestemde kerken vragen om een andere benadering; energiebesparende maatregelen bij herbestemming zijn immers sterk afhankelijk van de nieuwe gebruiksfunctie en de wijze waarop deze wordt ingepast.

### Stappenplan

- 1) Optimalisatie bestaande verwarmingssysteem
- 2) Kierdichting en inrichting
- 3) Lokaal verwarmen
- 4) Gestuurde ventilatie
- 5) Moderniseren verwarmingssysteem
- 6) Isolatiemaatregelen
- 7) Klimaatbeheersing
- 8) Aardgasvrij
- 9) Elektriciteitsverbruik

Hierboven staan de opeenvolgende stappen die in samenhang met de gebruiksintensiteit en investering zijn opgesteld. Het begint bij kleinschalige maatregelen die zich snel terugverdienen en loopt op in omvang en kosten. Daarbij is rekening gehouden met de mate van gebruiksintensiteit:

- Stap 1, 2 en 3 → standaard te doorlopen
- Stap 3, 4 en 5 → bij gemiddelde gebruiksintensiteit
- Stap 5, 6 en 7 → bij hoge gebruiksintensiteit.

Vanuit het stappenplan kan vervolgens een strategie worden bepaald.

Aardgasvrij is een stap die voor iedere kerk kan gelden, ongeacht de gebruiksintensiteit. Het is een thema dat onherroepelijk 'om de hoek komt kijken' wanneer het bestaande verwarmingssysteem is afgeschreven. Ook het elektriciteitsverbruik is een onderwerp dat voor alle kerken van toepassing is.

# STAP 1

## OPTIMALISATIE BESTAANDE VERWARMINGSSYSTEMEN

Er valt veel energie te besparen bij kerken met het optimaliseren van het bestaande verwarmingssysteem. Bij een groot aantal kerken ontbreekt een eenduidig verwarmingsprotocol en wordt vaak inefficiënt met het bestaande systeem omgegaan. Zo is de opwarmtijd soms te lang of te kort en zijn de temperatuurinstellingen te hoog en/of niet afgestemd op de gebruikintensiteit. Ook komt het voor dat de basis-temperatuur (de temperatuur wanneer er geen activiteiten zijn) te hoog is gekozen, waardoor veel energie verloren gaat. Voor een goede inregeling is een afstemming op het gekozen programma en de gebruikintensiteit van

de kerk onontbeerlijk, maar ook de perioden tussen de activiteiten. Wanneer bijvoorbeeld twee dagen achter elkaar activiteiten plaatsvinden kan voor de tussenperiode een hogere temperatuur worden aangehouden dan in een periode zonder verwarmde activiteiten. De inregeling is ook afhankelijk van het type/hoedanigheid van de activiteiten in de kerk. Bij een tentoonstelling zullen bezoekers rondlopen waardoor een lagere temperatuur nodig is dan bij een activiteit waarbij mensen stil zitten zoals een dienst of concert. Ook is de tijdsduur van de activiteit van invloed op de comfortwens.

### INVLOEDSFACTOREN BIJ HET OPTIMALISEREN VAN HET BESTAANDE VERWARMINGSSYSTEEM

Bestaande verwarmingssysteem	Het type installatie of installaties (soms is een combinatie van systemen toegepast zoals vloerverwarming met luchtverwarming) en de ouderdom hiervan bepalen voor een belangrijke mate de mogelijkheden om de verwarming af te stemmen op de vraag en het gebruik.
Omvang kerk	De omvang van een kerkgebouw is eveneens bepalend voor de optimale inregeling. Grotere kerken met een hoger volume hebben een langere opwarmtijd en vragen om een andere instelling dan kleinere, lagere kerken.
Programma	De gebruikintensiteit en bezoekersaantallen zijn factoren die meewegen bij een optimale inregeling van de kerkverwarming. De hoedanigheid van de activiteit is daarnaast van invloed op de comfortwens.

### AANDACHTSPUNTEN

Warme lucht stijgt op waardoor het bovenin de kerk meestal warmer is dan bij de grond. Dit verschijnsel heet thermische stratificatie. Daarnaast kan warme lucht meer vocht bevatten dan koude lucht, waardoor de relatieve luchtvochtigheid bij opwarming sterk daalt. Hierdoor kan het hoger in de kerk erg warm en droog zijn waardoor risico op schade (scheurvorming) ontstaat bij monumentale orgels en houten onderdelen. Daarom is het bij de verwarminginstelling van belang dat rekening wordt gehouden met de temperatuurverdeling en de bijbehorende relatieve luchtvochtigheid.

Het beter inregelen van de verwarming met op activiteiten aangepaste temperaturen, is in sommige gevallen lastig. Zo kan het voorkomen dat een oudere verwarmingsketel of warmtewisselaar niet kan communiceren met een nieuwe regeling of regelkast. Het is dan zoeken naar de beste optimalisatie voor het systeem of het vraagt om meer handmatig instellen (wat in de praktijk vaak ongunstiger uitpakt). Bij sterk verouderde installaties moet nagedacht worden over de keus tussen reviseren, aanpassen of volledig vervangen van een installatie (zie Stap 5).

## Aanbevolen waarden bij binnenklimaat<sup>1</sup>

Basistemperatuur	8-10 °C
Maximale temperatuur	20 °C
Maximale opwarmsnelheid	2 °C/uur
Relatieve luchtvochtigheid (Rv)	45-75 %
Maximale verandering Rv per dag	10%
Maximale verandering Rv per jaar	30%

Een goed uitgangsprincipe is de temperatuurinstelling niet te hoog te kiezen met een niet te hoge opwarmsnelheid. Lagere

temperaturen leiden over het algemeen minder snel tot problemen en hebben als bijkomend voordeel dat de energiekosten minder hoog zullen worden. Een lagere temperatuur betekent echter een minder behaaglijke ruimte. Het is daarom van belang een goede balans te vinden tussen het gewenste comfort, het energieverbruik en het behoud van de kerk. Afhankelijk van de activiteit kan een maximale temperatuur worden ingesteld die voldoet aan de ondergrens van de bijbehorende comfortwens. Bij kleinere gezelschappen kan er ook voor worden gekozen om niet de gehele kerk te verwarmen maar alleen lokaal, daar waar de activiteit plaatsvindt (zie Stap 3).

Programma	Ruimtegebruik	Tijdsduur	Bezoekers-aantal	Comfortvraag	Voorbeeld gemiddelde temperatuurinstelling kerk
Basis	hele ruimte	onbepaald	geen	geen	20 °C
Basistemperatuur bij een intervalperiode korter dan 16 uur	hele ruimte	tot 16 uur	geen	geen	20 °C
Dienst	beperkt en hele ruimte	2 uur	gering	beperkt	20 °C
Tentoonstellingen	hele ruimte	onbepaald	variabel	beperkt	20 °C
Concert, voorstelling, lezing	beperkt en hele ruimte	2 tot 3 uur	gering tot hoog	hoog	20 °C
Congressen, beurzen, evenementen	hele ruimte	3 tot 6 uur	hoog	hoog	20 °C
Kleine diensten; repetities etc. (in combinatie met lokale verwarming)	hele ruimte	n.v.t.	gering	variabel	20 °C

## AANPAK

Op basis van een inventarisatie van de activiteiten, frequentie van de activiteiten en de bestaande temperatuurinstellingen en opwarmtijd, kan in samenspraak met een installateur een optimale inregeling en een verwarmingsprotocol worden vervaardigd. Hieraan kan vervolgens een automatische verwarmingsinstelling worden gekoppeld die per activiteit een vaste basis-, gebruikstemperatuur en opwarmtijd hanteert. Een verlaging van de basis en/of gebruikstemperatuur met slechts 1 of 2 graden levert op jaarbasis al een aanzienlijke kostenbesparing (2 tot 15%).

Schade aan het interieur is ook te voorkomen door geleidelijk op te warmen. Zo zou bij luchtverwarming voor een lagere inblaastemperatuur en een hogere inblaassnelheid kunnen worden gekozen om minder sterke thermische stratificatie te krijgen. Een hogere inblaassnelheid leidt echter sneller tot tocht waardoor het aan te bevelen is om deze maatregel

vooral gedurende de opwarmtijd toe te passen. Na het bereiken van de gewenste temperatuur en bij aanvang van de activiteit zou de inblaassnelheid weer kunnen worden verlaagd en de inblaastemperatuur worden verhoogd.

Verder kan, afhankelijk van het type verwarmingssysteem, 45 tot 15 minuten voor het einde van een activiteit de verwarming alvast op de lage stand worden gezet. Systemen zoals luchtverwarming koelen hierbij sneller af dan bijvoorbeeld radiatoren en (watergevoerde) vloerverwarming.

Het is aan te bevelen om meetapparatuur in de ruimte te plaatsen die de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid registreren. Dikwijls wordt hiervoor een zogenaamde 'slimme thermostaat' toegepast die niet alleen de verwarmingsinstallatie regelt maar ook storingen meldt en eventueel gegevens registreert over de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de kerk. Een groot voordeel van het systeem is dat het vanaf een afstand te bedienen is.

<sup>1</sup> Schellen, H.L., Heating monumental churches: indoor climat and preservation of cultural heritage, dissertation TU Eindhoven, 2002.

Bij de aanwezigheid van verschillende verwarmingssystemen (meerledige verwarming) is het aan te bevelen om goed inzichtelijk te krijgen hoe de verschillende onderdelen worden gebruikt en hoe ze gezamenlijk functioneren. Zo is het bij een combinatie van vloer- en luchtverwarming vaak beter om de vloerverwarming als basisverwarming in te zetten en de luchtverwarming te gebruiken om de ruimte te verwarmen tot een hogere gebruikstemperatuur.

#### *Waterzijdig inregelen verwarmingssysteem*

Bij verwarmingsinstallaties met radiatoren, convectoren en/of watergevoerde vloerverwarming kan het voorkomen dat de doorstroming van het verwarmingswater niet optimaal is. Sommige onderdelen krijgen hierdoor minder warm water dan andere onderdelen, waardoor de installatie inefficiënt wordt. Een oplossing is de installatie door een installateur waterzijdig in te regelen waardoor de warmteverdeling verbetert. Een betere doorstroming van het water komt de warmteafgifte en warmteverdeling tussen de onderdelen ten goede, en leidt tot een energiebesparing en een comfortverbetering. Het gasverbruik kan met 10% tot soms wel 15% dalen.

#### *Verdeling luchtverwarming*

Veel bestaande luchtverwarmingssystemen zijn uitgerust met één aanvoerrooster en meerdere afzuigroosters. Door deze constructie ontstaat het risico op een slechte warmteverspreiding waardoor aanzienlijke temperatuurverschillen kunnen optreden in de verwarmde kerk. Met een zogenaamde rookproef kan gekeken worden hoe de luchtverdeling plaatsvindt. Wanneer de warmteverdeling ontoereikend is, kan dit vaak verbeterd worden met de aanvullende plaatsing van inblaasunits of kolommen met nozzles die een betere verspreiding van de inblaaslucht geven.

#### *Temperatuur vloerverwarming*

Bij vloerverwarming treedt minder thermische stratificatie op; vloerverwarming geeft immers voor een groot gedeelte

stralingswarmte af en iets minder convectiewarmte (ca. 70% stralingswarmte en 30% convectiewarmte) waardoor de temperatuur bovenin de kerk minder erg zal oplopen. Met name bij grotere en hoge kerken wordt de vloerverwarming vaak hoog ingesteld om voldoende comfort te bereiken. Het nadeel van een (te) hoge vloertemperatuur is dat het tot ongewenste luchtstromen en sterkere koudeval kan leiden die aanvoelen als tocht (thermisch gedreven luchtstromingen). Naarmate het verschil tussen de vloer- en de luchttemperatuur groter wordt, zal de intensiteit van luchtstromen groter zijn (hogere lichtsnelheden) en is het sneller onbehagelijk. Vandaar dat het aan te bevelen is de vloertemperatuur niet te hoog te kiezen. Daarnaast is een gelijkmatig verwarmde vloer meer ideaal dan plaatselijke vloerverwarming omdat op de overgang sterke luchtstromen kunnen ontstaan.

#### *Leidingisolatie*

Een relatief eenvoudige maatregel om het energieverlies in kerken te beperken, is de toepassing van leidingisolatie voor verwarmingsbuizen, koppelingen en kranen van verdeelstations, en de aan- en afvoerkanalen van de luchtverwarming. Verder beperkt de toepassing van radiatorfolie bij radiatoren (en convectoren) het warmteverlies naar de omringende constructie.

### **GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING**

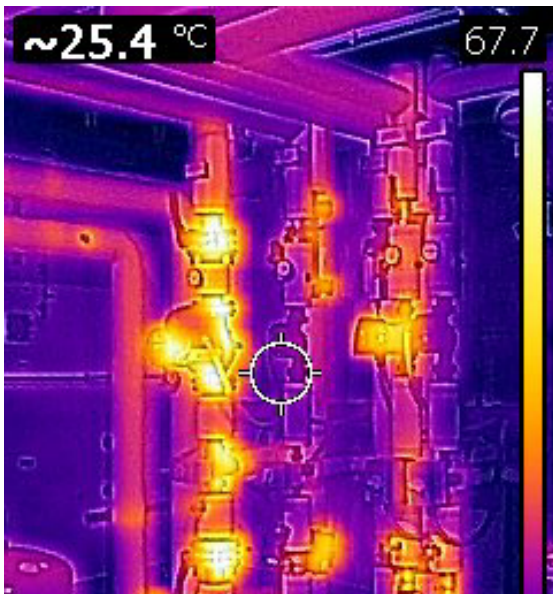
Met een betere inregeling van de bestaande verwarming, afgestemd op het gebruik en een duidelijk verwarmingsprotocol, kan afhankelijk van de situatie 10 tot 20% op het energieverbruik worden bespaard. De optimalisatie vraagt om een gemiddelde investering van € 1000,- tot 3000,- met een terugverdientijd van 2 à 4 jaar. Wanneer bij een luchtverwarming voorzieningen worden aangebracht om een betere luchtverdeling te krijgen, kunnen de kosten hoger liggen.



Het orgel van de Petruskerk in Woerden. Hoge temperaturen, lage relatieve luchtvochtigheid en snelle opwarming kunnen ernstige schade toe brengen aan een orgel.



Leidingsisolatie en het aanbrengen van isolerende mantels bij kranen en koppelingen voorkomt veel onnodig warmteverlies.



Ongeïsoleerde kranen en koppelingen bij een verdeelstation van de verwarming geven veel energieverlies.



Inblaas- en retourkanaal in de vloer van de Heilige Jacobuskerk in Cabauw. Omdat de roosters dicht bij elkaar in een zijbeuk zijn gesitueerd, ontstaat snel 'kortsluiting' en is de warmteverdeling in de kerk niet optimaal.



# STAP 2

## KIERDICHTING EN INRICHTING

Met relatief eenvoudige maatregelen als kierdichting en het aanbrengen van tochtportalen valt veel energie te besparen en een hoger comfortniveau te bereiken. Kieren bij ramen en deuren leiden tot warmteverlies en kunnen tot ongewenste luchtstromen leiden, wat ten koste gaat van het comfort.

Naast kierdichting en het plaatsen van tochtportalen is ook

met een goede inrichting van de kerk een hoger comfort te bereiken. Zo kan met het bankenplan of het plaatsen van stoelen rekening worden gehouden met bijvoorbeeld koudeval van ramen en luchtstromen in de kerk. Koudeval en/of luchtstromen werken immers sterk comfort verlagend. Daarnaast voorkomt het aanbrengen van deurdrangers veel onnodige tocht en energieverlies.

### INVLOEDSFACTOREN BIJ KIERDICHTING EN INRICHTING

Bestaande ventilatievoorzieningen	Kerken zijn overwegend natuurlijk geventileerd. In veel kerken zorgen klepraampjes voor de natuurlijke ventilatie maar ook de aanwezige naden en kieren, in combinatie met sparingen in de gewelven of het plafond. De ventilatie is hierdoor vaak ongecontroleerd waardoor bijvoorbeeld bij sterke wind een aanzuigende werking kan optreden bij de gewelven, en tochtstromen ontstaan door de winddruk via kieren bij ramen en deuren.
Type gewelf	Veel energieverlies treedt op via kieren in de gewelven. De zolders boven de gewelven of plafonds zijn in de regel goed geventileerd met buitenlucht omdat dit van groot belang is om de houtconstructie in een goede conditie te houden. In vergelijking met gemetselde en gepleisterde gewelven bevinden zich bij houten gewelven in de regel veel meer naden en kieren.
Bestaande indeling, inrichting	Veel kerken hebben een vast bankenplan waardoor de inrichting niet of nauwelijks is aan te passen. Kerken met losse stoelen hebben dit probleem uiteraard niet.
Type verwarming	Bij de inrichting moet rekening gehouden worden met luchtstromen die optreden bij luchtverwarming door de aanwezigheid van inblaasroosters, en luchtstromen bij een (te) hoge ingestelde vloerverwarming of gedeeltelijke vloerverwarming. Radiatoren of convectoren onder ramen voorkomen koudeval.

### AANDACHTSPUNTEN

Bij een verbetering van de kierdichting verdient de ventilatie van een kerk bijzondere aandacht. Ventilatie is noodzakelijk voor het afvoeren van vocht om het gebouw in een goede conditie te houden en is noodzakelijk voor verse lucht voor de gebruikers. Het volledig dicht maken van een kerkzaal is derhalve ongewenst.

Ventilatievoorzieningen kunnen worden aangebracht in de vorm van bijvoorbeeld roosters; roosters hebben het voordeel dat

de ventilatie beter beheersbaar is waardoor er afhankelijk van de behoefte meer of minder kan worden geventileerd. Zo kan bijvoorbeeld tijdens activiteiten sterker geventileerd worden dan wanneer de kerk niet in gebruik is. Het gecontroleerd en op basis van de behoefte lucht afvoeren betekent bovendien veel minder warmteverlies. Ook bij deze maatregel is het raadzaam om vocht- en luchtkwaliteitmeters aan te brengen om te controleren of de ventilatievoldoende is.

## AANPAK

Een relatief eenvoudige oplossing om de tochtwering te verbeteren, is het plaatsen van tochtstrips in de bestaande raam- en deursponningen. Bij een deur in de steensponning is kierdichting aanbrengen minder eenvoudig. Een mogelijkheid is de steensponning uit te laten vullen met hoogwaardige constructiekit. Een andere oplossing is het plaatsen van een lat met een tochtstrip in de negge waardoor de naden worden afgedicht. Bij deuren met bommerscharnieren moet gecontroleerd worden of de rubberprofielen (of borstels) tussen de deuren nog voldoende aansluiten. De grootste naden bevinden zich vaak aan de onderzijde van deuren. Hier kunnen tochtwerende borstels worden aangebracht. Een meer duurzame en efficiënte vorm van kierdichting is een zogenaamde valdorpel. Uitgesleten (hardstenen) drempels kunnen echter een probleem geven. Als oplossing zou de drempel brute kunnen worden gehakt en worden aangeheeld met een reparatiemortel of er kan een nieuw stuk natuursteen worden ingezet. In sommige gevallen is het mogelijk de drempel om te draaien.

Buitendeuren die grenzen aan de kerkzaal, zouden kunnen worden voorzien van een tochtportaal, eventueel van glas. Daarnaast is het van belang dat binnendeuren, die grenzen

aan onverwarmde ruimtes, zoals traptorens, tochtportalen en vestibules, ook een kierdichting krijgen.

Bij houten gewelven kan gekeken worden of de naden tussen de planken kunnen worden afgedicht met bijvoorbeeld tochtlatten of met bijvoorbeeld touw (breeuwen). Bij gewelven met een hoge monumentale waarde kunnen dergelijke voorzieningen soms ongewenst zijn.

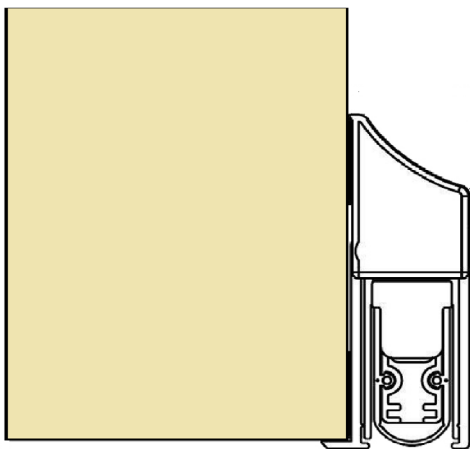
De inrichting van de kerk en de plaatsing van de zitplaatsen kan goed worden afgestemd op de aanwezigheid van koudeval en luchtstromen in de kerk. Wanneer mensen geen 'tocht' voelen, hebben ze het sneller (dus bij een lagere temperatuur) behaaglijk. Wanneer de kerk is uitgerust met een vast bankenplan, kan ervoor gekozen worden om zitplekken die minder comfortabel zijn, af te scherm.

## GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING

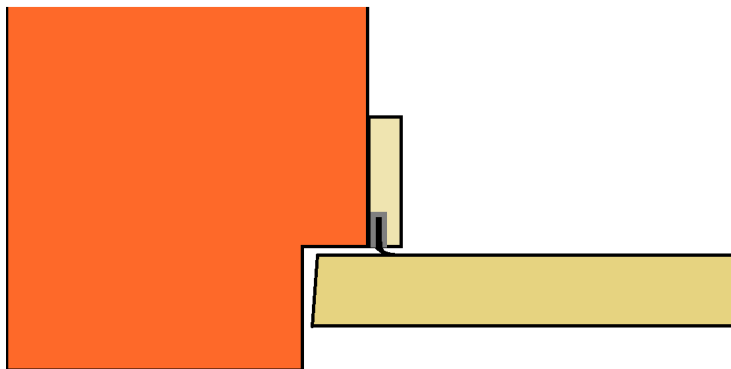
Met kierdichting en tochtwerende voorzieningen kan 10 tot 20% op het energieverbruik worden gespaard. Kierdichting vraagt om een investering van € 4000,- tot 10000,- met een terugverdientijd van 5 à 8 jaar. De kosten voor een extra tochtportaal is afhankelijk van de aard en uitvoering en kan derhalve sterk variëren.



Een houten tochtportaal in de Nicolaïkerk in Utrecht. Een tochtportaal en de toepassing van deurdrangers kan veel warmteverlies voorkomen.



Schematische weergave van een valdorpel op de deur gemonteerd en een valdorpel die in de deur is aangebracht.



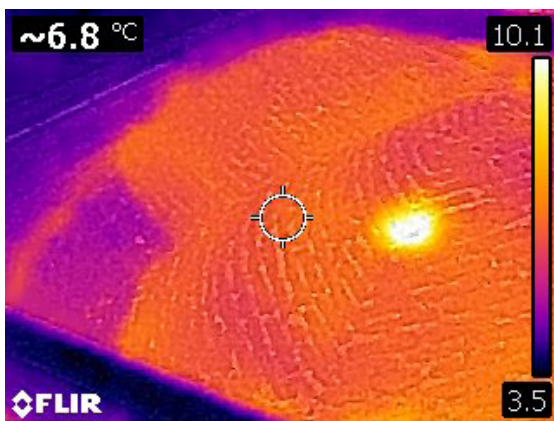
Schematische weergave van een lat met kierdichting aangebracht in de negge bij een deur die in de steensponning is geplaatst.



Voorbeeld van een lat met kierdichting aangebracht in de negge bij een deur die in een steensponning is geplaatst.



Gewelven van de Jacobikerk in Utrecht met veel gaten waardoor warmteverlies optreedt.



Een warmtelek ter plaatse van een sparing in de gemetselde gewelven waardoor veel warmte verloren gaat.

# STAP 3

## LOKAAL VERWARMEN

Bij bepaalde activiteiten die kleinere bezoekersaantallen meebrengen, kan gekozen worden om niet de gehele kerkruimte te verwarmen maar dit alleen plaatselijk te doen. Door niet de gehele kerk te verwarmen maar alleen ter plaatse van de aanwezige bezoekers, wordt veel energie bespaard. Daarnaast is lokaal verwarmen gunstig voor het binnenklimaat aangezien er geen grote wisselingen optreden in de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid van de kerkzaal.

Lokale verwarming bestaat meestal uit elektrische infraroodstralers (mobiel of vast) of bankverwarming zoals elektrisch verwarmde kussens, voetverwarming (cv-buis of -balk, elektrisch verwarmde platen) of een combinatie hiervan. Bij al deze soorten worden de aanwezige bezoekers rechtstreeks verwarmd waardoor ze zich met een lagere luchttemperatuur toch behaaglijk voelen. Het voordeel van de infrarood panelen of stralers is dat ze nauwelijks een opwarmtijd hebben en uit kunnen worden gezet bij het verlaten van de ruimte. Hierdoor wordt er

alleen verwarmd op het moment dat iemand gebruik maakt van de ruimte.

### AANDACHTSPUNTEN

Een belangrijke aandachtspunt bij lokaal verwarmen is de ruimtetemperatuur. Naarmate deze lager is, zal meer stralingswarmte nodig zijn voor een behaaglijk gevoel van de gebruikers. Het is daarom aan te bevelen om de kerk niet te sterk te laten afkoelen en een minimale basistemperatuur van bijvoorbeeld 10 à 12 °C te hanteren.

De montage van lokale verwarmingsvoorzieningen mag niet tot onevenredige schade van monumentale onderdelen leiden.

Bij de toepassing van een grote hoeveelheid elektrische verwarmingselementen is de bestaande elektrische installatie vaak niet toereikend en is een (kostbare) verzwaring van

### INVLOEDSFACTOREN BIJ LOKAAL VERWARMEN

Bestaande inrichting en activiteiten	Factoren die belangrijk zijn voor de keuze van een lokaal verwarmingssysteem zijn de locatie van de activiteit en de vorm van de activiteit (koorrepetitie, doopplechtigheid etc.). Zitten de bezoekers op een vaste plek of bewegen zij door de ruimte. Heeft de kerk vaste banken of stoelen. Welke mogelijkheden bestaan er om armaturen of elementen aan te brengen of op te hangen en de daaraan gekoppelde afstand van de verwarming tot gebruiker.
Bestaand verwarmingssysteem	Het bestaande type verwarming is mede bepalend voor de keuze van een lokaal verwarmingssysteem. Bij vloerverwarming bijvoorbeeld worden bezoekers ook van onderaf aangestraald waardoor verwarmingselementen bij voeten en benen minder noodzakelijk zijn. In dat geval is het verstandiger om te kijken naar lokale verwarmingsmogelijkheden gericht op het bovenlijf.
Monumentale waarden interieur	Elementen die in de ruimte worden gehangen kunnen voor het monumentale beeld een detonerende werking hebben. Sommige systemen zoals cv-voetverwarming met een buis of balk, vragen om de aanleg van leidingen. Het kan zijn dat de aanleg daarvan niet is te verenigen met een monumentale vloer. Ook is het soms niet mogelijk om voorzieningen aan te brengen zonder schade aan kerkbanken en kunnen stralingselementen, door de plaatselijk sterke opwarming, leiden tot scheuring van houten onderdelen in de kerk.

deze noodzakelijk. Vanaf een vermogen hoger dan 175 kVA is een eigen transformatorstation nodig.

Een nadeel van lokaal verwarmen is dat niet het hele lichaam wordt verwarmd waardoor lichaamsdelen koud aan kunnen voelen en een oncomfortabel gevoel kan geven.

Bij gasgestookte stralingsarmaturen komt bij verbranding veel waterdamp en CO<sub>2</sub> vrij. Het vocht kan nadelig werken voor interieuronderdelen zoals orgels en tot sterke condensatie op bijvoorbeeld gewelven etc. leiden. Daarnaast vraagt de aanleg van gasleidingen vaak om ongewenste boringen in monumentale (vloer)onderdelen. Vandaar dat gasarmaturen overwegend niet zijn aan te bevelen als kerkverwarming. Ook sluit het gebruik van gas niet aan bij de huidige klimaatdoelstellingen.

### **AANPAK**

Allereerst moet geïnventariseerd worden op welke locatie behoefte is aan lokale verwarming (bijvoorbeeld de eerste rijen banken, een kapel voor kleinere diensten of in het koor). Vervolgens moet een keuze worden gemaakt wat een geschikte vorm van lokaal verwarmen is voor de plek en activiteit.

Zo kunnen bijvoorbeeld tegen kolommen, wanden of aan trekstangen van de kerk elektrische stralingselementen worden aangebracht of juist gekozen worden voor stralingselementen op losse standaards, die het voordeel hebben dat ze flexibel en gericht op de bezoekers kunnen worden ingezet. Wel geeft deze oplossing het nadeel dat er wellicht meer stroomkabels

over de vloer lopen en zullen meerdere stopcontacten moeten worden aangebracht.

Een belangrijk aandachtspunt is de afstand van het stralingselement tot de gebruiker. Naarmate deze groter wordt is exponentieel meer stralingsvermogen nodig om voldoende comfort te bieden. Indien mogelijk is het aan te bevelen de elementen dicht bij de bezoekers te plaatsen (2,5 à 3,5 m) omdat dan aanzienlijk minder vermogen nodig is. In plaats van stralers boven de bezoekers kunnen ook elementen onder banken worden aangebracht of zitting en/of rugverwarming worden toegepast. De verwarming kan eventueel per bank of vak worden ingeschakeld, afhankelijk van het aantal bezoekers. Een dergelijke voorziening vraagt een aanzienlijk minder groot vermogen dan stralingselementen. De investering daarentegen is wel hoger. Wanneer de kerk is ingericht met stoelen, kan ook gebruik worden gemaakt van elektrische vloermatten waar de voeten op kunnen worden geplaatst. Doorgaans hebben bezoekers met warme voeten het niet koud. Voor altaren bestaan ook elektrische altaar- en vloerkleden die ervoor zorgen dat de persoon bij het altaar zich toch behaaglijk voelt.

### **GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING**

Met lokaal verwarmen kan 20 tot 50% op het energieverbruik worden bespaard. Het aanbrengen van lokale verwarming vraagt om een investering van € 6000,- tot 16.000,- met een terugverdientijd van 3 à 8 jaar.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Geen rekening houdend met een eventueel noodzakelijke aanpassing van de elektrische installatie (meterkast).

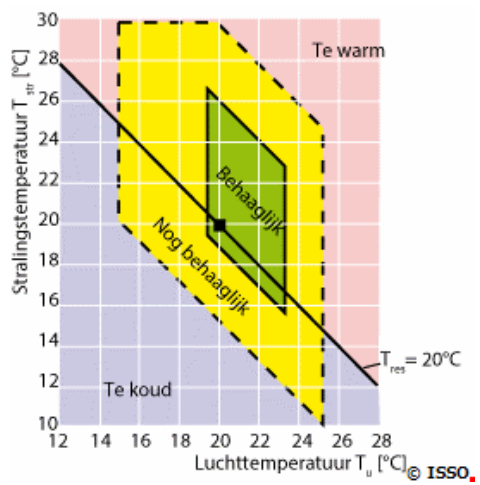


Voorbeelden van infraroodstralers



Stralingselement onder een kerkbank.

Zitting- en rugverwarming op kerkbanken. Bron: PKN Vianen



Samenhang tussen luchttemperatuur en stralings-temperatuur bij een relatieve vochtigheid van 30 tot 70% en een luchtbeving van 0,1 tot 0,2 m/s.  $T_{res}$  is de gemiddelde temperatuur van de stralingstemperatuur en luchttemperatuur. Bron: ISSO



Mobiel stralingselement. Bron: Veito.

# STAP 4

## GECONTROLEERDE VENTILATIE

Ventilatie is noodzakelijk om het gebouw in een goede conditie te houden en de bezoekers van verse lucht te voorzien.

Een nadeel van ventilatie is echter dat het tot energieverlies leidt, immers de verwarmde lucht wordt afgevoerd ten behoeve van verse koude lucht. Door de ventilatie beter te beheersen en beter af te stemmen op de ventilatiebehoefte

valt veel energie te besparen. Volledig natuurlijke ventilatie via ventilatiesparingen is ongecontroleerd en kan, bij bijvoorbeeld krachtige wind of temperatuurverschillen, tot aanzienlijke luchtstromen leiden. Om dit te beperken kunnen mechanische systemen worden toegevoegd zodat de ventilatie beter beheersbaar is. Het gaat bij deze stap om eenvoudige

### INVLOEDSFACTOREN BIJ GECONTROLEERDE VENTILATIE

Omvang kerk	Naarmate de kerk een groter volume heeft, is de noodzakelijke capaciteit van de installatie groter. Op verschillende plekken kunnen afzonderlijke afzuig- of inblaassystemen worden geplaatst, echter boven een kerkvolume van 7.000 m <sup>3</sup> is de vereiste capaciteit dusdanig dat beter onderzocht kan worden of een klimaatinstallatie of Gebouw Beheers Systeem (GBS) geen beter alternatief is (zie Stap 7).
Monumentale waarden	De meeste kerken zijn voorzien van ventilatiesparingen waarop de mechanische ventilatie goed kan worden aangesloten. Meestal bevinden deze zich in het plafond of gewelf, maar ook komt het voor dat in de zijwanden van het middenschip, in open verbinding met de zolders van de zijbeuken, sparingen zijn aangebracht. Het kan echter ook voorkomen dat een kerk geen geschikte ventilatiesparingen (zoals bv. in de ramen) heeft. Vaak is het goed mogelijk om sparingen voor mechanische ventilatie aan te brengen zonder schade aan het gebouw. In de situaties waar het ten koste gaat van de monumentale waarden zal in overleg met monumenteninstanties gekeken moeten worden naar een oplossing.
Aanwezige kierdichting	Voor gecontroleerde (mechanische) ventilatie (afzuig of inblaas) moet de kerk een zekere mate van kierdichting hebben. De ventilatieopeningen voor aan- of afvoer moeten afgestemd zijn op de ventilatievoud. Als de kierdichting onvoldoende is, is het effect van een mechanisch systeem te beperkt, en treedt nog steeds veel warmteverlies op door ongewenste infiltratie.
Type gewelf	Wanneer de gewelven een te open karakter hebben met sparingen die niet goed zijn af te dichten (zoals bij houten gewelven), zullen de mechanische systemen een te beperkt effect hebben. In tegenstelling tot gepleisterde en stenen gewelven kunnen houten gewelven erg open zijn. Ook is het aantal sparingen t.b.v. bijvoorbeeld lampen van invloed.
Bestaande ventilatievoorzieningen	De wijze waarop de (natuurlijke) ventilatie is geregeld, is van invloed op de mogelijkheden. Bij de meeste kerken zijn in de gewelven ventilatiesparingen aangebracht. Het is redelijk eenvoudig om hier een mechanische afzuig- of inblaassysteem aan te laten sluiten. Daarnaast moet worden gekeken waar de aan- of afvoer van verse lucht plaats vindt. Voor kerken die alleen met ventilatie-klepramen zijn uitgerust, bestaan zogenaamde Servomotoren die mechanisch (naargelang de ventilatiebehoefte) het raam openen of dichtten.
Bestaand verwarmingssysteem	Bij de meeste luchtverwarmingssystemen bestaat de mogelijkheid het ventilatiesysteem aan het luchtverwarmingssysteem te koppelen. Afhankelijk van de ventilatiebehoefte kan de benodigde hoeveelheid verse lucht worden aangevoerd en de binnenlucht verder worden gerecirculeerd.



systemen waarbij mechanisch lucht wordt ingeblazen of afgezogen. Een andere optie is luchttoevoer koppelen aan de bestaande luchtverwarming.

Omvangrijkere systemen zoals gebalanceerde ventilatiesysteem vragen om een aanzienlijke ingreep, zijn relatief kostbaar en worden behandeld in Stap 7.

## AANDACHTSPUNTEN

De keuze voor een systeem dat afzuigt of inblaast is afhankelijk van het type kerk en het verwarmingssysteem, al geeft afzuiging overwegend een beter comfort. Bij inblaas ontstaat overdruk in de kerk en wordt lucht afgevoerd via ventilatiesparingen en nog aanwezige kieren en naden. Bij afzuiging ontstaat onderdruk in de kerk en wordt juist de verse lucht aangevoerd via deze sparingen.

Bij een koppeling van het ventilatiesysteem aan het bestaande luchtverwarmingssysteem wordt automatisch voor inblaas gekozen.

Ook de plek van de inblaas is een aandachtspunt. Wanneer boven bij de gewelven wordt ingeblazen, mengt de verse lucht zich ook met de warme lucht en treedt er minder thermische stratificatie op. Wel zal de stijgende warme lucht en de dalende koude lucht luchtstromen ontwikkelen, die tot tocht en daarmee extra onbehagelijke plekken in de kerk kunnen leiden. Bij afzuiging zal dit minder het geval zijn. Een nadeel van afzuigen bovenin bij gewelven of plafond is dat juist de meest warme lucht wordt afgevoerd (warme lucht stijgt immers). Toch is dit energieverlies betrekkelijk aangezien de afzuiging gecontroleerd gebeurt en is afgestemd op de ventilatiebehoefte. Het energieverlies is verder te beperken door de ventilatie CO<sub>2</sub> en R<sub>v</sub> gestuurd te laten plaatsvinden, zodat alleen geventileerd wordt wanneer noodzakelijk.

## AANPAK

Allereerst moet gekeken worden of de kerk geschikt is voor mechanische ventilatie. Is de kierdichting afdoende, is de buitenschil, bijvoorbeeld het type gewelf, niet te open en is het volume van de kerkzaal niet te groot. Verder moet gekeken worden waar zich de bestaande (ventilatie)sparingen bevinden en wanneer deze ontbreken, of het eenvoudig is deze aan te brengen. Het meest effectief is te kiezen voor afzuiging boven in de kerk waarbij de plaatsing van mechanische units boven (ventilatie)sparingen in het plafond of gewelf het meest eenvoudig te realiseren is. Het is daarbij aan te bevelen om de mechanische ventilatie automatisch te laten aansturen. Vocht- en luchtkwaliteitmeters sturen de ventilatie units dan aan waardoor de afzuiging op een lage stand draait of uit staat wanneer de kerk niet in gebruik is. Het gecontroleerd en op basis van de behoefte lucht afvoeren betekent veel minder warmteverlies. Ook kan bij mechanische afzuiging en een goede kierdichting, eventuele aanvoerroosters van een onderdruk klep worden voorzien, waarmee de ventilatie beter is gereguleerd.

Wanneer de units uitblazen in de zolderruimte moet deze goed worden geventileerd, anders moet een afvoerkanaal in het dak worden aangebracht. In sommige gevallen kan hiervoor een dakkapel worden benut. Een andere optie zijn de toepassing van ventilatiepannen of monnikskappen in een leien dak die minder ontsierend werken dan een afvoerkanaal.

## GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING

Met mechanische ventilatie kan 10 tot 20% op het energieverbruik worden bespaard. Het aanbrengen van mechanische ventilatie vraagt om een investering van € 8.000 tot 20.000,- met een terugverdientijd van 8 tot 15 jaar.



Gewelven in de Jacobikerk in Utrecht; bestaande ventilatiegaten kunnen vaak gebruikt worden voor mechanische ventilatie.



Een ventilatiepan



Een monnikskap

# STAP 5

## MODERNISEREN

### VERWARMINGSSYSTEEM

Moderniseren kan zowel het volledig vervangen als het aanpassen en aanvullen van het bestaande verwarmingssysteem betekenen. Het vervangen of aanpassen van het verwarmingssysteem is aan de orde als het systeem verouderd is en technische mankementen vertoont. In sommige gevallen is de warmtevraag gewijzigd, door bijvoorbeeld een intensiever gebruik, waardoor een aanvulling en/of een nieuw zuiniger systeem voordelen biedt. Daarbij hebben oude systemen als nadeel dat ze slecht of niet goed communiceren met moderne regelapparatuur (zie ook Stap 1) waardoor een revisering is aan te bevelen.

Op het moment dat een installatie is afgeschreven en aan vervanging of revisering toe is, kan meteen gekeken worden of de wijze van verwarming nog wel aansluit bij de wensen en het gebruik van de kerk of dat een aanpassing en/of uitbreiding voordelen biedt. Voor veel kerken biedt een combinatie van systemen voordelen. Het toevoegen van een aanvullend systeem naast het bestaande, geeft een (gewenste) uitbreiding van de capaciteit

en kan een meer gelijkmatige en/of toegespitste verwarming bieden. Een veel voorkomende combinatie is luchtverwarming met vloerverwarming. De luchtverwarming zorgt relatief snel voor de gewenste luchttemperatuur in de kerk en de vloerverwarming biedt comfort door extra (stralings)warmte voor de bezoekers waardoor de ruimtetemperatuur wat lager kan worden gehouden. Vloerverwarming wordt ook vaak als de basisverwarming toegepast terwijl de luchtverwarming wordt gebruikt voor de gewenste gebruikstemperatuur. Maar ook andere combinaties van verwarmingssysteem komen voor.

Een andere optie is om het verwarmingssysteem alleen te gebruiken om de kerk te verwarmen tot een minimale basistemperatuur en alleen bij te verwarmen daar waar de activiteit plaatsvindt, door bijvoorbeeld infrarood stralingspanelen of elektrische vloerverwarming. Door niet de hele ruimte op een hogere temperatuur te brengen maar de

#### INVLOEDSFACTOREN BIJ DE MODERNISERING VAN HET VERWARMINGSSYSTEEM

Bestaand verwarmingssysteem	Bij het moderniseren van het verwarmingssysteem is het aan te bevelen om het bestaande systeem in beginsel als uitgangspunt te nemen aangezien een nieuw systeem vaak om ingrijpende wijzigingen vraagt. Wanneer het bestaande systeem (deels) is her te gebruiken met moderne toevoegingen zoals bijvoorbeeld nieuwe warmtewisselaars en/of warmtebronnen, geniet dit meestal de voorkeur.
Programma	De gebruiksintensiteit en bezoekersaantallen zijn factoren die meewegen bij het bepalen en dimensioneren van het verwarmingssysteem. De hoedanigheid van de activiteit is daarnaast van invloed op de comfortwens.
Omvang kerk	De omvang van een kerk is ook bepalend voor de keuze van het verwarmingssysteem. Een groter volume vraagt om een grotere capaciteit en sommige verwarmingssystemen zoals radiator en convector verwarming, zijn alleen geschikt voor kleinere kerken (tot ca. 3000 m <sup>3</sup> ) of als bijverwarming. Bij grotere kerken is het vaak aan te bevelen om een combinatie van verwarmingssystemen toe te passen, zoals vloerverwarming voor de basistemperatuur, luchtverwarming voor de gewenste gebruikstemperatuur en lokaal verwarmen voor kleinere gebruiksgroepen.
Monumentale waarden	De mogelijkheden om een nieuw of aanvullend verwarmingssysteem toe te passen is sterk afhankelijk van de monumentale waarden. De aanleg van leidingen, kanalen en verwarmingsvoorzieningen vragen vaak om ingrepen in het monument. Zo is vloerverwarming niet altijd goed toepasbaar bij kerken met monumentale vloeren.

bezoekers rechtstreeks te verwarmen, kan (met name bij grote kerken) veel energie worden bespaard.

Wat voor een kerk het meest optimaal is, hangt onder meer af van het programma, de omvang van de kerk en de aanwezige monumentale waarden.

## AANDACHTSPUNTEN

De wijze van verwarmen heeft grote invloed op het binnenklimaat, de conditie van de kerk en het interieur. Grote schommelingen in de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid kunnen tot schade aan het interieur leiden. Daarom is een helder verwarmingsprotocol (afgestemd op het programma, de gebruiksintensiteit en comfortwens) onmisbaar, waarbij het aan te bevelen is de temperatuurinstellingen niet te hoog te kiezen met een niet te hoge opwarmingssnelheid. Een andere optie is de temperatuur laag te houden en alleen de gebruikers rechtstreeks te verwarmen. Afhankelijk van de activiteit kan een maximale temperatuur worden ingesteld die voldoet aan de ondergrens van de bijbehorende comfortwens (zie Stap 1).

Bij veel kerken is de bestaande vloerverwarming relatief diep onder de zerken aangebracht. Wanneer de leidingen van de vloerverwarming te diep in de vloer liggen, is het systeem erg lastig in te regelen, en reageert deze (te) traag op temperatuurwijzigingen. Ook is de vloerisolatie bij oudere systemen beperkt of ontbreekt deze, waardoor veel energie verloren gaat. Inefficiënte vloerverwarmingssystemen zijn vaak niet goed te modificeren waardoor vervangen de enige optie is. Nieuwe vloerverwarming kan eventueel worden ondergebracht onder (indien aanwezig) houten vlonders waarop de kerkbanken zijn geplaatst. Hier kan dan een zogenaamd droog systeem worden toegepast (met metalen verdelers); wel zal de bestaande plankenvloer in de meeste gevallen moeten worden vervangen voor een dunnere afwerking.

Bij bestaande luchtverwarmingssystemen kan een slechte warmteverspreiding optreden door het éézijdig (met groot vermogen) inblazen en kunnen er aanzienlijke temperatuurverschillen bestaan in de verwarmde kerk. Een betere verspreiding van de lucht door het aanbrengen van extra inblaaspunten en/of het toepassen van nozzles, kan de situatie verbeteren.

## VOOR- EN NADELEN VERWARMINGSTYPEN

	Voordelen	Nadelen
Luchtverwarming	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directe en snelle opwarming.</li> <li>• Wijzigingen in instellingen hebben een snel effect.</li> <li>• Eenvoudig te koppelen aan ventilatie.</li> <li>• Via het systeem kan eventueel worden bevochtigd en ontvochtigd.</li> <li>• Geschikt voor het verwarmen van grote ruimtes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Er treedt snel thermische stratificatie op met relatief hoge temperaturen bovenin de kerk.</li> <li>• Risico van grote temperatuurschommelingen en sterke verlaging van de relatieve luchtvochtigheid.</li> <li>• De luchtkanalen en installatie nemen veel ruimte in en vragen om een omvangrijke ingreep in het gebouw.</li> <li>• In de buurt van inblaasroosters kan een gevoel van tocht optreden</li> <li>• Een hogere luchttemperatuur is noodzakelijk voor een behaaglijk gevoel (geen stralingswarmte).</li> <li>• Kans op ongewenste luchtcirculatie.</li> </ul>
Vloerverwarming	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Door het direct verwarmen en aanstralen van de bezoekers kan worden volstaan met een lagere luchttemperatuur.</li> <li>• Door direct aanstralen wordt sneller een behaaglijk gevoel bereikt.</li> <li>• Het systeem is een lage temperatuurverwarming (LTV) en verbruikt daardoor relatief minder energie. Verder is het systeem eenvoudig te koppelen aan duurzame energieopwekking zoals een warmtepomp.</li> <li>• Zeer geschikt als basisverwarming</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeem reageert traag en heeft een lange opwarmingstijd</li> <li>• Kostbaar en ingrijpend in aanleg en niet geschikt voor kerken met monumentale vloeren.</li> <li>• Bij een te hoge vloertemperatuur of een gedeeltelijke vloerverwarming kunnen ongewenste luchtstromen ontstaan.</li> <li>• Wanneer de leidingen te diep in de vloer liggen is het systeem lastig in te regelen en reageert het (te) traag op temperatuur wijzigingen.</li> </ul>

	Voordelen	Nadelen
Radiatoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiatoren onder ramen beperken koudeval.</li> <li>• Stralingswarmte van de radiatoren geeft extra comfort, waardoor met een lagere luchttemperatuur kan worden volstaan (geldt alleen voor zitplaatsen nabij de radiatoren).</li> <li>• Kan als voetverwarming bij banken worden gebruikt (kokers of buizen) waardoor een bezoeker sneller (bij een lagere ruimtetemperatuur) comfortabel is.</li> <li>• Eenvoudig en relatief goedkoop systeem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alleen geschikt voor kleinere kerken (tot ca. 3000 m<sup>3</sup>) of als bijverwarming.</li> <li>• Afhankelijk van de grootte van de ruimte heeft het systeem een lange opwarmtijd.</li> <li>• Radiatoren in de kerkruimte kunnen afbreuk doen aan de visuele gaafheid.</li> <li>• Met name ledenradiatoren blijven lang warm na het uitzetten van de verwarming en het duurt lang om ze op te warmen.</li> </ul>
Convectoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convectoren onder ramen beperken koudeval.</li> <li>• Eenvoudig en relatief goedkoop systeem.</li> <li>• Er bestaan ook laag temperatuur convectoren die in verhouding minder energie verbruiken en een relatief snelle opwarming kunnen geven.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alleen geschikt voor kleinere kerken (tot ca. 3000 m<sup>3</sup>).</li> <li>• Afhankelijk van de grote van de ruimte heeft het systeem een lange opwarmtijd.</li> <li>• Wandconvectoren in de kerkruimte kunnen afbreuk doen aan de visuele gaafheid.</li> <li>• Converterputten kunnen lastig toepasbaar zijn bij kerken met monumentale vloeren.</li> <li>• Een hogere luchttemperatuur is noodzakelijk voor een behaaglijk gevoel (geen stralingswarmte).</li> </ul>
Infrarood verwarming	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Door direct verwarmen van de bezoekers kan met een lage luchttemperatuur worden volstaan.</li> <li>• Geen opwarmtijd, verwarmt direct daar waar nodig, wanneer nodig en is daarmee energie efficiënt.</li> <li>• Zeer beperkt effect op de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid.</li> <li>• Zeer geschikt als lokale verwarming.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij een omvangrijker systeem is een aanpassing van de elektrische installatie noodzakelijk.</li> <li>• Kosten-technisch minder geschikt voor de verwarming van grotere kerkzalen (meer dan 200 zitplaatsen).</li> <li>• Kan door eenzijdige verwarming leiden tot koude lichaamsdelen.</li> <li>• Kan door de plaatselijk sterke opwarming van interieuronderdelen tot schade leiden.</li> </ul>

## AANPAK

Het aanpassen van een bestaand of aanleggen van een nieuw systeem vraagt vaak om forse ingrepen in de kerk. Vandaar dat het aan te bevelen is om eerst te kijken in welke mate het bestaande systeem, en onderdelen van het systeem, her te gebruiken zijn en te integreren in een nieuw verwarmingsplan. Meestal wanneer een systeem totaal ongeschikt is voor het verwarmen van de kerk, is het vervangen van het systeem een zinvolle optie. Voor de keuze van een nieuw geschikt verwarmingssysteem zal een gespecialiseerd installatietechnisch adviseur moeten worden ingeschakeld. Daarnaast is inzicht in het binnenklimaat noodzakelijk. Hiervoor zal op diverse plaatsen moeten worden gemeten, zowel op gebruiksniveau als bij het(de) orgel(s) bovenin de kerk. Op basis van metingen, het programma, de bouwtechnische en

bouwfysische condities, kan een adviseur aangeven welke systemen geschikt zijn voor de specifieke situatie en, in combinatie met een indicatie van de kosten, welke voor- en nadelen aan de oplossingen kleven.

## GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING

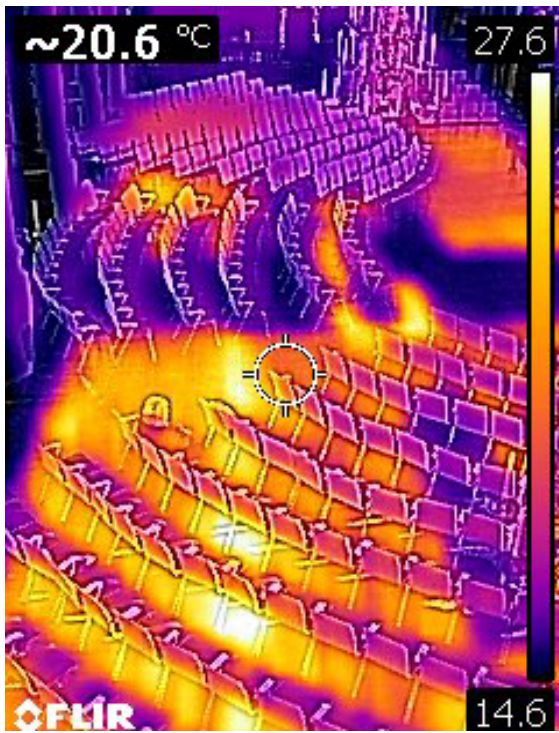
Met het reviseren, aanpassen of vervangen van het verwarmingssysteem kan 20 tot 60% op het energieverbruik worden bespaard. Veel is afhankelijk van het oude systeem en de aard en omvang van de ingreep. De kosten kunnen daarom uiteenlopen van ca. € 15.000 tot 200.000,-. De terugverdientijd is sterk afhankelijk van de situatie; logischerwijs is de terugverdientijd korter bij een afgeschreven (en inefficiënt) bestaand verwarmingssysteem.



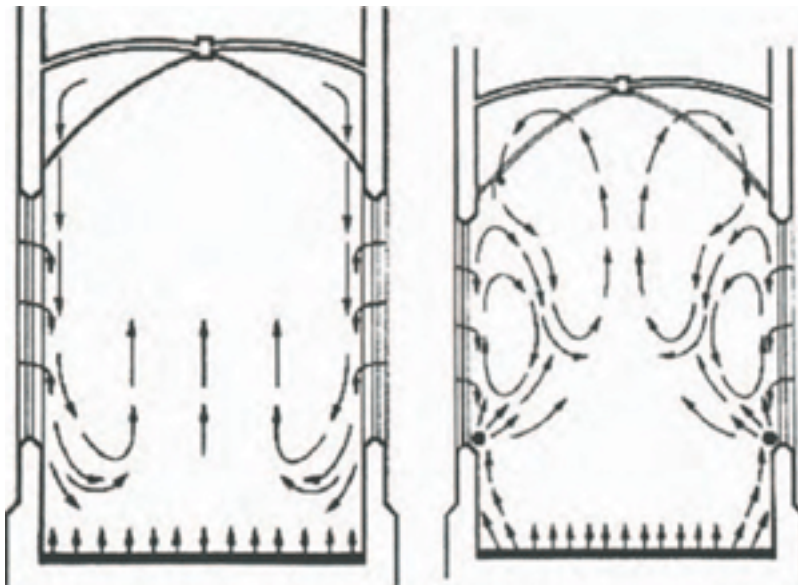
Inblaasrooster van de luchtverwarming in de Jacobikerk te Utrecht.



Houten vlonder onder kerkbanken in de H.H. Cosmas en Damianus te Abcoude. Onder de vlonder kan vloerverwarming worden aangebracht (met een nieuwe dunnere afwerkingslaag).



Voorbeeld van vloerverwarming in een kerkzaal.



Luchtstromingen in een kerkzaal. Links zonder verwarmingselementen onder de ramen en rechts met. De koudeval van ramen en gewelven wordt hierdoor ter hoogte van de bezoekers gereduceerd. Bron: A. Pfeil, Untersuchungen über das Raumklima.

# STAP 6

## ISOLATIEMAATREGELEN

Om extra energie te besparen, met name bij een hogere gebruiksintensiteit en hogere comforteisen kan het na-isoleren van de kerk uitkomst bieden. Het na-isoleren van kerken vraagt door de doorgaans grote afmetingen wel om omvangrijke en kostbare maatregelen. Daardoor is het aan te bevelen deze alleen als onderdeel van een grootschalige restauratie en/of renovatie door te voeren.

De zwakste schakels zijn meestal de vensters. Naast het voorkomen van warmteverlies leidt het verbeteren van de isolatiewaarde van de ramen ook tot minder koudeval (comfort). Ook treedt veel warmteverlies op via gewelven of plafonds en een wat kleiner aandeel via de vloeren.

Kerken hebben overwegend dikke buitenmuren. Dit gegeven brengt met zich mee dat de na-isolatie ervan minder effect heeft en dat het bestaande accumulerend vermogen (het vasthouden van warmte of koude) van de constructie, bij na-isolatie grotendeels verdwijnt. Ook leidt na-isolatie van buitenmuren vaak tot bouwfysische risico's door aansluitingsproblemen bij o.a. venters en gewelven. Zo kunnen bij spouwmuren, door de veel toegepaste constructiewijze bij kerken, zogenaamde koudebruggen ontstaan die condensatieproblemen geven. Tenslotte kan na-isolatie ook ten koste gaan van eventuele binnenaferkingen, schilderingen en wandkust. Vandaar dat kerkmuren doorgaans niet geschikt zijn voor gevelisolatie.

### INVLOEDSFACTOREN BIJ ISOLATIEMAATREGELEN

Programma	De gebruiksintensiteit, bezoekersaantallen en comfortwensen zijn factoren die meewegen bij de vraag of na-isoleren rendert. Wanneer een kerk vaker wordt verwarmd (tijdens het stookseizoen gemiddeld meer dan 25 uur per week) en de temperatuurinstelling vanuit de comfortwens wat hoger is ( $\geq 18$ °C) wordt het toepassen van isolerende maatregelen economisch meestal pas interessant.
Monumentale waarden	Bij de aanwezigheid van hoge monumentale onderdelen zoals gewelvschilderingen, monumentale vloeren en gebrandschilderd glas, dient men extra voorzichtig en terughoudend te zijn bij de toepassing van isolerende maatregelen. Een foutieve toepassing van isolerende voorzieningen kan tot schade aan het erfgoed leiden.
Type kerkramen	Het overgrote deel van de kerken is uitgerust met glas-in-lood vensters. Bij de toepassing van isolerende beglazing bij dergelijke vensters kan gekozen worden voor buiten- of binnen-voorzetbeglazing. Het voordeel van buitenbeglazing is dat deze het glas-in-lood meteen beschermt. Een nadeel is dat de isolatiewaarde van het glas lager zal zijn dan binnen-voorzetbeglazing omdat bij isolatieglas aan de buitenzijde tussen de ramen met buitenlucht moet worden geventileerd. Bij binnenbeglazing is dit niet het geval maar bestaat er wel een grotere kans op condens op het glas-in-lood waardoor de levensduur van het glas mogelijk wat korter wordt. Voor ramen met een hoge monumentale waarde is het daarom beter om buiten-voorzetbeglazing toe te passen of te kiezen voor een zogenaamde museale opstelling: op de plek van het bestaande glas wordt nieuwe isolerende beglazing geplaatst en voor het raam aan de binnenzijde wordt in een nieuwe frame het bestaande glas-in lood geplaatst.



Type gewelf	Bij na-isolatie van gewelven is het van groot belang dat zich geen naden bevinden in de isolatie en dat de isolatie gelijkmatig over het gehele gewelf kan worden toegepast. Gewelven hebben vaak samengestelde gebogen vormen. Dit vraagt om de toepassingen van flexibele isolatiedekens. Het nadeel van deze producten is dat ze kunnen uitzakken of bij veroudering uiteenvallen, waardoor de gewelven niet overal meer gelijkmatig zijn geïsoleerd en er koudebruggen ontstaan. Wanneer de complexiteit van de vorm van het gewelf toeneemt, is het lastiger de isolatie naadloos toe te passen en de kans op vochtproblemen groter. Er zijn kerken waar spuitsystemen zoals PUR-isolatie zijn toegepast. Een groot nadeel is dat deze oplossing niet reversibel is en volledig dampdicht. Voor moeilijk bereikbare delen van het gewelf (vaak de onderste delen) biedt de toepassing van cellulosevlokken die op de gewelven worden geblazen, uitkomst. Een nadeel is dat het een warm onderkomen voor ongedierte kan bieden. Verder ontstaat een vocht risico wanneer de ruimte tussen het dakbeschot en het gewelf met vlokken zijn gevuld, omdat er niet meer wordt geventileerd en eventueel vocht moeilijk weg kan.
Type vloer	Vaak vindt vloerisolatie plaats in combinatie met vloerverwarming. Wanneer de kerkvloer rechtstreeks op de ondergrond is aangebracht zal de kerkvloer moeten worden uitgenomen. Dit kan vanuit monumentaal of archeologisch perspectief onwenselijk zijn. In sommige gevallen is een zwevende, geïsoleerde vloer een optie, maar dit wijzigt wel sterk het beeld van de kerkruimte. Eventueel kan onder bestaande houten vlonders isolatie worden aangebracht (samen met vloerverwarming). Bij de kerken die voorzien zijn van kelders en of kruipruimtes, is eenvoudig vanaf de onderzijde isolatie aan te brengen.
Bouwfysische condities	Bij de isolatie van plafonds, gewelven en wanden kunnen op de overgangen tussen onderdelen zogenaamde koudebruggen ontstaan. Dit kan tot condensatie in en tegen de onderdelen leiden met alle mogelijke schadegevolgen van dien. Het is dan ook van belang dat de te nemen maatregelen bouwfysisch worden doorgerekend op hun gevolgen voor de constructie.

## AANDACHTSPUNTEN

Bij spouwmuren lijkt na-isolatie een relatief goedkoop en eenvoudig toe te passen maatregel te zijn (de spouw wordt volgeblazen met een isolatiemateriaal) met een verbetering van de energieprestatie van 15 tot 20%. Toch is het een maatregel waaraan veel risico's kleven. Zo is het van belang dat er geen verbindingen bestaan tussen het binnen- en het buitenblad. Vaak wordt de spouw bij kerken onderbroken ter hoogte van steunberen of bij een raam of deur waar een latei is toegepast, die van het binnen- naar het buitenblad doorloopt. Bij dergelijke verbindingen ontstaan als gevolg van de na-isolatie koudebruggen en kan condensatie optreden, waardoor vochtplekken en/of schimmel op het binnenblad kunnen optreden. Ook vergroot het de kans op schade bij kozijnen. Met een endoscoop (een speciale camera) kan de staat van de spouw worden gecontroleerd. Als alternatief voor gevelisolatie kan bij kerken waar verwarmd wordt met radiatoren, een warmte reflecterende folie achter de radiatoren worden geplaatst. Dit betreft een eenvoudige en goedkope oplossing die veel onnodig energieverlies voorkomt. Een andere zogenaamde quick win is uiteraard leidingisolatie.

Bij de isolatie van ramen en/of gewelven kan het zijn dat de bestaande ventilatievoorzieningen (klepramen, ventilatiesparingen) niet meer kunnen functioneren. Er moet dan opnieuw gekeken worden hoe het beste geventileerd kan worden.

## AANPAK

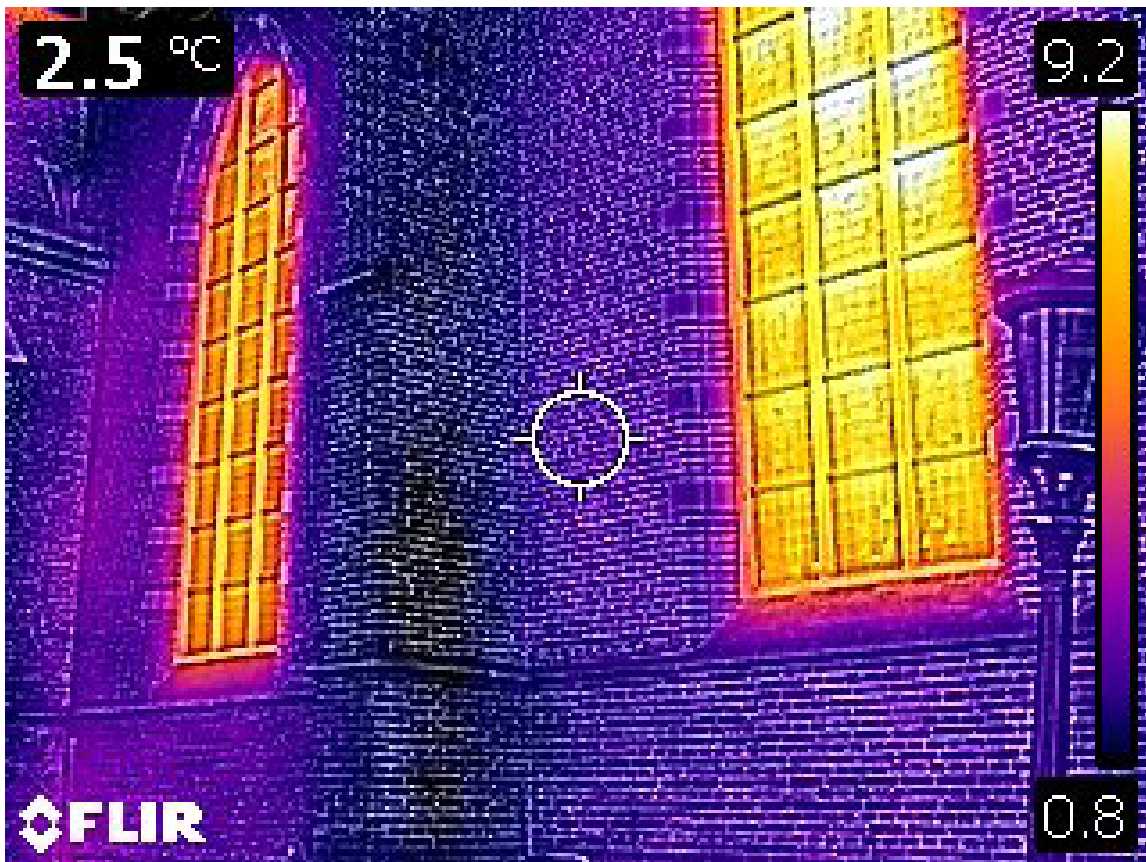
Voor de keuze van verantwoorde oplossingen om de isolatiewaarde van de kerk te verbeteren, is een analyse van de bouwtechnische en -fysische condities en de aanwezige monumentale waarden noodzakelijk. Het is hierbij van belang dat tevens naar de duurzaamheid van de oplossingen op lange termijn wordt gekeken. Maatregelen die door veroudering op termijn (bouwfysische) problemen kunnen veroorzaken, moeten worden vermeden. Voor het bepalen van een verantwoorde oplossing zal een gespecialiseerd adviseur of restauratiearchitect moeten worden ingeschakeld.

## GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING

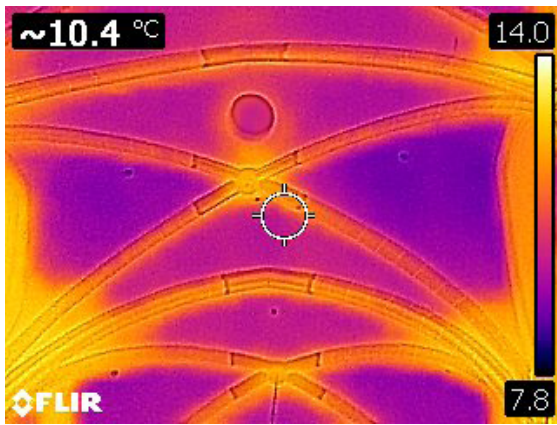
Met het na-isoleren van een kerk kan gemiddeld 10 tot 40% op het energieverbruik worden bespaard. Veel is afhankelijk van het type en de omvang van de maatregelen. De kosten kunnen daarom sterk uiteenlopen van ca. € 60.000 tot 2.000.000,- of hoger bij grote kerken. De terugverdientijd is o.a. afhankelijk van de gebruiksfrequentie en de temperatuurinstellingen en kan variëren van 20 tot meer dan 100 jaar. Wanneer de maatregelen onderdeel uitmaken van een grootschaligere restauratie of renovatie zijn ze in de regel relatief goedkoper.



Gewelven in de H.H. Cosmas en Damianus kerk in Abcoude. Complexe gewelfvormen zijn lastig te isoleren. In de meeste gevallen is het af te raden.



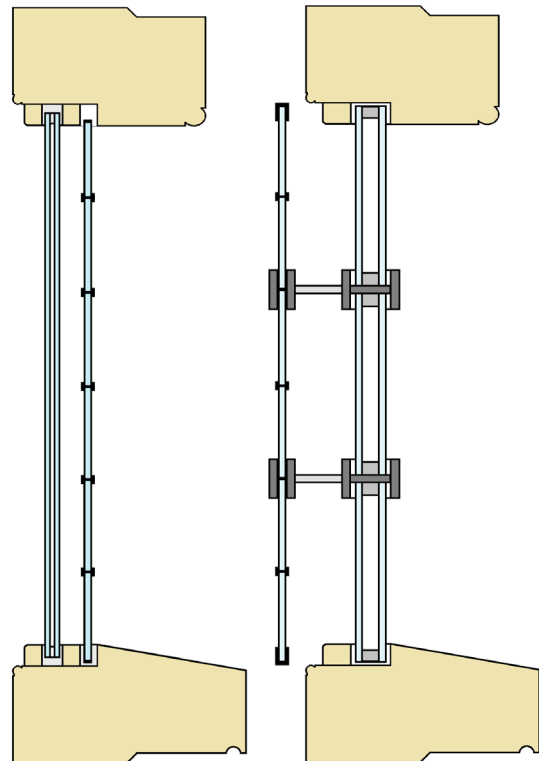
Warmtebeeldopname vanaf de buitenzijde van de glas-in-loodramen in de Nicolaïkerk in Utrecht. Via de ramen treedt veel warmteverlies op.



Warmteverlies bij gewelven.



Beschermende buiten-voorzetsbeglazing bij een groot samengesteld kerkraam van de St. Willibrorduskerk in Vleuten.



Schematische weergave van een binnen-voorzetraam bij een glas-in-loodraam (links) en een museale opstelling van glas-in-lood (rechts).

# STAP 7

## KLIMAATBEHEERSING

Voor omvangrijke kerken met een hoge gebruiksintensiteit en hogere comforteisen kunnen klimaatinstallaties diverse voordelen bieden. Naast het verlagen van de energievraag voor verwarming is het binnenklimaat beter constant te houden waardoor betere condities worden gecreëerd voor onderdelen zoals orgels. Het aanbrengen van een klimaatinstallatie vraagt echter om een aanzienlijke investering waardoor dit alleen rendabel is voor intensief gebruikte, grotere kerken.

Een klimaatinstallatie regelt het binnenklimaat waaronder de temperatuur en de luchtkwaliteit en zo ook naast verwarming,

de ventilatie. Meestal wordt hiervoor een gebalanceerd ventilatiesysteem toegepast waarbij de aan- en afvoer van de lucht mechanisch is geregeld. Om energieverlies te voorkomen wordt hier in de regel een Warmte Terug Win systeem (WTW) aan gekoppeld, waarbij de uitgaande lucht de inkomende lucht verwarmt in een warmtewisselaar. Luchtkwaliteit en relatieve luchtvochtigheidsmeters kunnen gekoppeld worden aan het ventilatiesysteem en deze aansturen. Een nadeel van dergelijke installaties is dat het om luchtkanalen vraagt en aan- en afvoerroosters in de buitenschil, wat in veel gevallen lastig is uit te voeren.

### INVLOEDSFACTOREN BIJ KLIMAATBEHEERSING

Programma	De gebruiksintensiteit, bezoekersaantallen en comfortwensen zijn factoren die meewegen bij de vraag of klimaatbeheersing rendeert. Wanneer een kerk vaker wordt verwarmd (tijdens het stookseizoen gemiddeld meer dan 30 uur per week) en de temperatuurinstelling vanuit de comfortwens wat hoger is ( $\geq 18$ °C), wordt de toepassing van klimaatbeheersing financieel pas interessant.
Omvang kerk	Daarnaast vormt de grootte van een kerk een belangrijke factor voor het wel of niet renderen van een klimaatinstallatie. Voor kleinere kerken zijn dergelijke systemen doorgaans niet rendabel. Bij kerken met een volume vanaf 7000 m <sup>3</sup> kan een dergelijk systeem voordelen bieden.
Monumentale waarden	Klimaatinstallaties zijn in de regel omvangrijk en vragen om diverse leidingen, kanalen en beluchtingsroosters die ten kosten kunnen gaan van monumentale waarden en de visuele gaafheid.
Constructief	Vaak kunnen de installaties op de zolder worden geplaatst. Grotere installaties hebben een aanzienlijk gewicht en kunnen dikwijls niet zonder een constructieve verstijving of aanvullend dragende vloer worden geplaatst.
Type verwarmingssysteem	Luchtverwarming is meestal goed te koppelen aan een klimaatinstallatie. Bij andere verwarmingssystemen wordt een losse luchtbehandelingsinstallatie naast het verwarmingssysteem geplaatst. Bij een GBS kunnen de twee worden gekoppeld en regelen ze (computer)gestuurd het binnenklimaat.
Aanwezige kierdichting	Voor een klimaatinstallatie moet de kerkzaal een zekere mate van kierdichting hebben. Als de kierdichting onvoldoende is, is het effect van een klimaatinstallatie beperkt en is het systeem moeilijk in te regelen. Ook dienen bestaande natuurlijke ventilatieopeningen te worden gedicht aangezien de aan- en afvoer van lucht centraal (of decentraal) is geregeld. Hetzelfde geldt voor de openheid van gewelven. In tegenstelling tot gepleisterde en stenen gewelven kunnen houten gewelven erg open zijn. Wanneer de gewelven een te open karakter hebben, is de kerk mogelijk niet geschikt voor een klimaatinstallatie.

Ook kan een zogenaamd Gebouw Beheers Systeem (GBS) worden toegepast waarbij de installaties (verwarming en ventilatie) centraal worden aangestuurd. Een GBS is een instrument dat een zo optimaal mogelijk binnenklimaat nastreeft en zorgt voor een optimale afstemming van de energievraag en het energieverbruik. Een voordeel is dat GBS niet alleen de installaties regelt en op elkaar afstemt, maar ook alarmeert bij storingen en het de mogelijkheid biedt om het systeem op afstand te sturen. Daarnaast geeft het GBS voortdurend informatie over o.a. de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de kerkzaal. Deze gegevens kunnen nuttig zijn voor het verder optimaliseren van het klimaat.

Eventueel kan aan het GBS systeem een bevochtigingsinstallatie worden gekoppeld. Het is aan te bevelen om een bevochtigingsinstallatie pas toe te passen als blijkt dat de relatieve luchtvochtigheid na de optimalisatie van het verwarmingssysteem nog steeds niet afdoende kan worden beheerst.

### AANDACHTSPUNTEN

Een klimaatinstallatie heeft grote invloed op het binnenklimaat en de conditie van de kerk en het interieur. Een goede afstemming en regelmatige controle van het binnenklimaat is essentieel om te grote schommelingen in de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid tegen te gaan (zie ook Stap 1). Vaak is er meer behoefte aan bevochtigen (de RV is te laag) dan ontvochtigen (de RV is te hoog). Van het laatste is vaak alleen sprake bij kerken die weinig worden gebruikt en niet of nauwelijks worden verwarmd. De hoge luchtvochtigheid is dan vaak al op te lossen met een verbetering van de ventilatie. Het zo maar aanbrengen van installaties die be- of

ontvochtigen, zonder degelijk beheerssysteem kan ernstige gevolgen hebben voor bijvoorbeeld orgels. Een overmatige bevochtiging, bijvoorbeeld door het plaatsen van een losse bevochtiger, kan tot schimmel, corrosie en houtaantasting leiden.

Klimaatinstallaties produceren geluid. Vaak moeten voorzieningen als een geluiddempende vloer onder de installatie worden toegepast om geluidsoverlast voor de kerkzaal te voorkomen.

### AANPAK

Om een klimaatinstallatie op een verantwoorde manier in te passen, is een analyse van de bouwtechnische en bouwfysische condities noodzakelijk, evenals inzicht in de aanwezige monumentale waarden. Vervolgens moet onderzocht worden of de kierdichting van de kerk toereikend is voor de installatie, en of deze zo nodig op een verantwoorde manier verbeterd kan worden. Om de luchtdichtheid te testen is in sommige gevallen een zogenaamde blowerdoortest noodzakelijk. Voor het inpassen van een klimaatinstallatie zal een gespecialiseerd installatieadviseur moeten worden ingeschakeld.

### GEMIDDELDE INVESTERING EN GEMIDDELDE BESPARING

Met het toepassen van een klimaatinstallatie kan gemiddeld 20 tot 40% op het energieverbruik worden bespaard. Veel is afhankelijk van o.a. de bestaande verwarmingsinstallatie en omvang van de ingreep. De kosten kunnen daarom erg uiteenlopen van ca. € 20.000 tot 250.000,-. De terugverdientijd is 13 tot 50 jaar.

### OVERZICHT TERUGVERDIENTIJDEN STAPPEN

Stap	Gemiddelde besparing	Gemiddelde investering	Terugverdientijd
1) Optimalisatie bestaande verwarmingssysteem	10-20 %	€1.000,- tot € 3.000,-	2 tot 4 jaar
2) Kierdichting en inrichting	10-20 %	€ 4.000,- tot € 10.000	5 tot 8 jaar
3) Lokaal verwarmen	20-50 %	€ 6000,- tot € 16.000	3 tot 8 jaar
4) Gestuurde ventilatie	10-20 %	€ 8000,- tot € 20.000,-	8 tot 15 jaar
5) Moderniseren verwarmingssysteem	20-60 %	€ 15.000,- tot €150.000	12 tot 50 jaar
6) Isolatiemaatregelen	10-20 %	€ 40.000,- tot > € 2.000.000	20 tot >100 jaar
7) Klimaatbeheersing	20-40 %	€20.000,- tot €200.000,-	13 tot 50 jaar



Verwarmings- en ventilatiesystemen kunnen op elkaar worden afgestemd d.m.v. een Gebouw Beheers Systeem.



Het koor van de Domkerk in Utrecht. Bij kerken met een groot volume en intensief gebruik kan een Gebouw Beheer Systeem voordelen bieden.

# STAP 8

## AARDGASVRIJ

Wanneer een CV-ketel is afgeschreven en aan vervanging toe is, ontstaat de vraag hoe te anticiperen is op een aardgasvrije toekomst. Het vervangen van de ketels biedt een goede aanleiding om te onderzoeken welke potentiële scenario's geschikt zijn voor de kerk. Aangezien een nieuwe installatie vaak een aanzienlijke investering betreft, is het van belang dat er een weloverwogen keus wordt gemaakt die ook aansluit bij de beoogde energietransitie van de gemeente. Een gemeente is derhalve het eerste loket om te informeren. Gemeenten moeten per wijk of buurt aangeven welk alternatief er voor aardgas komt.<sup>3</sup>

Voor veel dorpskernen en binnenstedelijke gebieden is het lastig om een goed aardgasvrij alternatief te bieden dat verenigbaar is met monumentale gebouwen. Vaak wordt bij dergelijke gebieden gedacht aan stadswarmte, maar de aanleg van een warmtenet is door de complexe ondergrondse infrastructuur (leidingen, kabels etc.) doorgaans lastig te realiseren.<sup>4</sup>

In veel gevallen is het voor kerken aan te bevelen om als 'tussenstap' in afwachting van de potentiële toekomstige warmtebron, te kiezen voor moderne HR CV-ketels, eventueel hybride in combinatie met een luchtwarmtepomp.

### STADSWARMTE

Voor oudere dorpskernen en binnensteden wordt als aardgasvrij alternatief vaak aan een midden-temperatuur warmtenet gedacht omdat dit in de meeste gevallen te combineren is met monumentale gebouwen. De historische panden hoeven in vergelijking met een laag-temperatuur warmtenet maar beperkt in hun isolatieniveau worden verbeterd. Er bestaan ook hoog-temperatuur warmtenetten waarbij in principe geen aanpassingen noodzakelijk zijn om het

pand te kunnen verwarmen. De aanleg van een hoog temperatuurnet is echter veel kostbaarder en vraagt om veel meer energie om de hoge temperatuur op te wekken. Voor buitenwijken zijn meer variaties. Daar wordt vaak ook gekeken naar kleinschaligere lokale warmtenetten die veelal een laag temperatuur systeem betreffen.

### HOOG-, MIDDEN- EN LAAGTEMPERatuurVERWARMING

Van een hoog temperatuur warmtenet wordt gesproken als het verwarmingswater 70 °C of hoger is. Traditionele verwarmingselementen als radiatoren kunnen worden gehandhaafd en er zijn geen aanvullende isolerende maatregelen noodzakelijk om de kerk en bijgebouwen te verwarmen. Van een midden temperatuur wordt gesproken wanneer het verwarmingswater tussen de 55 en 70 °C is. Bij midden temperatuur kan het zijn dat een aanvullende verwarmende voorziening moet worden aangebracht en/of er eventueel isolerende maatregelen moeten worden getroffen. Van een laag temperatuurnet wordt gesproken als het verwarmingswater tussen de 35 en 55 °C is. Bestaande warmtewisselaars, radiatoren en convectoren zijn meestal niet verenigbaar met laag temperatuurverwarming. Vloerverwarming sluit hier wel goed bij aan. Daarnaast vraagt laag temperatuurverwarming in de regel om een goed geïsoleerd pand. Bij een lager isolatieniveau (wat bij kerken meestal het geval is), is het vaak lastig om een ruimte in koudere periodes naar de gewenste temperatuur te verwarmen. Een optie is het water op te waarden naar een midden temperatuur (bijverwarming) en/of voor een minimale ruimtetemperatuur te kiezen en met name van elektrische stralingswarmte gebruik te maken. Tot slot bestaat ook een zeer laag warmtenet met een temperatuur van het verwarmingswater tot 35 °C. In de regel is dit ontoereikend voor verwarming en zal opwaarderen van de temperatuur noodzakelijk zijn.

<sup>3</sup> In het klimaatakkoord is opgenomen dat in 2021 alle gemeenten in Nederland een warmtevisie heeft vastgelegd met daarin de uitgangspunten voor een aardgasvrije toekomst.

<sup>4</sup> Bij buitenwijken kan zich dit probleem ook voordoen, maar overwegend zijn hier wel aanlegmogelijkheden.

## WARMTEPOMP

Een warmtepompsysteem is in veel gevallen niet geschikt voor het verwarmen van een kerk.

De systemen geven onvoldoende capaciteit en/of sluiten niet aan bij de specifieke warmtevraag van een kerk. Een warmtepomp haalt met een warmtewisselaar warmte uit onuitputtelijke bronnen zoals water, lucht of bodem. Warmtepompsystemen gebruiken daardoor geen fossiele brandstof en veroorzaken weinig milieubelasting. Wel maakt een warmtepomp gebruik van elektriciteit; het stroomverbruik is afhankelijk van het vermogen van de warmtepomp. Veelal ligt het stroomverbruik op ca. 20-25% van het afgegeven warmtevermogen in kW.

Warmtepompen vragen om een zogenaamde Laag Temperatuur Verwarming (LTV) zoals vloerverwarming. Bestaande warmtewisselaars van de luchtverwarming, radiatoren en convectoren, gevoed door reguliere hoog temperatuur Cv-ketels, zullen met LTV waarschijnlijk onvoldoende vermogen kunnen leveren voor het verwarmen van de kerk naar de gewenste gebruikstemperatuur. Bij de toepassing van luchtwarmtepompen zullen voor een gemiddelde kerk meerdere units in cascade moeten worden opgesteld. Daarbij kan het zijn dat de luchtwarmtepomp in koude perioden onvoldoende vermogen kan leveren.

Een alternatief is een hybride warmtepomp waarbij een reguliere CV-ketel bijverwarmt of het over neemt wanneer de luchtwarmtepomp onvoldoende vermogen levert. Met een hybride warmtepomp kan 30 tot 40% op het gasverbruik worden bespaard. Een nadeel voor omwonenden kan zijn dat de buiten-units geluid produceren. Het geluidsniveau is weliswaar niet hoog maar wordt door sommigen toch als hinderlijk ervaren.<sup>5</sup>

Een WKO installatie (warmte-koudeopslag) ofwel een warmtepomp die gebruik maakt van bodemwarmte, is in de regel niet geschikt omdat een kerk in de zomer doorgaans geen koelvraag heeft. Om de bodembron van een WKO goed te laten functioneren, moet in de zomer warmte worden opgeslagen in de bodem (door het onttrekken van koude), welke in de winter weer kan worden aangewend voor verwarming (door het opslaan van koude). Eventueel kan gekeken of er gezamenlijk met een partij in de nabije omgeving een installatie kan worden aangelegd die wel een duidelijke koelvraag in de zomer heeft en die in balans is met de warmtevraag van de kerk in de winter.

<sup>5</sup> De meeste buitenunits van lucht/water warmtepompen produceren gemiddeld 35 tot 40 decibel. Dit is vergelijkbaar met het zoemend geluid van een reguliere koelkast.

Eventueel kan onderzocht worden of seizoensgebonden warmteopslag tot de mogelijkheden behoort. Warmte-energie, bijvoorbeeld van zonnecollectoren, wordt dan in de bodem opgeslagen en in koudere perioden aangewend voor de verwarming van de kerk.

Om te zien of het systeem rendabel is, zal een energiebalans moeten worden opgemaakt. De vraag is of het systeem voldoende warmte genereert voor de verwarming van de kerk gedurende het stookseizoen. Wel is het systeem in verhouding kostbaar. Het vraagt immers om een bodembron met warmtepomp en zonnecollectoren. Ook is het sterk de vraag of zonnecollectoren tot de mogelijkheid behoren. Collectoren die in het zicht liggen, worden bij monumenten in de regel als detonerend ervaren en zijn daarom onwenselijk (zie ook Stap 9, zonne-energie). Een mogelijk alternatief is een systeem waarbij warmte wordt opgevangen vanaf de pannen of leien. Bij deze systemen vangen metalen geleiders warmte op die bij de dakbedekking ontstaat door bezonning. Via een met vloeistof gevuld leidingsysteem wordt de warmte-energie getransporteerd naar een warmtewisselaar. Vanuit kostentechnisch oogpunt is het alleen zinvol om een dergelijk systeem toe te passen als onderdeel van een technisch noodzakelijke dakrenovatie.

## ELEKTRISCH

Een andere mogelijkheid is de kerk volledig elektrisch (met stralingswarmte) te verwarmen. Voor kerken met een grotere omvang en/of een meer gevarieerd programma is elektrisch verwarmen minder ideaal. Het volledig elektrisch verwarmen van een kerk vraagt immers om een relatief groot vermogen. Voor de meeste kerken volstaat een uitbreiding van de bestaande stoppenkast niet en is een eigen transformator noodzakelijk. De transformatorruimte noodzaakt een plaatsing op maaiveldniveau en een toegang vanaf de buitenzijde; een geschikte locatie zal voor het merendeel van de monumentale kerken lastig te verwezenlijken zijn.

Wanneer kleinere ruimten moeten worden verwarmd of wanneer alleen een beperkt gedeelte van de kerkzaal met een beperkte tijdsduur wordt gebruikt, kan elektrisch verwarmen wel voordelen bieden (zie Stap 3 Lokaal verwarmen). In de regel wordt dan gebruik gemaakt van infraroodstralers en elektrische vloerverwarming die de aanwezige bezoekers rechtstreeks aanstralen waardoor ze zich bij een lagere luchttemperatuur toch behaaglijk voelen. Het is aan te bevelen om de stralingspanelen of infra rood elementen niet te ver van de bezoekers te plaatsen, bijvoorbeeld op 2,5 à 3,5 m. Naarmate de afstand tot een straler groter wordt, neemt het effect exponentieel af en is een steeds groter vermogen nodig.



Lager hangende stralers kan echter weer een verstoring van het interieur van de kerk opleveren.

Bij de toepassing van elektrisch verwarmen is het wel aan te bevelen om de kerk tot een basistemperatuur te blijven verwarmen, bijvoorbeeld 10 à 12 °C en deze niet volledig af te laten koelen wanneer er geen activiteit plaatsvindt. Als de kerk te sterk afkoelt kunnen bezoekers zich immers door de koudestraling van het gebouw en de lage ruimtetemperatuur ondanks de stralingselementen of elektrische vloerverwarming toch onbehagelijk voelen.

Voor de basistemperatuur kan eventueel de bestaande verwarmingsinstallatie (radiatoren, vloer- of luchtverwarming) worden aangewend als deze bijvoorbeeld wordt gekoppeld aan een luchtwarmtepomp<sup>6</sup>. Wanneer een luchtwarmtepomp niet goed mogelijk blijkt als warmtebron (zie hierboven), is het niet aan te bevelen om volledig elektrisch te verwarmen aangezien dit om een relatief groot vermogen vraagt. Het is in dat geval beter om voor een hybride oplossing te kiezen en te kijken of een andere warmtebron beschikbaar is voor het verwarmen tot een basistemperatuur.

## BIOMASSA

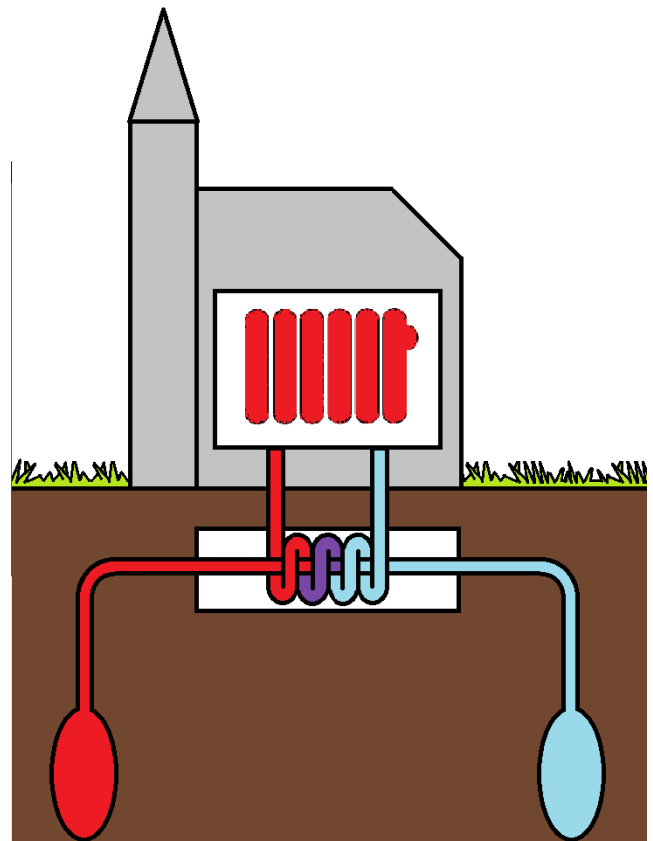
Een biomassa-installatie, een CV ketel die houtafval of pellets van houtafval als brandstof gebruikt, is ook een alternatief om een kerk te verwarmen. De systemen zijn relatief duurzaam (20 tot 30 jaar) en heten CO<sub>2</sub> neutraal te zijn. Bij verbranding

<sup>6</sup> Is ook een vorm van all electric

van het hout komt dezelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub> vrij als wanneer het hout op natuurlijke wijze afbreekt waardoor er per saldo niet extra CO<sub>2</sub> vrij komt. Dit geldt alleen als er gebruik wordt gemaakt van daadwerkelijk afvalhout uit de nabije omgeving. Wanneer houtpellets van elders komen (waarvoor speciaal bomen zijn gekapt) is het niet CO<sub>2</sub> neutraal en is de milieubelasting volgens sommige experts nog groter dan wanneer gebruik wordt gemaakt van gas. Verder produceert een biomassa-installatie fijnstof waardoor het systeem een negatief effect heeft op de luchtkwaliteit, al is dit in verhouding minder dan een open haard of reguliere houtkachel. Vanuit milieutechnische oogpunt is een biomassa-installatie derhalve een minder geschikt alternatief voor aardgas.

## GEOTHERMIE

Geothermie is met name geschikt voor grootschalige projecten en derhalve niet voor een kerk alleen. Bij geothermie (aardwarmte) wordt warmte uit de ondergrond opgepompt voor de verwarming van complexen. De temperatuur loopt op met de diepte: hoe dieper hoe warmer. Het van nature aanwezige warme water wordt uit de ondergrond opgepompt waarbij de warmte eruit wordt gehaald. Een pomp zorgt er vervolgens voor dat het afgekoelde water terugstroomt in dezelfde aardlaag zodat het weer kan opwarmen. Geothermie is niet overal toepasbaar. Onderzocht moet worden of en op welke diepte zich een bodemlaag bevindt die voldoende warmte kan genereren en die economisch rendabel is.



Rechts: schematische weergave van een WKO installatie.

# STAP 9

## ELEKTRICITEITSVERBRUIK

Ook op het gebied van elektriciteit kan veel worden bespaard, vaak door middel van redelijk eenvoudige maatregelen. Zo kan met ledverlichting, bewegingsmelders en centrale aan- en uitschakelaars veel op het elektriciteitsverbruik worden bespaard. Een meer omvangrijke maatregel die maar in een beperkt aantal gevallen tot de mogelijkheid behoort, is het toepassen van zonne-energie.

### LEDVERLICHTING

Het algemeen toepassen van ledverlichting zal een duidelijke besparing tot gevolg hebben. Ledverlichting verbruikt ca. 8 maal minder energie dan gloeilampen en heeft daarmee een terugverdientijd van minder dan een jaar. Een spaarlamp verbruikt ca. 4 maal minder energie dan een gloeilamp. Ledverlichting gaat relatief lang mee met een levensduur van 15 tot 25 jaar. Een goede ledlamp kan tot 50.000 branduren meegaan en daarmee is de levensduur ca. 50 maal zo lang dan die van een reguliere gloeilamp. De gemiddelde spaarlamp heeft een levensduur van ongeveer 8 jaar. Overigens is het gebruik van spaarlampen bij kerken die in het bezit zijn van bijzondere kunstschaten als schilderijen, muurschilderingen of wandkleden, af te raden. Door een relatief hoog gehalte aan ultra violet licht verkleuren de objecten sneller. Ledverlichting vraagt door de hogere prijs van de lampen om een hogere investering maar, door de langere levensduur en het lage elektriciteitsverbruik is het verreweg de meest duurzame verlichting.

TL-buizen kunnen niet zondermeer vervangen worden door zogenaamde LED-tubes. Veel armaturen moeten worden vervangen of worden aangepast (voorschakelapparatuur verwijderen, overbruggen of vervangen). Er zijn echter inmiddels LED-tubes in de handel waarvoor geen aanpassingen nodig is al laat de kwaliteit van veel zogenaamde retrofit buizen sterk te wensen over en produceren ze minder licht. De levensduur van een TL-buis is sterk afhankelijk van het fabricaat. Een conventionele TL-buis (T8-lamp) heeft een

levensduur van 10.000 branduren maar voor een kwalitatief hoogwaardige lamp (T5-lamp) kan dit oplopen tot 60.000 uur. Van de gemiddelde LED-tube wordt door fabrikanten aangegeven dat ze 50.000 branduur meegaan.

LED-tubes zijn aanzienlijk duurder dan een reguliere TL-buis. De aanschafkosten zijn afhankelijk van de type, vermogen, lengte en fabrikant tussen de € 35,- en € 100,- terwijl een gewone TL-buis tussen de €2,- en € 10,- kost. Men kan er derhalve voor kiezen pas de aanwezige lampen in de armatuur te vervangen voor retrofit-lampen, of de armatuur om te bouwen voor LED-tubes wanneer een buis in een lamp het heeft begeven. Met een LED-tube wordt afhankelijk van het type 30 tot 80% minder elektriciteit verbruikt dan met een reguliere TL-buis. De terugverdientijd van de investering is 5 tot 7 jaar.

### BEWEGINGSMELDERS

Voorafkerken met een gevarieerd programma kunnen bewegingsmelders een besparing opleveren op het elektriciteitsgebruik. Zo voorkomen automatische aan/uitschakelaars voor de verlichting bij toiletten of bij zijkapellen veel onnodige branduren. De gemiddelde terugverdientijd van een bewegingsmelder is 3 tot 5 jaar.

### CENTRALE AAN-/UITSCHAKELAARS

Een centrale aan/afwezigheid-schakelaar bij de entree is een middel dat ervoor zorgt dat zaken in en om de kerk en bijgebouwen in- of uitschakelen. Deze oplossing is met name interessant voor kerken met veel bijvertrekken en verlichting met afzonderlijke schakels. Het voorkomt dat zaken per ongeluk onnodig aan of stand-by staan. Aan de centrale schakelaar kunnen de hoofdverlichting en andere elektrische apparaten zoals de geluidsinstallatie, die geen functie hebben tijdens sluitingstijden, worden gekoppeld. Wanneer bijvoorbeeld de verwarmingsinstallatie onderdeel uitmaakt van dezelfde groep moet dit worden aangepast.

De gemiddelde terugverdientijd van een centrale aan- en uitschakelaar is sterk afhankelijk van de kerk en het gebruiksprotocol en varieert hierdoor van 2 tot 8 jaar.

### CONTROLE BESTAANDE ELEKTRISCHE INSTALLATIE

Oudere elektrische installaties kunnen soms energielekken hebben of plaatselijk veel warmte genereren wat tot energieverlies leidt. Lekstroom kan bijvoorbeeld ontstaan door een fout in de aarding. Het is daarom aan te bevelen de installatie te laten doormeten om te zien of er onevenredig hoog energieverlies optreedt. Ook zijn contactdozen, verdelers of transformatoren die relatief veel warmte produceren, eenvoudig op te sporen met een infrarood camera. Naast het voorkomen van energieverlies, is het controleren ook aan te bevelen uit het oogpunt van brandveiligheid. De meeste branden ontstaan door kortsluiting of het doorbranden van de electische installatie.

Een keuring van de electische installatie kost gemiddeld € 300,- tot € 1500,-

### ZONNE-ENERGIE

Kerken zijn doorgaans uitgerust met prominente daken die in het zicht liggen. Zonnepanelen die in het zicht liggen, worden bij monumenten in de regel als detonerend ervaren en zijn daarom onwenselijk. Dakvlakken die niet direct zichtbaar zijn, zoals daken van zijbeuken, en niet grenzend aan de openbare ruimte, renderen vaak onvoldoende door schaduw van de

omliggende daken en opstanden. Een uitzondering vormen soms hallenkerken waar niet zichtdaken voldoende zon vangen voor een rendabele plaatsing van panelen. Hoewel sommige kerken zijn uitgerust met platte daken of anderszijds daken waar zonder verstoring van het beeld rendabel panelen kunnen worden geplaatst, zijn kerken in het algemeen minder geschikt voor het toepassen van zonne-energie.

Een standaard zonnepaneel levert gemiddeld 290 à 300 kWh per jaar op (ca. 180 à 188 kWh/m<sup>2</sup> per jaar) en heeft een terugverdientijd van ongeveer 8 jaar. Het is sterk aan te bevelen een vermogen te plaatsen dat onder het eigen gebruik ligt; hogere vermogen is onrendabel en brengt bovendien de ANBI status in gevaar.

Er bestaan ook dakpannen en leien waarin zonnecellen zijn verwerkt die daardoor minder in het oog springen. Bij pannen leidt het overigens wel tot een wezenlijke wijziging van het beeld omdat deze pannen (vooral nog) alleen vlak worden uitgevoerd en dus afsteken tegen de bij monumenten veel toegepaste gegolfde Hollandse pannen.

Een nadeel is dat de kosten ca. driemaal zo hoog zijn en het rendement per vierkante meter ca. 20% lager ligt. Een tweede nadeel is dat zonnecellen na 25 jaar zijn afgeschreven terwijl een pannendak eenvoudig 100 jaar en een leien dak 80 jaar of langer mee gaat. Vanuit het oogpunt van kosten en duurzaamheid is het plaatsen van panelen op het dak, met handhaving van de bestaande dakbedekking, een aantrekkelijker alternatief.



Zonnepanelen op het dak van een kerk en zonnepanelen in opgesteld in een tuin. Bron: MSG energie