

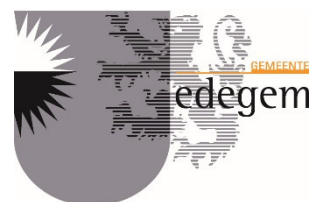
DEMI MORE: Resultaten monitoring demonstratie- projecten

Om een grotere energie-efficiëntie te realiseren in monumenten combineert het Europese DEMI MORE project innovatieve technieken en energiebesparende maatregelen. Tezamen met de uitwerking van een internationale standaard voor de duurzaamheid van monumenten moet dit resulteren in een krachtige toolkit voor de verduurzaming van ons erfgoed.

www.grensregio.eu

Interreg Vlaanderen-Nederland subsidieert grensoverschrijdende projecten voor slimme, groene en inclusieve groei.

Dit document kwam tot stand in het kader van het Interreg Vlaanderen-Nederland project DEMI MORE. Partners in dit project zijn:



Het project DEMI MORE is gefinancierd binnen het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu



Monitoringsrapport

Kenmerken

Projectnummer	15321	Datum	31-10-2019
Auteur	Ir. Dick van 't Slot	Co-lezer	Ing. Jan Peter Pols
Onderwerp	Resultaten monitoring	Status	Definitief
		Uitgevoerd door	DWA B.V. Postbus 140 6710 BC EDE GLD

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Douaneloods, Essen	5
3	Hof ter Linden, Edegem	6
4	Domein Roosendael, Sint-Katelijne-Waver	8
5	Beddermolen, Westerlo	10
6	Franciscanenklooster, Megen	12
7	Adrianuskerk, Esbeek	14
8	Totaaloverzicht	16

8.1	CO₂-winst	16
8.2	Comfort	16
8.3	Leerpunten	17

1 Inleiding

Vanaf 2016 zijn binnen het project DEMI MORE 6 monumentale gebouwen verduurzaamd. Eén van de onderdelen hierbij is de monitoring van de toegepaste maatregelen. Hiermee wordt de daadwerkelijk gerealiseerd besparing inzichtelijk. Deze rapportage geeft de resultaten weer van de gemonitorde maatregelen.

De indeling van deze rapportage is een indeling naar de zes monumenten.

Dit betreffen in België:

- Douaneloods in Essen
- Hof ter Linden, Edegem
- Domein Roosendaal, Sint-Katelijne-Waver
- Beddermolen, Westerlo

In Nederland betreft dit de volgende projecten:

- Franciscanen klooster, Megen
- Adrianuskerk, Esbeek

Al deze panden zijn monumentale panden. Standaard verduurzamingsmaatregelen zijn hier doorgaans niet mogelijk, omdat deze een te grote impact hebben op de uitstraling van het gebouw. Daarom is bij de uitvoering van deze projecten de focus gelegd op innovatieve technieken, die of innovatief zijn als techniek dan wel innovatief zijn in de toepassing ervan in monumenten. Bij een aantal panden zijn bij de renovatie gelijktijdig ook wel traditionele maatregelen genomen, maar deze zijn dan niet opgenomen in dit subsidieprogramma.

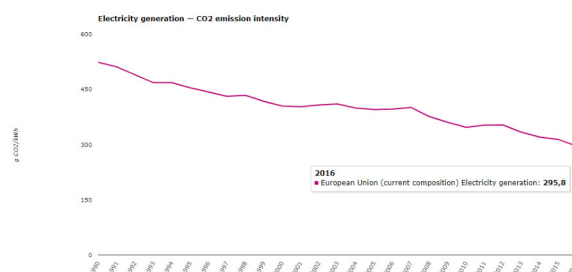
De toegepaste maatregelen zijn dus alle in meerdere of mindere mate innovatief. Het is daarom van belang om de prestaties ook te beoordelen. Enerzijds om te kijken of de verwachtingen waar worden gemaakt, maar anderzijds ook om te leren voor andere projecten. Daarom is opgenomen in het oorspronkelijke projectplan om de projecten te monitoren en zo de behaalde besparing eenduidig vast te stellen.

Een aantal projecten zijn al volledig gerealiseerd. Voor zover er bij deze projecten al monitoringsgegevens bekend zijn, is in deze rapportage gebruik gemaakt van de daadwerkelijk gemeten waarden voor

de bepaling van de energiebesparing. Voor een aantal andere projecten heeft nog geen meting van de daadwerkelijk prestatie plaats kunnen vinden, omdat de maatregelen niet, of te kort in bedrijf zijn. Hierbij is gebruik gemaakt van een theoretische berekening van de energieprestatie, op basis van de specificaties van de gerealiseerde maatregelen.

Uitgangspunten

Voor alle projecten is bepaald wat het effect van de maatregelen is op het gasgebruik en het elektriciteitsgebruik. Om deze twee effecten bij elkaar op te kunnen tellen is ook het effect bepaald op de CO₂-emissie. Hiertoe is het van belang om de CO₂-emissie van aardgas en elektriciteit vast te stellen. De emissie voor aardgas is eenduidig vast te stellen en is onafhankelijk van het land. De emissie van elektriciteit hangt sterk samen met de opwekking van elektriciteit. Gezien het feit dat dit een Europees project betreft is gebruik gemaakt van het Europees gemiddelde qua uitstoot. Deze is in de volgende figuur weergegeven.



Figuur 1.1 Gemiddelde CO₂-emissie elektriciteit in de EU (bron: European Environment Agency, 2019)

Bij de berekeningen is uitgegaan van de waarde van 2016, omdat deze de meest actuele waarde is die bekend is. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- CO₂-emissie elektriciteit: 0,296 kg/kWh
- CO₂-emissie aardgas: 1,79 kg/m³

Om de reductie in CO₂-emissie tastbaarder te maken is deze ook omgerekend naar aantal bomen. Hierbij is een opname van 20 kg/boom per jaar gehanteerd.

2 Douaneloods, Essen

Deze loods op een voormalig rangeerterrein is door de gemeente gekocht met het doel dit monumentale object nieuw leven in te blazen. De restauratie van de loods startte in het voorjaar van 2018 en verloopt voorspoedig. De installatie van de energiebesparende maatregelen was bij de oplevering van dit rapport in volle gang.

Maatregelen

In deze loods zijn en worden diverse maatregelen toegepast voor de transformatie tot een andere bestemming.

Op gebied van de toepassing van innovatieve, duurzame maatregelen is hier gekozen voor de toepassing van gebouw-geïntegreerde, semi-transparante zonnepanelen. Zo kan er duurzame elektriciteit opgewekt worden zonder dat zonnepanelen het zicht op het monument ontsieren. Tegelijkertijd laat het glas nog voldoende zonlicht door voor een aangenaam binnenklimaat in de loods.



Figuur 2.1 Voorbeeldtoepassing van gebouwgeïntegreerde, semi-transparante PV-panelen (bron: onyx)

Gezien het feit dat BIPV¹-systeem op maat gemaakt moet worden, dienen er diverse zaken onderzocht te worden. Zo werd er o.a. een hygrothermische studie aangevat die onderzoekt of de BIPV-panelen voor oververhitting van de lucht onder het dak zorgen waardoor de spanten mogelijk kunnen vervormen. Begin is 2019 een mock-up (een model op ware

grootte) van 1 BIPV-element in de lichtstraat geplaatst worden. De panelen zullen later dit jaar worden gerealiseerd.

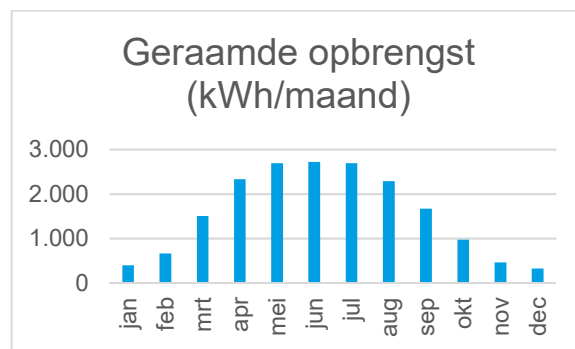
Specificaties

Het aan te brengen systeem heeft de volgende specificaties:

- Afmetingen: 2200 x 766 mm
- Transparantie: 20%
- Vermogen: 57 W_p per paneel
- Aantal panelen: 440 stuks
- Oriëntatie: 220 West; 200 Oost

Opbrengst

De opbrengst is geraamd door de leverancier van de gebruikte omvormer, SMA. Deze heeft een opbrengst geraamd van 17.002 kWh per jaar. De opbrengst is eveneens bepaald met behulp van PVGIS. Deze berekend een opbrengst van 9.480 kWh voor de oost-oriëntatie en 9.220 kWh voor de west oriëntatie. Dit geeft een totale verwachte opbrengst van 18.700 kWh. In de volgende tabel is de geraamde opbrengst over het jaar heen weergegeven.



Figuur 2.2 Opbrengstraming o.b.v. PVGIS

Besparingen

Op basis van de gemiddeld geraamde opbrengst is de besparing als volgt:

- Elektriciteitsopwekking: 17.851 kWh/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 5.284 kg/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 264 bomen

¹ Building Integrated photovoltaic system

3 Hof ter Linden, Edegem

Hof ter Linden bestaat uit een kasteel en 2 koetshuizen. Zowel deze gebouwen, als ook verschillende andere elementen zijn beschermd als monument. Het geheel is ook beschermd als dorpsgezicht. De twee koetshuizen worden herbestemd tot een restaurant en brasserie. Het kasteel staat open voor publieke activiteiten.

Maatregelen

In het kader van dit project zouden de bepleisterde koetshuizen van het kasteel aan de buitenzijde geïsoleerd worden met isolatie op basis van aerogel. Dit is een isolatiemateriaal dat met technologie uit de ruimtevaart ontwikkeld is. Dit isolatiemateriaal is veel dunner dan de traditionele isolatiematerialen en garandeert toch een hoge isolatiewaarde. Na het plaatsen van een aantal proefstalen op het oostelijk koetshuis bleek dat de impact op de afwerking van de raamopeningen en sierlijsten te groot zou zijn. Vandaar werd beslist om het isolatiemateriaal aan te brengen op de binnenmuren van een van de twee koetshuizen. Het isolatiemateriaal is aangebracht.



Figuur 2.1: Aanbrengen aerogel aan de binnenzijde

Specificaties

De specificaties van het aangebrachte materiaal zijn als volgt:

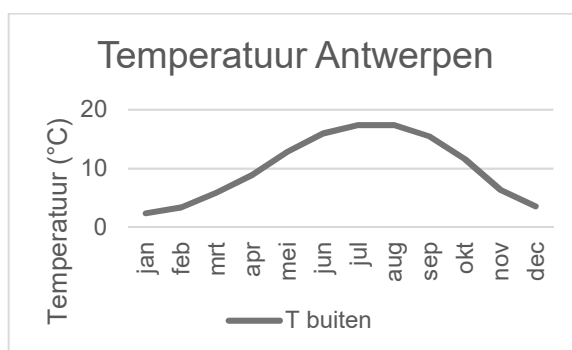
- Lambda-waarde: 0,014 W/mK
- Dikte: 10 mm
- Extra isolatiewaarde: 0,71 m²K/W
- Aangebracht oppervlak: 250 m²

Opbrengst

De daadwerkelijke besparingen van de aangebrachte isolatie zijn niet te onderbouwen vanuit daadwerkelijke metingen. Het koetshuis was namelijk voor het aanbrengen van het isolatiemateriaal niet in gebruik. Het energiegebruik was toen dan ook gelijk aan nihil.

Na het aanbrengen van het isolatiemateriaal is het gebouw in gebruik genomen. Op basis hiervan is een simulatie gemaakt om de besparingen te berekenen. Hierbij is het daadwerkelijk gemeten energiegebruik als uitgangspunt. Het gebruik is pas gemeten vanaf 1 september 2019, dus dit geeft nog slechts een beperkt beeld van het werkelijke gebruik. Daarom is het werkelijke gebruik ook gesimuleerd voor de rest van het jaar op basis van een gemiddelde binnentemperatuur van 18 °C. Dit komt neer op een gemiddelde dagtemperatuur van 20 °C en een nachttemperatuur van 16 °C. Op basis van dit energiegebruik is de mate van gebruik van het object vastgesteld. Vervolgens is bij een identiek gebruik bepaald wat het energiegebruik zou zijn, zonder de extra isolatie. Dit levert de jaarlijkse besparing op.

Het klimaat in Edegem is gelijk verondersteld aan die van Antwerpen. Daar is het verloop van de gemiddelde buitentemperatuur als volgt.



Figuur 3.1 Verloop buitentemperatuur Antwerpen

Besparingen

Op basis van de gemiddeld geraamde opbrengst is de besparing als volgt:

- Vermeden gasvraag: 2.841 m³/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 5.085 kg/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 254 bomen

Naast het voordeel op het energiegebruik is een ander belangrijk voordeel de verbetering van het binnencomfort door de gevelisolatie. Deze was zonder toepassing van dit innovatieve materiaal niet mogelijk geweest zonder veel ruimteverlies.

4 Domein Roosendaal, Sint-Katelijne-Waver

Sinds 1959 doet het domein Roosendaal dienst als jeugdverblijfcentrum voor schoolgroepen en jeugdverenigingen. Het domein verwelkomt ook verblijfsstoeristen en wandelaars. Verschillende gebouwen worden inmiddels beschermd als monument en ook het omringende landschap geniet een beschermde status

Maatregelen

In het kader van het DEMI MORE project is bij het domein Roosendaal gefocust op de opwekking van duurzame energie. Hiervoor zijn eind 2017 twee brandstofcellen geplaatst. Eén in het landhuis en één in het koetshuis. De plaatsing van brandstofcellen is een stap in de toekomst. Brandstofcellen zijn namelijk een hele efficiënte opwekker van elektriciteit en warmte bij gebruik van waterstofgas. Naar verwachting zal waterstofgas een deel van de rol van aardgas over gaan nemen. Omdat waterstofgas nu nog niet goed beschikbaar is, zijn er brandstofcellen geplaatst die aardgas gebruiken en dit zelf omzetten in waterstofgas.



Figuur 4.1 Brandstofcel (Bron Elugie)

Deze brandstofcellen wekken met een hoog rendement elektriciteit op en produceren daarbij warmte. Deze warmte wordt gebruikt voor de productie van warm tapwater

Een tweede maatregel die is genomen, is de plaatsing van een Smartflower (plaatsing april 2019).



Figuur 4.2 Foto Smartflower (bron: opname 13 september 2019)

Een Smartflower is een buiten het gebouw opgestelde installatie die met behulp van zonnepanelen elektriciteit opwekt. Hierbij volgde de panelen de stand van de zon, wat leidt tot een hogere specifieke opbrengst.

Specificaties

De specificaties van de brandstofcellen zijn als volgt:

- Netto elektrisch vermogen: 1,5 kW
- Netto warmteproductie: 0,54 kW
- Gasgebruik: 2,48 kW (LHV)
- Elektrisch rendement: 60%
- Thermisch rendement: 25%

De specificaties van de Smartflower zijn als volgt:

- Vermogen: 2.500 W_p
- Panelen zonnvolgend

Opbrengst

Al deze installaties worden bemeten. De brandstofcellen zijn in gebruik vanaf begin 2018. Sinds die tijd wordt ook het energiegebruik geregistreerd. In de volgende tabel zijn de geregistreerde waarden opgenomen.

Tabel 4.1 Meetgegevens brandstofcellen (13 september 2019)

	Landhuis	Koetshuis
Opgewekte elektriciteit	22.122 kWh	21.818 kWh
Geleverde warmte	7.312 kWh	3.189 kWh
Gasgebruik	4.204 ¹ m ³	4.146 m ³

¹ Het gasgebruik van de brandstofcel in het landhuis werd niet correct geregistreerd. De meter stond namelijk stil. De hier weergegeven waarde is berekend op basis van het gebruik van het koetshuis.

Uit de tabel blijkt dat de netto warmtelevering in het koetshuis lager ligt dan in het landhuis. Dit komt omdat het gebruik van warm tapwater lager ligt en de brandstofcel daar dus minder warmte kan leveren.

De waarden zijn omgerekend naar gebruiken en besparingen op jaarbasis. In de volgende tabel zijn deze opgenomen.

Tabel 4.2 Jaargegevens brandstofcellen

	Landhuis	Koetshuis
Elektriciteitsopwekking	13.023 kWh	12.844 kWh
Warmtelevering	4.305 kWh	1.877 kWh
Gasgebruik	2.475 m ³	2.441 m ³
Gasbesparing ketel	612 m ³	267 m ³

Op basis van de jaargegevens is ook de CO₂-reductie bepaald. Deze is hieronder weergegeven.

Tabel 4.3 CO₂-reductie brandstofcellen

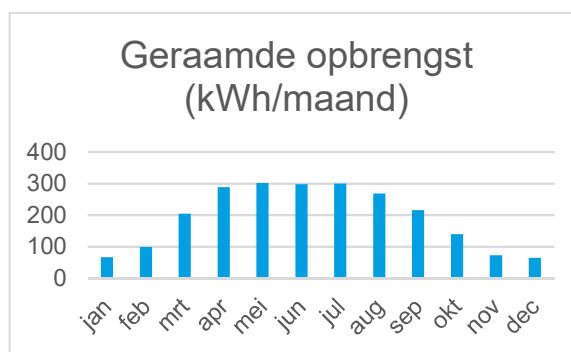
	Landhuis	Koetshuis
Reductie ketel	1.096 kg	478 kg
Reductie elektraopwekking	3.855 kg	3.802 kg
Emissie gasgebruik	4.430 kg	4.369 kg
Netto reductie	520 kg	-89 kg

Opvallend is het negatieve effect op de CO₂-emissie voor het koetshuis. Dit komt doordat de CO₂-emissie van de brandstofcel hoger ligt dan het landelijk gemiddelde. Dit komt omdat België veel gebruik maakt van CO₂-arme elektriciteit uit kernenergie en duurzame bronnen. Ter vergelijking zijn ook de waarden opgenomen wanneer de brandstofcel gevoed zou worden met waterstofgas.

Tabel 4.4 CO₂-reductie brandstofcellen bij gebruik waterstofgas

	Landhuis	Koetshuis
Reductie ketel	1.096 kg	478 kg
Reductie elektraopwekking	3.855 kg	3.802 kg
Emissie waterstof	nihil	nihil
Netto reductie	4.950 kg	4.280 kg

De installatie van de smartflower is gestart op 18 april 2019. De geregistreerde opbrengst tot en met 13 september 2019 bedraagt 1.359 kWh. De opbrengst is ook theoretisch geraamd met PVGIS. De raming volgens PVGIS geeft een geschatte jaaropbrengst van 3.260 kWh. De daadwerkelijke opbrengst blijkt lager te zijn dan de theoretische. De opbrengstprognose over het hele jaar is gebaseerd op de daadwerkelijk opbrengst in de meetperiode.



Tabel 4.5 Geraamde opbrengst Smartflower o.b.v. PVGIS

De verwachte jaaropbrengst bedraagt 2.316 kWh, wat overeenkomt met een CO₂-reductie van 685 kg/jaar.

Besparingen

Op basis van de gemiddeld geraamde opbrengst is de besparing voor beide brandstofcellen en de smartflower gezamenlijk als volgt:

- Elektriciteitsopwekking: 28.184 kWh/jaar
- Extra gasgebruik: 4.037 m³/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 1.117 kg/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 56 bomen

Bij gebruik van waterstof bedraagt de emissiereductie:

- Reductie CO₂-emissie: 9.916 kg/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 496 bomen

5 Beddermolen, Westerlo

De Beddermolen stamt uit 1683, toen een houten windmolen gebouwd werd door de abdij van Tongerlo. In de nabijheid van de molen werd in de 18de eeuw een molenhuis met stal, schuur en bakhuis gebouwd. Dit ensemble van gebouwen en windmolen is vandaag nog steeds intact en vormt een bijna uniek geworden voorbeeld van een typisch Kempens molendomein. De oorspronkelijke molen werd in 1963 verwoest door een blikseminslag, maar opnieuw opgebouwd in 1981. Momenteel is het molengebouw in restauratie.

Maatregelen

In het kader van het DEMI MORE project is bij dit project gebruik gemaakt van amorfe linten als (elektrische) vloerverwarming. Daarnaast is er speciaal dubbel glas toegepast. Het betreft hier glas met een kryptonvulling, waardoor de dikte bij gelijke isolatiewaarde kleiner is.

Het voordeel van het vloerverwarmingssysteem ligt in de snelheid waarmee het reageert. Daar waar bij watergevoerde vloerverwarmingssystemen de vloerverwarming tot een dag voor gebruik dient te worden ingeschakeld om een comfortabele temperatuur te realiseren, is deze opwarmtijd bij dit systeem aanmerkelijk korter. Dit is wenselijk gezien het verwachte wisselende gebruik van de ruimtes.

Door gebruik te maken van dit systeem zullen de ruimtes dus veel korter worden verwarmd. Hierdoor liggen de energieverliezen ook veel lager.



Figuur 5.1: Amorfe linten

Naar verwachting resulteert dit voordeel er in dat het nadelig effect van het gebruik van een energetisch ongunstige bron (elektriciteit) wordt gecompenseerd. Het voordeel van de kryptonbeglazing is dat het met dit glas mogelijk werd om HR⁺⁺-beglazing toe te passen, waar dit met traditioneel glas niet mogelijk was geweest. Het alternatief was een vorm van monumentenglas met een U-waarde van 2,8 m² K/W.

Specificaties

De specificaties van de amorfe linten zijn als volgt:

- Gelijkwaardigheid opwekrendement: 1,5
- Maximaal vermogen: 100W/m²
- Energiebesparing: 30-40%
- Oppervlak kryptonbeglazing: 23,1 m²
- U-waarde: 1,1 m²K/W

Opbrengst

Het energiegebruik van de ruimtes met dit verwarmingssysteem wordt gemeten. Tegelijk zijn de ruimtes nog vrijwel niet in gebruik. Op basis van de metingen kan dus nog geen volledige uitspraak worden gedaan over de daadwerkelijke besparing.

De besparingsberekeningen zijn dan ook gebaseerd op de opgegeven en middels kwaliteitsverklaringen onderbouwde opwekrendementen en U-waarden. Uit een onderzoek van Peutz, dat is uitgevoerd conform de NEN7120, blijkt dat een rendement van 150% een reële inschatting is voor het afgifiterendement. Deze waarde is gebruikt als basis voor de berekening van de energiebesparing. Hierbij is uitgegaan van een te verwarmen oppervlak van 103 m² en dagelijks gebruik van de ruimte.

Besparingen

Op basis van de genoemde uitgangspunten is de energievraag als volgt:

- Elektriciteitsgebruik verwarming: 4.120 kWh/jaar
- Gasbesparing verwarming: 827 m³/jaar
- Elektriciteitsbesparing glas: 1.288 kWh/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 642 kg/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 32 bomen

Het voordeel van dit systeem zou groter zijn wanneer er volledig gebruik gemaakt wordt van groene elektriciteit. Het is de bedoeling om deze in de toekomst zelf op te wekken op locatie.

Een ander belangrijk voordeel van dit systeem is het hogere comfort. Enerzijds levert het betere glas minder koudeval en minder koudestraling op. Daarbij werkt het verwarmingssysteem sneller dan watergevoerde systemen, zodat de ruimte veel beter flexibel inzetbaar is. Dit levert een belangrijke bijdrage aan het gebruik van de ruimte.

6 Franciscanenklooster, Megen

Het Franciscanenklooster stamt uit de 17^e eeuw en is bouwkundig nog vrijwel in authentieke staat. Het pand is ook nog steeds in gebruik als klooster. De maatregelen bij dit klooster zijn niet alleen gericht op het besparen op het energiegebruik, maar tegelijk op het verbeteren van het comfort. De eisen van deze tijd zijn namelijk anders dan die van 300 jaar geleden. Een grote renovatie is echter niet mogelijk gezien de monumentale waarden van het object.

Maatregelen

Bij de mogelijke aanpassingen in het klooster is gefocust op het comfort in de kerk van het klooster. Dit is een hoge ruimte, met eveneens hoge ramen. Deze ramen zijn voorzien van enkel glas (glas in lood), dat niet vervangen mag worden. Dit enkel glas leidt tot veel warmteverlies, met bijbehorende koudeval tot gevolg. Deze koudeval heeft meerdere gevolgen:

- Extra energiegebruik, met name doordat een hogere stooktemperatuur nodig is;
- Discomfort voor de gebruikers van de kerk. Dit leidt er toe dat de kerk in de winter vrijwel niet in gebruik is door de bewoners van het klooster;

Deze problematiek is kenmerkend voor veel monumentale panden.

Om deze problematiek tegen te gaan is het klooster voornemens het HumiTemp systeem toe te passen in deze kerkzaal. Met dit systeem worden er speciale meetsensoren geplaatst die luchtsnelheden (en daarmee tocht) 3-dimensionaal in beeld brengen.



Figuur 6.1 Testopstelling HumiTemp (Bron: humitemp.com)

Vervolgens wordt er berekend hoe de ongewenste luchtstromingen kunnen worden tegengegaan. Hier toe worden er kleine ventilatoren geplaatst in de raampartijen. Met behulp van deze meetsensoren wordt gedetecteerd of er sprake is van ongewenste luchtstromen. Wanneer dit het geval is, wordt door middel van het aansturen van de ventilatoren de ongewenste luchtstroom tegengegaan. De lucht wordt voor zover mogelijk stil gezet.

Dit systeem is dermate innovatief dat er geen goede referenties beschikbaar waren. Daarom is in het klooster een testopstelling geplaatst in het voorjaar van 2019, om het product te kunnen testen. Deze test is inmiddels afgerond door de fabrikant van het systeem. Momenteel wordt gewerkt aan de analyse van deze gegevens. Een eerste inschatting is dat het systeem leidt tot een reductie van de energievraag tot 30%. Onderstaand is dan ook een indicatieve berekening gemaakt van het mogelijke effect van het systeem.

Uitgangspunten

De uitgangspunten voor het berekenen van de potentiële besparing zijn als volgt:

- Door creëren van stilstaande lucht wordt isolatiewaarde van het enkel glas vergelijkbaar met dat van dubbel glas;
- Door het verminderen van koudeval en tocht kan gemiddeld een 2 °C lagere ruimtetemperatuur aangehouden worden.

Besparingen

Op basis van de genoemde uitgangspunten is de energievraag als volgt:

- Reductie gasgebruik: 1.088 m³/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 1.947 kg/jaar
- Reductie CO₂-emissie: 97 bomen

Belangrijker echter dan de CO₂-reductie is de verhoging van het comfort. Hierdoor kan de kerk, die nu in de winterperiode vrijwel niet wordt gebruikt, het hele jaar door gebruikt worden. Dit is momenteel niet mogelijk vanwege het discomfort en de te hoge energielasten. Door toepassing van het HumiTempsysteem kan de kerk naar verwachting wel comfortabel gedurende het hele jaar worden gebruikt.

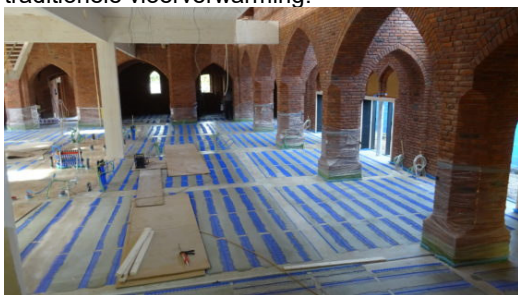
7 Adrianuskerk, Esbeek

De Adrianuskerk staat in de gemeente Hilvarenbeek. Deze heeft de kerk in Esbeek gerestaureerd en herbestemd tot school, peuterspeelzaal en kinderopvang. Bij de restauratie werden diverse technieken ingezet om het rijksmonument energiezuiniger te maken

Maatregelen

Dit project is grondig gerenoveerd. Hierbij zijn zowel bouwkundig als installatietechnisch forse stappen gezet. In het kader van het DEMI MORE project zijn de volgende maatregelen toegepast:

- All-electric verwarming. Voor de verwarming en de koeling van het gebouw wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp met bodemwisselaar en een luchtwarmtepomp als piekvoorziening. Hiermee ontbreekt de traditionele gasketel volledig. Dit is bijzonder voor een dergelijk monumentaal gebouw.
- Om de warmte- en koude op een laag temperatuurniveau en toch voldoende snel te kunnen afgeven is gebruik gemaakt van capillaire matten. Hiermee wordt vloerverwarming gerealiseerd met een veel kortere reactietijd dan traditionele vloerverwarming.



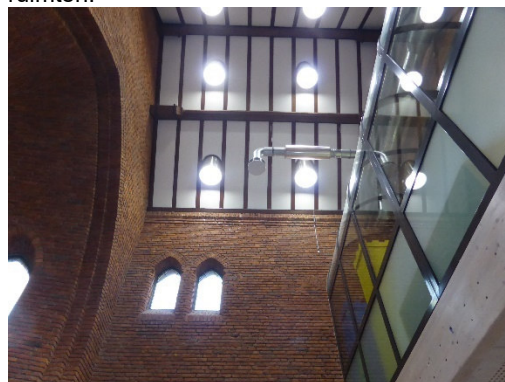
Figuur 7.1 Capillaire matten in kerk Esbeek (bron: Co-bouw)

- Zonnepanelen. Om de extra elektriciteitsvraag te kunnen dekken, zijn er zonnepanelen toegepast. In verband met het monumentale karakter van de kerk zijn deze geplaatst op een naastgelegen gemeenschapshuis. De opgewekte elektriciteit wordt geleverd aan de kerk.



Figuur 7.2 Zonnepanelen geplaatst op gemeenschapshuis

- Optische vezels. Om meer daglicht in het gebouw te brengen, zonder grote dakopeningen te maken, wordt daglicht door middel van optische vezels (glasvezels) naar diverse ruimten in het gebouw gebracht. Daardoor is minder energie nodig voor het verlichten van deze ruimten.



Figuur 7.3 Verlichting door middel van daglichtlampen op basis van optische vezels

Specificaties

De specificaties van de toegepaste technieken zijn als volgt.

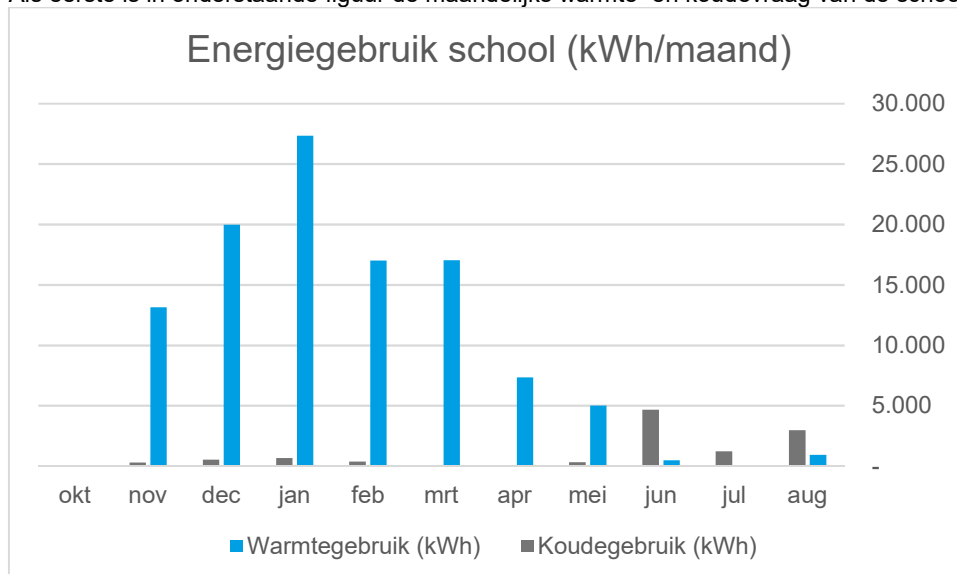
- Warmtepomp: volledige energiebehoefte
- 270 zonnepanelen à 300 W_p
- 1 ruimte voorzien van daglicht via optische vezels van circa 35 m²

Het energiegebruik van het pand wordt voortdurende gemonitord. Dit geldt ook voor de opbrengst van de zonnepanelen. Deze monitoringsresultaten zijn gebruikt om de energiebesparing te bepalen.

Besparingen

Warmtepomp

Als eerste is in onderstaande figuur de maandelijks warmte- en koudevraag van de school weergegeven.



Figuur 7.4 Maandelijks warmte- en koudegebruik van de school

Uit de figuur blijken duidelijk een aantal kenmerkende patronen.

- De warmtevraag van het pand is fors hoger dan de koudevraag. Dit is logisch omdat het een monumentaal pand betreft, dat ondanks de toegepaste besparingsmaatregelen zich kenmerkt door een relatief forse warmtevraag. Daarbij is de koudevraag voor een school relatief laag.
- De warmtevraag loopt duidelijk mee met het seizoen. Hoe kouder de buitentemperatuur, hoe hoger de warmtevraag.
- De koudevraag loopt ook gedeeltelijk mee met de buitentemperatuur en zoninstraling. Zo is er in de wintermaanden nauwelijks sprake van koudevraag. In de zomer is deze koudevraag er wel, maar met een duidelijk dip in juli. De school is dan grotendeels buiten gebruik.

PV-panelen

De zonnepanelen zijn per 8 augustus 2019 in gebruik genomen. Later is de installatie nog uitgebreid. Inmiddels zijn alle 270 panelen actief.

De gemeten opbrengst tot en met 13 september 2019 bedroeg 44.490 kWh. De geraamde jaaropbrengst bedraagt 63.000 kWh. Deze opbrengstraming lijkt laag gezien het aantal panelen. Er is echter sprake van gedeeltelijke beschaduwning van de panelen, waardoor de jaaropbrengst lager uitvalt. Ook is de oriëntatie niet altijd zuidelijk, maar varieert tussen zuid-oost en zuidwest.

Optische vezels

De opbrengst van de optische vezels wordt niet geregistreerd. Dit is praktisch gezien vrijwel niet te doen. Daarom is een berekening gemaakt van de opbrengst van deze maatregel. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| – Ruimteoppervlak: | 35 m ² |
| – Verlichting: | Led |
| – Reductie door daglicht: | 35% |
| – Aantal gebruiksuren: | 2.250 uur/jaar |

Met deze uitgangspunten bedraagt de berekende besparing door deze optische vezels 331 kWh per jaar.

Totaaloverzicht

De gezamenlijke besparingen van de maatregelen is als volgt:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| – Gasbesparing: | 15.643 m ³ /jaar |
| – Elektrabesparing: | 25.490 kWh/jaar |
| – CO ₂ -reductie: | 35.546 kg/jaar |
| – CO ₂ -reductie: | 1.777 bomen |

Naast de energiebesparing leveren met name de optische vezels ook een aangenamer binnenklimaat door de aanwezigheid van daglicht.

8 Totaaloverzicht

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste resultaten weergegeven van de 6 verschillende projecten. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de harde besparingen, de overige voordelen en de geleerde lessen.

8.1 CO₂-winst

In de volgende tabel is het totaaloverzicht gegeven van de resultaten van de monitoring van alle projecten.

Tabel 8.1 Energiebesparing alle projecten

	Gasbesparing (m3)	Elektrabesparing (kWh)	CO ₂ -reductie (kg)	Aantal bomen ¹	Aantal auto-kilometers ²
Essen	-	17.851	5.284	264	38.000
Edegem	2.841	-	5.085	254	36.000
St. Katelijne Waver	-4.037	28.184	1.117	56	8.000
Westerlo	827	-2.832	642	32	4.600
Megen	1.088	-	1.947	97	14.000
Esbeek	15.643	25.490	35.546	1.777	254.000
Totaal	16.362	68.693	49.621	2.481	354.000

¹ Op basis van een jaarlijkse opname van 20 kg CO₂ per boom

² Op basis van de emissie van 140 gram/km

Het totaal aan CO₂-reductie is bijna 50 ton per jaar. Dit komt overeen met de emissie die vrijkomt bij ruim 350.000 autokilometers. Een ander vergelijk is dat deze jaarlijkse besparing overeenkomt met het vastleggen van de hoeveelheid CO₂ door een bos van 2.481 bomen

8.2 Comfort

Van de overige voordelen is de comfortwinst de belangrijkste. Veel monumenten kampen met discomfort in het gebruik, die moeilijk is te verhelpen met reguliere maatregelen. Door toepassing van diverse innovatieve maatregelen zijn de volgende winsten op dit vak geboekt:

- Vermindering koudestraling zonder te veel ruimteverlies in het gebouw door toepassing van innovatieve isolatiematerialen en beglazing.

- Snelle temperatuurregeling met vloerverwarming door toepassing van amorfe linten en capillaire matten
- Sterke reductie van koudeval en tocht door toepassing van HumiTemp
- Werken bij daglicht, zonder het aanbrengen van dakopeningen door optische vezels.
- Eigen elektriciteitsopwekking met PV-panelen, zonder dat dit ten koste gaat van de uitstraling van het gebouw.
- Eigen elektriciteitsopwekking met PV-panelen op een zichtbare manier, zonder afbreuk te doen aan het gebouw door smartflower.

Kortom, de bruikbaarheid van de panden op de korte en lange termijn is sterk verbeterd door de toepassing van de maatregelen binnen deze projecten. Hiermee

is een lange termijn gebruik van de panden realistischer en kunnen deze monumenten beter behouden blijven.

8.3 Leerpunten

Uit de uitgevoerde monitoringsactiviteiten zijn een aantal belangrijke lessen te trekken. Hieronder zijn deze benoemd:

- De aanpak van monumenten is vrijwel altijd maatwerk. Generieke maatregelen gaan vaak niet op voor monumenten, omdat ze dan afbreuk doen aan de monumentale waarden;
- Dit maakt dat de doorlooptijd voor de toepassing van maatregelen (veel) langer is. Dit vormt geen probleem voor de uiteindelijke werking, maar wel voor de mogelijkheden voor monitoring binnen de beperkte tijd doorlooptijd in het kader van het subsidieprogramma DEMI MORE;
- Voor vrijwel elk probleem blijkt wel een technische oplossing te bestaan. Hiermee blijkt er veel meer mogelijk, ook binnen de kaders die een monument stelt, dan in eerste instantie lijkt. Wel is het vaak nodig uit te wijken naar niet standaard maatregelen.
- De specifieke uitstoot die vrijkomt bij de opwekking van elektriciteit in het landelijke net verschilt sterk per land. Dit maakt dat de CO₂-winst van maatregelen ook sterk afhankelijk is van het land waarin deze worden toegepast.
- Ook bij het gebruik van waterstofgas zou de besparing van de brandstofcel veel hoger liggen. Hiermee wordt duidelijk dat de techniek van brandstofcellen in België voorloopt op de beschikbaarheid van waterstofgas.