

Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10

TNO-rapport

TNO 2015 R10396

Besparingen op verwarmingsenergie door thermische isolatie van zonweringen

Datum	24 maart 2015
Auteur(s)	Leo Bakker, Dick van Dijk
Exemplaarnummer	0100283724
Aantal pagina's	30 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	Romazo De heer M. Straver Postbus 2600 3430 GA Nieuwegein
Projectnummer	060.11878

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2015 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Aanpak	4
2.1	EPC berekeningen	4
2.2	Gewogen gemiddelde warmteweerstand raam met zonwering	5
2.3	WIS berekeningen	7
3	Resultaten	8
3.1	EPC berekeningen	8
3.2	De thermische weerstand van zonwerende producten in de praktijk	12
3.3	WIS berekeningen	14
3.4	Eindresultaten	15
4	Conclusies	19
5	Aanbevelingen	20
6	Referenties	21
7	Ondertekening	22
	Bijlage 1: Begrippen	23
	Bijlage 2: Gebruikte referentiegebouwen	25
	Bijlage 3: Gewogen gemiddelde warmteweerstand	27
	Bijlage 4: EPG zomercomfortcorrectie	30

1 Inleiding

Zonweringsproducten hebben effect op het energiegebruik voor verwarmen van woningen. Het is op dit moment lastig om deze effecten te kwantificeren en daarmee eventuele energiebesparingspotenties aan te tonen. Deze omissie frustriert relevante productontwikkelingen en potentiële voordelen van zonwering blijven onbenut.

Daarom heeft TNO in opdracht van Romazo, voor een aantal typische voorbeeldsituaties, de effecten van zonweringsproducten op het energiegebruik voor verwarmen en de energieprestatie coëfficiënt (EPC) bepaald. Dit is gedaan voor een aantal veelvoorkomende zonweringsproducten voor een referentie nieuwbouw tussenwoning en een referentie nieuwbouw appartement.

De resultaten van de variantberekeningen zijn zoveel mogelijk veralgemeniseerd o.a. naar globale energiebesparingspotenties voor de beschouwde categorieën zonweringsproducten. Daarnaast is de gevolgde aanpak beschreven, zodat door navolging van deze aanpak ook de energiebesparingspotentie voor andere zonwerende producten en voor andere bouwtypen kan worden bepaald. Daarnaast kunnen met de gevolgde aanpak de effecten van combinaties van binnen- en buitenzonwering worden bepaald.

De discussie of de thermische weerstand van zonwering mag worden gewaardeerd in EPG berekeningen in het kader van de regelgeving (EPC, energielabel) zijn buiten beschouwing gelaten. Wel kan dit onderzoek discussies daarover mogelijk ondersteunen.

2 Aanpak

Voor een aantal typische veelvoorkomende zonweringsproducten zijn de effecten bepaald op de energieprestatie coëfficiënt (EPC) en op het energiegebruik voor verwarmen voor twee typen referentiewoningen: een nieuwbouw tussenwoning en een nieuwbouw appartement met een EPC van 0,6 [1], zie bijlage 2. De gevolgde aanpak kan worden toegepast op andere varianten.

De berekeningen zijn gedaan voor:

- 1) rits-screen (buitenzonwering)
- 2) standaard screen (buitenzonwering)
- 3) rolluik (buitenzonwering), in de dag gemonteerd en op de dag gemonteerd
- 4) Duette (binnenzonwering)
- 5) gemetalliseerde rolgordijnen (binnenzonwering)

De EPC- en energieberekeningen zijn uitgevoerd volgens NEN 7120 met het programma ENORM [2].

De additionele warmteweerstand van de verschillende zonweringstypen is berekend met het computerprogramma Advanced Windows Information System (WIS) [3].

De gevolgde aanpak bestaat uit de volgende stappen:

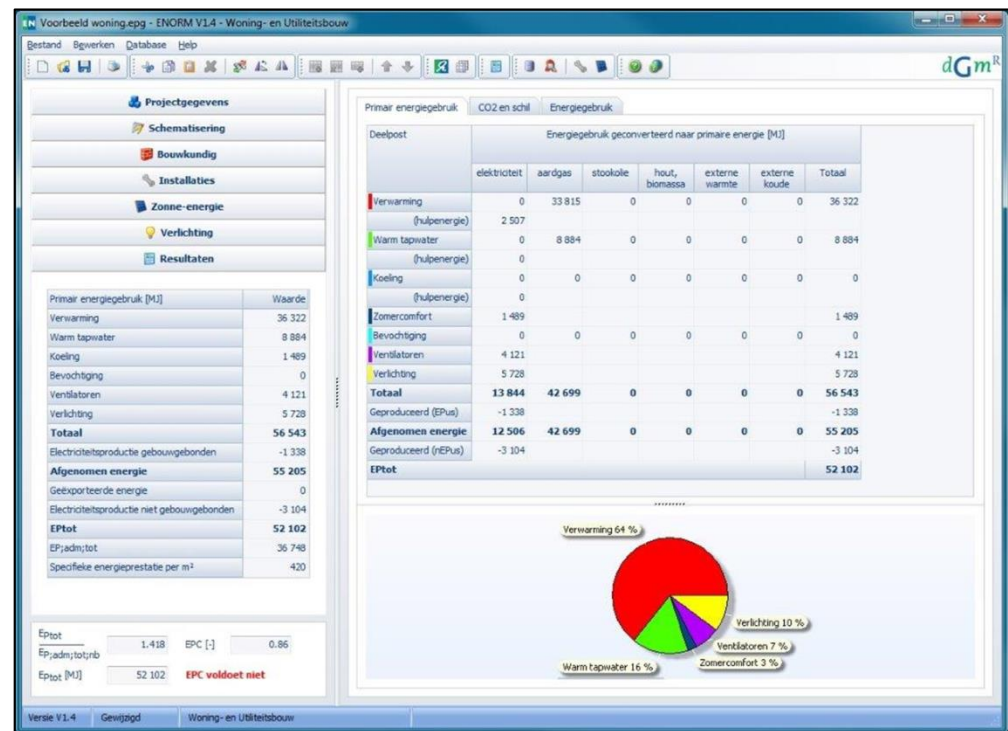
1. Energie- en EPC-berekeningen met bestaande EPG software volgens NEN 7120 voor de beide referentiewoningen (als referentie) en met verschillende hogere warmteweerstanden voor alle ramen.
2. Omzetten van de verschillende warmteweerstanden van de ramen naar de additionele warmteweerstanden van zonweringen.
3. Bepalen additionele warmteweerstand van de beschouwde zonwerende producten.

Door de potentiële EPC winst en energiebesparing op verwarmen (1) grafisch uit te zetten als functie van de additionele warmteweerstand van de zonwering (2), kunnen de effecten van de beschouwde zonwerende producten (3) eenvoudig worden afgelezen.

In bijlage 1 is een begrippenlijst opgenomen.

2.1 EPC berekeningen

De energiebesparing op verwarmingsenergie en de EPC winst is berekend door aan alle ramen extra warmteweerstand toe te kennen. Voor deze berekening volgens NEN 7120 is het programma ENORM versie 1.4 gebruikt [2], zie figuur 1.



Figuur 1: Scherm EPG programma ENORM versie 1.14

Deze EPC berekeningen zijn uitgevoerd voor zowel een referentie nieuwbouw tussenwoning als een referentie nieuwbouw appartement [1].

Door de EPC berekeningen voor een range van warmteweerstanden voor de ramen uit te voeren, kan achteraf de EPC verbetering en de energiebesparing op verwarmingsenergie voor een willekeurige zonwering worden bepaald door interpolatie. Hierdoor is het, zoals hiervoor aangegeven, niet nodig steeds opnieuw EPC berekeningen uit te voeren.

2.2 Gewogen gemiddelde warmteweerstand raam met zonwering

In NEN 7120 wordt de additionele warmteweerstand van zonweringen niet gewaardeerd. Wel is voor luiken het volgende opgenomen:

“Voor ramen die zijn voorzien van vanuit de woonfunctie bedienbare luiken [WN, WB] of zijn voorzien van automatisch bediende luiken [UN, UB] mag op de warmtedoorgangscoefficiënt van het desbetreffende raam het warmteverlies-reducerende effect van het luik worden meegenomen door rechtlijnig te middelen tussen U-waarden met en zonder luik.”

Aangezien een zonwering thermisch energetisch vergelijkbaar is met een luik gaan we van deze verhouding uit. Hiervoor geldt:

$$U_{\text{gemiddeld}} = \frac{U_{\text{raam zonder zonwering}} + U_{\text{raam met zonwering}}}{2} \quad (1)$$

Waarbij:

$U_{\text{gemiddeld}}$ is de gemiddelde U waarde van het raam [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

$U_{\text{raam met zonwering}}$ is de U-waarde van het raam met zonwering [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

$U_{\text{raam zonder zonwering}}$ is de U-waarde van het raam zonder zonwering [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Bij de EPG berekeningen in stap 1 is gerekend met die gemiddelde U-waarde ($U_{gemiddeld}$). Voor de additionele warmteweerstand van de zonwering die moet worden toegepast om de berekende EPC-winst en energiebesparing voor verwarmingsenergie te realiseren geldt:

$$\Delta R_{zonwering} = \left(\frac{1}{U_{gemiddeld}} - \frac{1}{U_{raam\ zonder\ zonwering}} \right) * 2 \quad (2)$$

Waarbij:

$\Delta R_{zonwering}$ is de additionele warmteweerstand van de zonwering [m^2K/W]

Deze kan bepaald worden door:

$$\Delta R_{zonwering} = \left(\frac{1}{U_{raam\ met\ zonwering}} - \frac{1}{U_{raam\ zonder\ zonwering}} \right) \quad (3)$$

De additionele warmteweerstand van de zonwering ($\Delta R_{zonwering}$) is de extra warmteweerstand die de zonwering toevoegt aan het raam zonder zonwering. Deze extra warmteweerstand wordt vooral bepaald door de luchtsouw tussen de zonwering en het raam en door de warmteweerstand van de zonwering zelf.

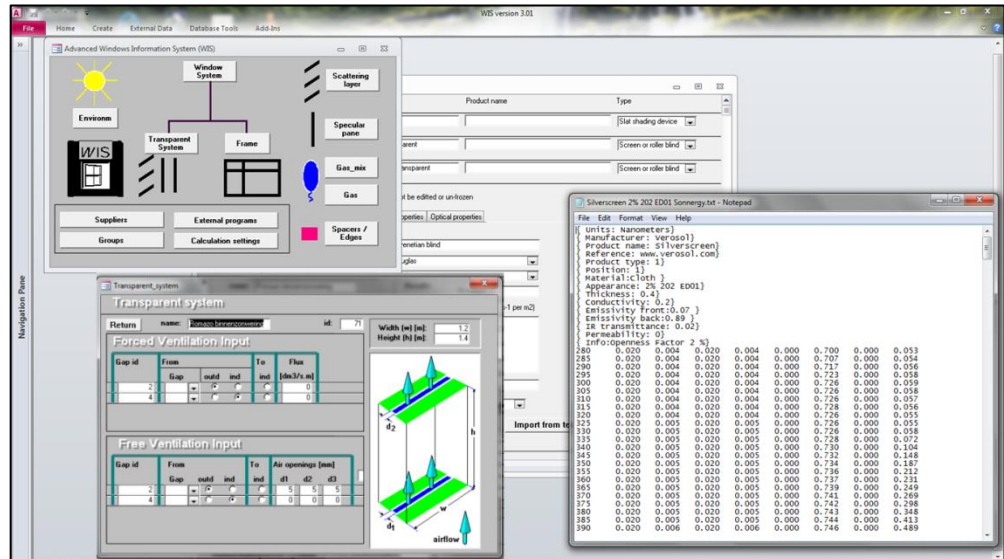
Meestal is de warmteweerstand van de zonwering zelf beperkt, tenzij het zonweringsproduct zelf isolerend is, zoals bijvoorbeeld bij honingraat binnenzonwering. De luchtdichtheid van de spouw is erg bepalend voor de warmteweerstand van de spouw en daarmee voor de extra warmteweerstand van de zonwering. De warmteweerstand van de spouw kan worden vergroot door het toepassen van coatings die de warmtestralingsuitwisseling reduceren (low-emissivity of low-e coatings). Deze coatings worden momenteel overigens alleen bij binnenzonwering toegepast. Voor de uiteindelijke warmteweerstand van de zonwering is het ook bepalend of de zonwering het gehele raam of alleen de beglazing bedekt en of er koudebruggen aanwezig zijn, bijvoorbeeld als de zonwering tegen het kozijn is gemonteerd,

Om te controleren of de in NEN 7120 gehanteerde rekenregel (formule 1) een goed uitgangspunt is om tot een gewogen gemiddelde warmteweerstand van het raam met zonwering te komen, is een aantal dynamische berekeningen uitgevoerd. De uitkomsten van die dynamische berekeningen vallen in termen van energiebesparing en EPC-winst iets gunstiger uit ten opzichte van de in NEN 7120 gehanteerde verhouding (zie bijlage 3).

Het uitgangspunt voor deze studie is dat de zonwering alleen gedurende het stookseizoen tijdens de donkere nachtelijke uren wordt toegepast. In het EPG programma kan echter alleen worden gerekend met een constante U-waarde voor het hele jaar. In de zomer heeft het aannemen van deze lagere U-waarde een negatief effect op het zomercomfort en daarmee op de berekende energieprestatie (EPC). De resultaten worden daarom hiervoor gecorrigeerd (zie bijlage 4).

2.3 WIS berekeningen

De additionele warmteweerstand van de beschouwde zonwerende producten ($\Delta R_{\text{zonwering}}$) is berekend met het programma Advanced Windows Information System (WIS) [3], zie figuur 2.



Figuur 2: Advanced Window Information System (WIS)

Er is per zonweringstype een inschatting gemaakt van de luchtspleten rond de zonwering en de permeabiliteit van het materiaal (bijvoorbeeld doek) of het systeem. Deze permeabiliteit is vertaald naar de verticale luchtspleten aan weerszijden van de zonwering. B.v. een doek met 4% opening van een meter breed geeft een (extra) verticale luchtspleet aan weerszijden van 20 mm. De uitgangspunten voor de berekening van de additionele warmteweerstand van de verschillende typen zonwering zijn opgenomen in paragraaf 3.4.

3 Resultaten

3.1 EPC berekeningen

De resultaten van de EPC berekeningen zoals berekend met het EPG programma ENORM zijn voor de referentie tussenwoning en het referentie appartement weergegeven in respectievelijk tabel 1 en tabel 2.

In de eerste rij zijn de uitkomsten voor variant 0 weergegeven van de standaard referentiewoning en het standaard appartement zonder aanpassingen met een EPC waarde van respectievelijk 0.59 en 0.58.

In rij 2 van tabel 1 en tabel 2 zijn de gegevens te vinden voor variant 1 waarbij alle ramen zijn voorzien van automatisch bediende zonwering, maar nog zonder aangepaste U-waarde. Te zien is dat de energievraag voor verwarmen ongewijzigd is, maar dat de EPC waarde verbetert tot een waarde van respectievelijk 0.56 en 0.55. Dit komt door een beter zomercomfort, omdat minder oververhitting plaatsvindt.

Tabel 1: EPC verbeteringen en energiebesparingen voor verwarmingsenergie berekend met het EPG programma ENORM inclusief correcties voor zomercomfort voor de referentie tussenwoning.

ENORM						CORR
Variant	U_{gem} [W/M ² K]	ΔR_{zonw} [M ² K/W]	ΔQ_{verw} [%]	EPC [-]	ΔEPC [-]	ΔEPC_c [-]
0*	1.65	0.0000	0.0%	0.59	-0.0278	-0.0278
1*	1.65	0.0000	0.0%	0.56	0.0000	0.0000
2	1.60	0.0391	1.5%	0.56	0.0044	0.0046
3	1.55	0.0836	3.0%	0.55	0.0088	0.0092
4	1.50	0.1347	4.5%	0.55	0.0132	0.0137
5	1.45	0.1939	5.9%	0.54	0.0176	0.0182
6	1.40	0.2635	7.4%	0.54	0.0222	0.0228
7	1.35	0.3463	8.9%	0.54	0.0262	0.0273
8	1.30	0.4466	10.4%	0.53	0.0306	0.0318
9	1.25	0.5704	11.8%	0.53	0.0347	0.0362
10	1.20	0.7273	13.3%	0.52	0.0391	0.0408
11	1.15	0.9324	14.7%	0.52	0.0433	0.0452
12	1.10	1.2121	16.2%	0.51	0.0475	0.0496
13	1.05	1.6162	17.6%	0.51	0.0517	0.0540
14	1.00	2.2511	19.1%	0.51	0.0560	0.0585

* Variant 0 is conform de referentie tussenwoning; bij variant 1 zijn alle ramen voorzien van automatisch bediende zonwering, maar zonder aangepaste U-waarde.

U_{gem} = Gemiddelde U-waarde raam gebruikt bij EPG berekeningen

ΔR_{zonw} = Additionele warmteweerstand zonwering (volgens functie 2)

ΔQ_{verw} = Berekende besparing op energie voor verwarming

EPC = Berekende Energie Prestatie Coëfficiënt volgens NEN 7120

ΔEPC = Berekende EPC winst t.o.v. variant 1

ΔEPC_c = Berekende EPC winst t.o.v. variant 1 zomercomfort gecorrigeerd

(Zie bijlage 1, 3 en 4 voor verdere details).

In rij 3 en verder zijn de uitkomsten te vinden van berekeningen met afnemende U-waarden (W/m^2K). Omdat berekeningen in de EPG software voor het hele jaar zijn uitgevoerd met deze aangepaste U-waarden, resulteert dit in een slechter zomercomfort en daarmee in een hogere EPC waarde. Aangezien er van wordt uitgegaan dat de zonwering alleen tijdens het stookseizoen wordt gesloten in de donkere nachtelijke uren, is een kolom toegevoegd waarbij voor dit effect is gecorrigeerd ($\Delta EPCc$). Details hiervoor zijn te vinden in bijlage 4.

Tabel 2: EPC verbeteringen en energiebesparingen voor verwarmingsenergie berekend met het EPG programma ENORM inclusief correcties voor zomercomfort voor het referentie *appartement*.

ENORM						CORR
Variant	U_{gem} [W/M^2K]	ΔR_{zonw} [M^2K/W]	ΔQ_{verw} [%]	EPC [-]	ΔEPC [-]	$\Delta EPCc$ [-]
0*	1.65	0.0000	0.0%	0.58	-0.0290	-0.0290
1*	1.65	0.0000	0.0%	0.55	0.0000	0.0000
2	1.55	0.0836	5.1%	0.54	0.0102	0.0109
3	1.45	0.1939	10.1%	0.53	0.0203	0.0216
4	1.35	0.3463	15.1%	0.52	0.0302	0.0323
5	1.25	0.5704	20.0%	0.51	0.0398	0.0427
6	1.15	0.9324	24.8%	0.50	0.0492	0.0530
7	1.05	1.6162	29.5%	0.49	0.0583	0.0631

* Variant 0 is conform het referentie appartement; bij variant 1 zijn alle ramen voorzien van automatisch bediende zonwering, maar zonder aangepaste U-waarde.

U_{gem} = Gemiddelde U-waarde raam gebruikt bij EPG berekeningen

ΔR_{zonw} = Additionele warmteweerstand zonwering (volgens functie 2)

ΔQ_{verw} = Berekende besparing op energie voor verwarming volgens NEN 7120

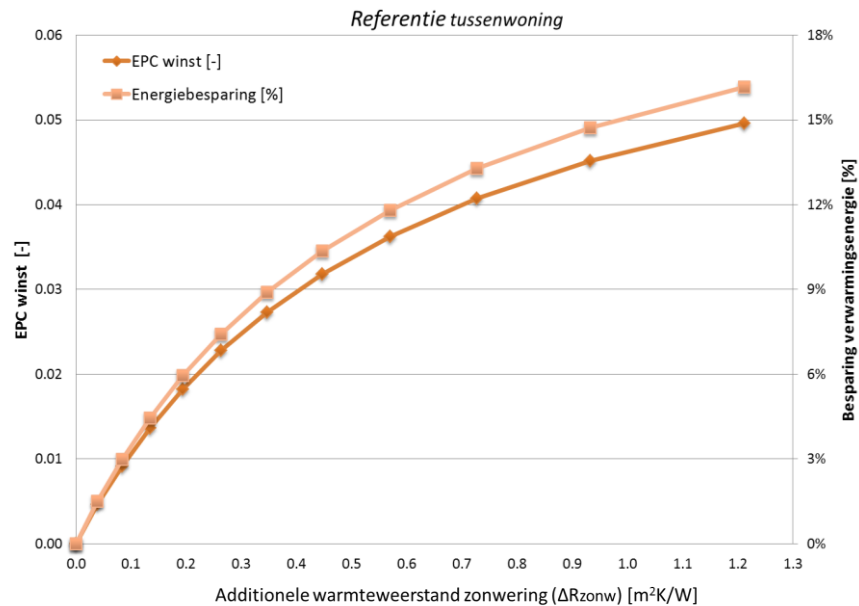
EPC = Berekende Energie Prestatie Coëfficiënt volgens NEN 7120

ΔEPC = Berekende EPC winst t.o.v. variant 1

$\Delta EPCc$ = Berekende EPC winst t.o.v. variant 1 zomercomfort gecorrigeerd

(Zie bijlage 1, 3 en 4 voor verdere details).

De resultaten van de EPC-berekeningen uit H3.1 zijn grafisch weergegeven in onderstaande figuren. In figuur 3 zijn de gegevens uit tabel 1 weergegeven. De gecorrigeerde theoretische EPCwinst ($\Delta EPCc$) en de berekende besparing op verwarmingsenergie (ΔQ_{verw}) zijn uitgezet tegen de additionele warmteweerstand van de zonwering (ΔR_{zonw}). Variant 1 is daarbij als referentie genomen en dus in de oorsprong weergegeven. De EPC winst van variant 0 naar variant 1 is niet in de grafiek opgenomen.



Figuur 3: Theoretische EPC winst en besparing op de verwarmingsenergie door de additionele warmteweerstand van zonwering voor de referentie tussenwoning.

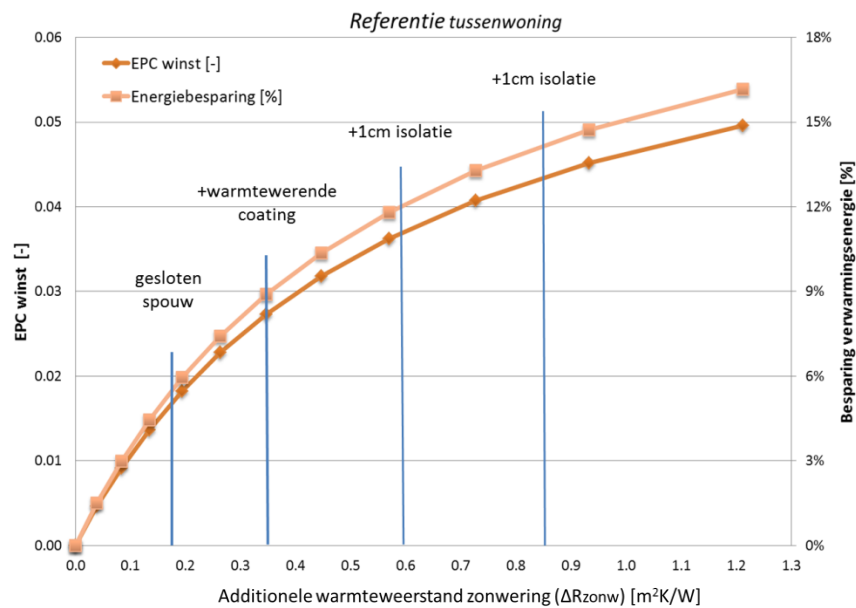
De grafiek laat zien dat de EPC-winst en de energiebesparing voor verwarming steeds minder toenemen bij toenemende warmteweerstand van de zonwering. Dit is logisch aangezien de warmteverliezen door de ramen slechts een deel van de totale warmteverliezen van de woning betreffen. Doordat in de grafiek de EPC-winst en de energiebesparing voor verwarming als functie van de additionele warmteweerstand zijn weergegeven, kan eenvoudig het effect van combinaties van binnen- en buitenzonweringen worden afgelezen door de additionele warmteweerstanden op te tellen. Ook kan zo het effect van maatregelen zoals het toepassen van coatings en isolatie eenvoudig worden gekwantificeerd (zie figuur 4).

In figuur 4 is voor een aantal maatregelen de additionele warmteweerstand weergegeven, zodat eenvoudig de EPC-winst en de energiebesparing voor verwarmen kan worden afgelezen. Hierbij is uitgegaan van ideale omstandigheden, zoals een volledig gesloten spouw en afwezigheid van koudebruggen.

De volgende maatregelen zijn opgenomen:

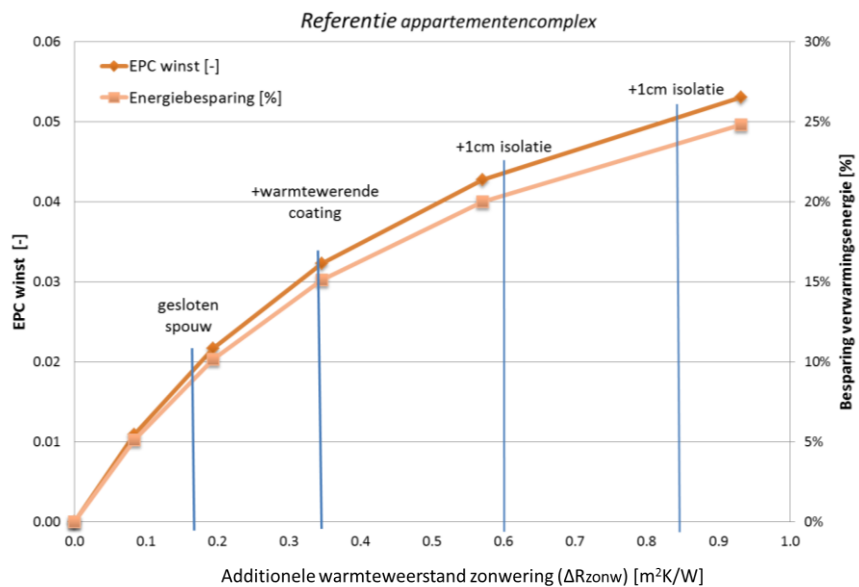
- Een volledig gesloten spouw. Deze heeft een warmteweerstand van ca. $0.18 m^2K/W$ en geeft een EPC verbetering van ca. 0.017 en een besparing op de verwarmingsenergie van ca. 5%. Een volledig gesloten spouw komt bijvoorbeeld overeen met een zogenaamd zipscreen. Deze heeft typisch een goed gesloten spouw en meestal gemonteerd voor het hele raam, met een luchtdicht doek meestal zonder koudebruggen. Ook een binnenzonwering met een spouw en doek dat luchtdicht is komt hiermee overeen.
- Een gesloten spouw plus een doek met warmteverende coating. Dit kan een additionele warmteweerstand opleveren van bijvoorbeeld $0.18 m^2K/W$, resulterend in een EPC winst van ca. 0.027 en een besparing op de verwarmingsenergie van ca. 9%. NB. low-e coatings worden uitsluitend op binnenzonwering toegepast i.v.m. de kwetsbaarheid van die coatings.
- Bovenstaande plus 1 cm isolatie met een warmtegeleidingscoëfficiënt van $0.04 W/m.K$. Dit leidt tot een totale EPC winst van ca. 0.036 en een totale besparing op de verwarmingsenergie van ca. 12%.

- Bovenstaande plus 2 i.p.v. 1 cm isolatie. Dit leidt tot een totale EPC winst van ca. 0.042 en een totale besparing op de verwarmingsenergie van ca. 14%.



Figuur 4: Theoretische EPC winst en besparing op de verwarmingsenergie als functie van de additionele warmteweerstand van zonwering voor de referentie tussenwoning onder ideale omstandigheden.

In figuur 5 zijn de voor het referentie appartement berekende resultaten uit tabel 2 weergegeven.



Figuur 5: Theoretische EPC winst en besparing op de verwarmingsenergie door de additionele warmteweerstand van zonwering voor het referentie appartement onder een aantal theoretische omstandigheden.

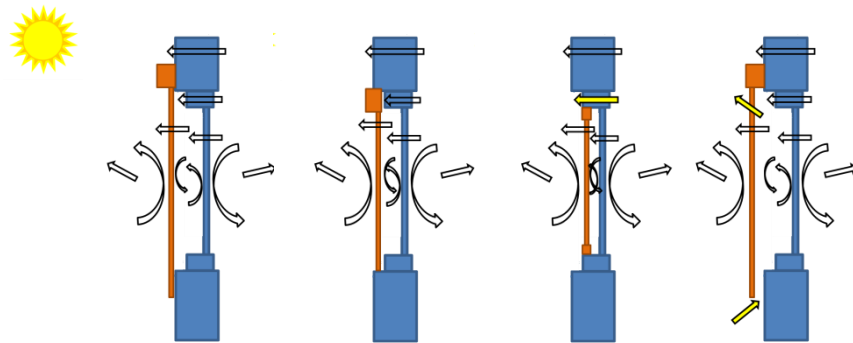
Als we kijken naar de effecten van deze maatregelen op het referentie appartement (figuur 5) valt op dat voor de voorbeeld maatregelen de EPC winst en de besparing

op de verwarmingsenergie hoger zijn ten opzichte van de referentie tussenwoning (figuur 4).

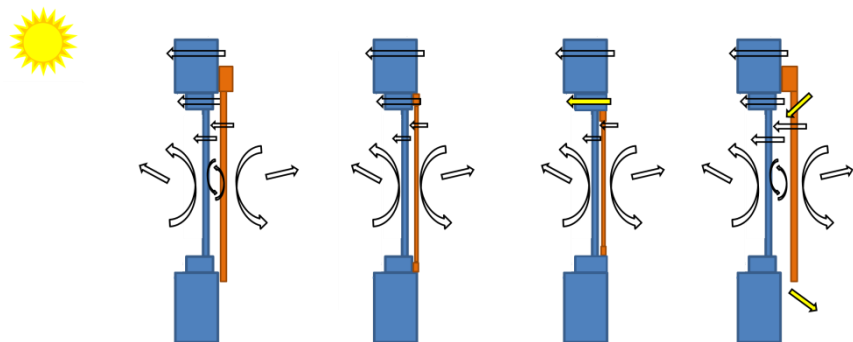
Dit is logisch aangezien bij het appartement de oppervlakte van de gevel ten opzichte van de totale verliesoppervlakte groter is dan bij de tussenwoning, waardoor de gevel en daarmee de ramen verantwoordelijk zijn voor een relatief groter deel van de warmteverliezen. Het gaat om een EPC-winst van ca. 0.050 punten t.o.v. 0.042 punten en een besparing tot ca. 23% t.o.v. 14% op de verwarmingsenergie is berekend voor de meest isolerende variant.

3.2 De thermische weerstand van zonwerende producten in de praktijk

Voor het bepalen van de thermische weerstand van de zonwerende producten is de inpassing van de zonwering op het raam van grote invloed. Het gaat daarbij dan met name om de luchtdichtheid van de spouw en de luchtdoorlatendheid van het zonwerende materiaal of systeem en om de positie van het zonwerende product (figuur 6, 7, 8 en 9).



Figuur 6a,b,c,d: Mogelijke posities zonwerende producten aan de buitenzijde



Figuur 7a,b,c,d: Mogelijke posities zonwerende producten aan de binnenzijde

Bij figuur 6a en 7a is er sprake van een gesloten spouw tussen de zonwering en het hele raam inclusief kozijn. Bij figuur 6b en 7b is er mogelijk sprake van een directe koppeling tussen het kozijn en onderdelen van de zonwering en in die zin een koudebrug. Bij variant 6c en 7c heeft de zonwering alleen effect op het warmtetransport door de beglazing en dus geen effect op het warmtetransport door het kozijn. Bij de varianten 6d en 7d is er net als bij 6a en 7a sprake van een gesloten spouw tussen de zonwering en het hele raam inclusief kozijn maar ook van een geventileerde spouw en daarmee een warmtelek.



Figuur 8: Praktijkvoorbeeld mogelijke posities binnenzonwering.

Een praktijkvoorbeeld in figuur 8 laat zien dat binnenzonwering vaak op veel verschillende posities (positie A, B, C, D en E) kan worden toegepast.



Figuur 9a,b: Praktijksituaties binnenzonwering.

Figuur 9a laat zien dat in de praktijk soms relatief grote spouwen ontstaan, doordat zonweringen in vaste maten verkrijgbaar zijn. Uiteraard heeft een dergelijke luchtspleet negatieve invloed op de additionele warmteweerstand van de zonwering.

Figuur 9b laat zien dat het vaak lastig is om de grootte van spleten tussen zonwering en raam in te schatten door de complexe geometrie van de spleten.

3.3 WIS berekeningen

Er is een aantal WIS berekeningen gedaan voor de volgende zonwerende producten:

- 1) rits-screen (buitenzonwering)
- 2) standaard screen (buitenzonwering)
- 3) rolluik (buitenzonwering), in de dag gemonteerd en op de dag gemonteerd
- 4) Duette (binnenzonwering)
- 5) Rolgordijnen waaronder low-e gemetalliseerde (binnenzonwering)

Voor elk van deze systemen is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van een typisch voorbeeldproduct dat op dit moment op de markt verkrijgbaar is met beschikbare eigenschappen (zoals spectrale eigenschappen van low-e coatings).

Bepalende gegevens zoals de spouwbreedte tussen zonwering en beglazing en luchtspleten rondom de zonwering zijn in overleg ingeschat, mede op basis van de praktijkervaring van Romazo leden. Voor de berekeningen is uitgegaan van afwezigheid van koudebruggen.

Tabel 3: De invoer en uitkomsten van de WIS berekeningen.

variant			afstand	luchtopening			voor gehele raam		voor beglazing	
no	naam	max min	zonw-glas [mm]	zijkant [mm]	onder [mm]	boven [mm]	Utot [W/m ² K]	ΔRzonw [W/m ² K]	Utot [W/m ² K]	ΔRzonw [m ² K/W]
0	Raam referentie						1.65		1.69	
1	Rits screen buiten	max	200	5	5	5	1.31	0.16	1.54	0.06
		min		20	20	20	1.35	0.13	1.55	0.05
2	Standaard screen buiten	max	200	10	5	0	1.30	0.16	1.54	0.06
		min		40	100	0	1.36	0.13	1.56	0.05
3	Rolluik buiten buiten	max	200	0	0	0	1.27	0.18		
		mid		5	5	5	1.31	0.16		
		min		20	20	20	1.35	0.13		
4a	Duette duotone 1 kamer binnen	max	120					0.23*		
		min						0.17*		
b	Duette blackout 1k gemetalliseerd	max	120					0.38*		
		min						0.25*		
5a	Rolgordijn black-out zijgelijding binnen	max	100	0	0	0	1.27	0.18	1.53	0.06
		min		5	5	5	1.36	0.13	1.56	0.05
b	Rolgordijn low-e zijgelijding binnen	max	120	5	5	5	1.08	0.32	1.44	0.10
		mid		10	10	10	1.15	0.26	1.47	0.09
		min		20	20	20	1.22	0.21	1.47	0.09

*op basis van gemeten waarden [4]

Afstand zonw-glas : afstand tussen zonwering en beglazing [mm]

Opening zijkant : verticale luchtopeningen tussen zonwering en kozijn/muur

Opening onder : horizontale luchtopeningen tussen zonwering en kozijn/muur aan de onderzijde

Opening boven : horizontale luchtopeningen tussen zonwering en kozijn/muur aan de onderzijde

Voor gehele raam : zonwering bedekt het hele raam met een spouw tussen de zonwering en hele raam.

Voor beglazing : zonwering bedekt alleen de beglazing en niet het kozijn.

Utot : berekende U-waarde totale raam inclusief zonwering [W/m²K].

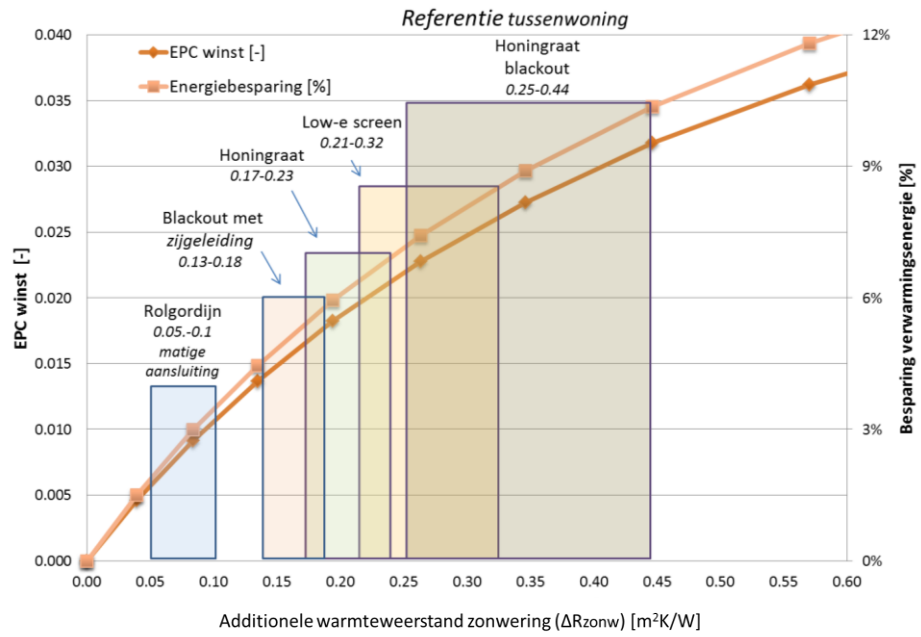
ΔRzonw : berekende warmteweerstand van de zonwering op het totale raam [m²K/W].

Uitgangspunten toegelicht:

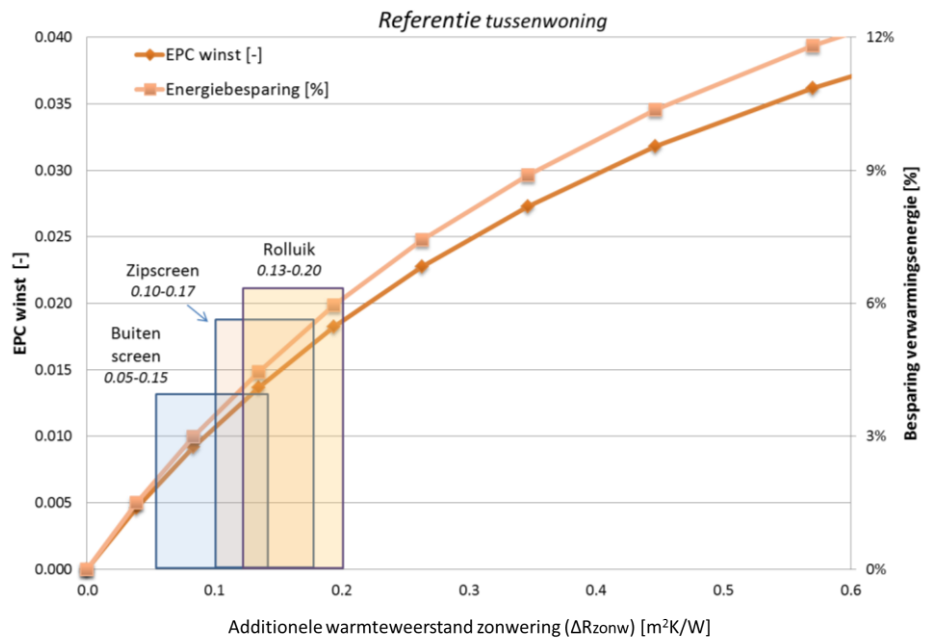
- 1) Er is gerekend met een raam van 1.4 meter hoog bij 1.2 meter breed met een U-waarde van 1.65 W/m²K (HR++ glas in houten kozijn), gelijk aan de referentie woningen [1] (variant 0).
- 2) Variant 1 (rits-screen) sluit goed aan door de typische constructie waarbij het zonweringsdoek is gevat in geleiders. Uitgangspunt is dat het doek enigszins luchtdoorlatend is. Daarom is een luchtopening rond de zonwering aangenomen van 5 tot 20 mm.
- 3) Voor variant 2 (het standaard buitenscherf) is een grotere range ingeschat voor de aansluitingen aangezien deze voor dit scherm in de praktijk meer zullen variëren.
- 4) Variant 3 (rolluiken buiten) kan in principe zeer goed luchtdicht zijn. Daarom is ook de variant zonder luchtopeningen berekend.
- 5) Voor alle typen buitenzonwering (variant 1 t/m 3) is een spouw aangenomen van 200 mm.
- 6) Voor variant 4a (Duette Duotone) en variant 4b (Duette Black-out met een gemetalliseerde laag aan de binnenzijde) zijn metingen van het Fraunhofer instituut gebruikt [4]. Uit dit rapport blijkt dat de gemeten waarden een relatief grote spreiding laten zien en dat deze kunnen afwijken van berekende waarden. Er zijn verschillende typen honingraat ook met meerdere kamers.
- 7) Variant 5a is een black-out rolgording binnenzonwering en variant 5b is een rolgordijn binnenzonwering met aan de glaszijde een zogenaamde low-e coating (Silverscreen van de firma Verosol).

3.4 Eindresultaten

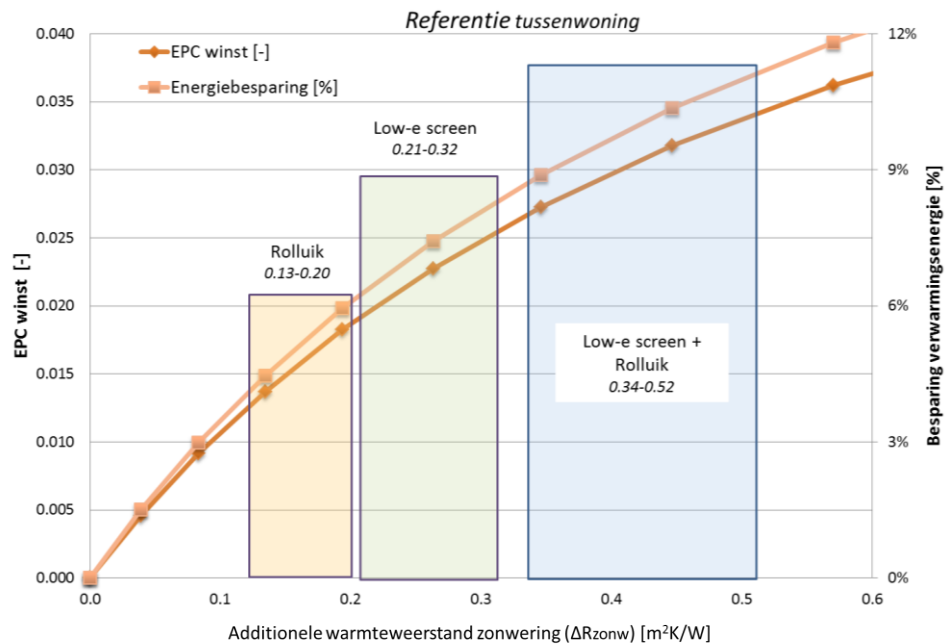
In figuur 10 t/m 15 zijn de potentiële energiebesparing op verwarmingsenergie en de potentiële EPC-winst weergegeven voor verschillende typen binnen- en buitenzonwering en combinaties daarvan voor zowel de referentie tussenwoning als het referentie appartement. Hierbij zijn de uitgangspunten en resultaten uit paragraaf 3.4 gehanteerd. Uitgangspunt hierbij is dat de zonwering het gehele raam bedekt. Indien de zonwering alleen het glas bedekt, dan ligt de potentiële energiebesparing op verwarmingsenergie en de potentiële EPC-winst aanmerkelijk lager.



Figuur 10: Energiebesparing op verwarmingsenergie en potentiële EPC-winst door verschillende typen binnenzonwering voor de referentie tussenwoning. NB De referentie is overall zonwering zonder aangepaste U-waarde (variant 1, tabel 1).

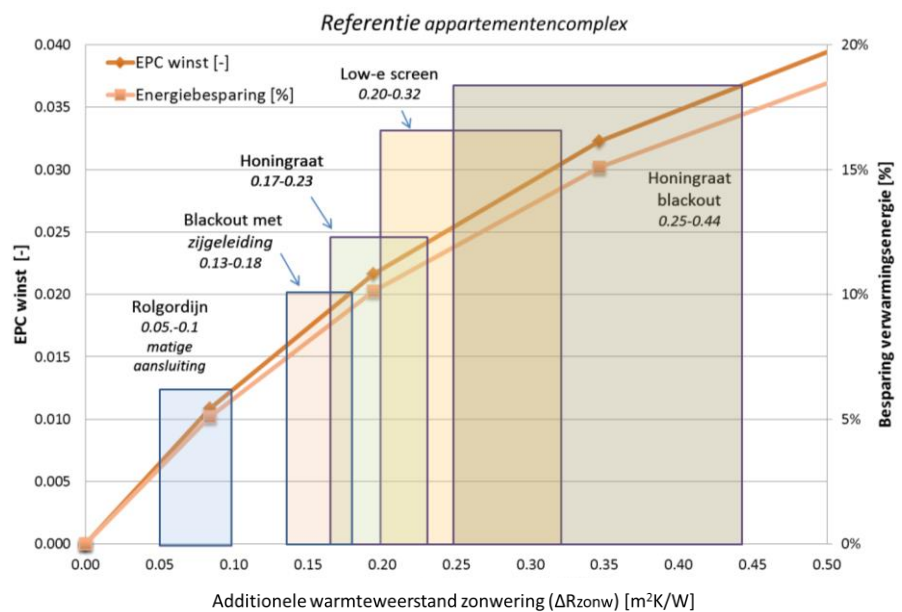


Figuur 11: Energiebesparing op verwarmingsenergie en potentiële EPC-winst door verschillende typen buitenzonwering voor de referentie tussenwoning. NB De referentie is overall zonwering zonder aangepaste U-waarde (variant 1, tabel 1).



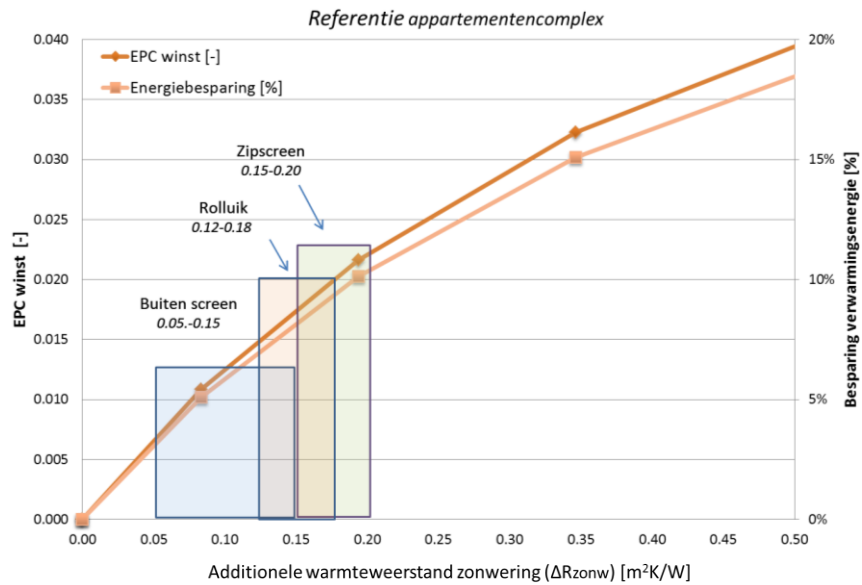
Figuur 12: Energiebesparing op verwarmingsenergie en potentiële EPC-winst door een rolluik buiten, een low-e screen binnen en een combinatie van beiden voor de referentie tussenwoning.

NB: De warmteweerstanden van willekeurige combinaties van binnen- en buitenzonwering kunnen worden opgeteld en vervolgens kan de bijbehorende potentiële EPC-winst en besparing op verwarmingsenergie worden afgelezen. De referentie is overal zonwering zonder aangepaste U-waarde (variant 1, tabel 1).

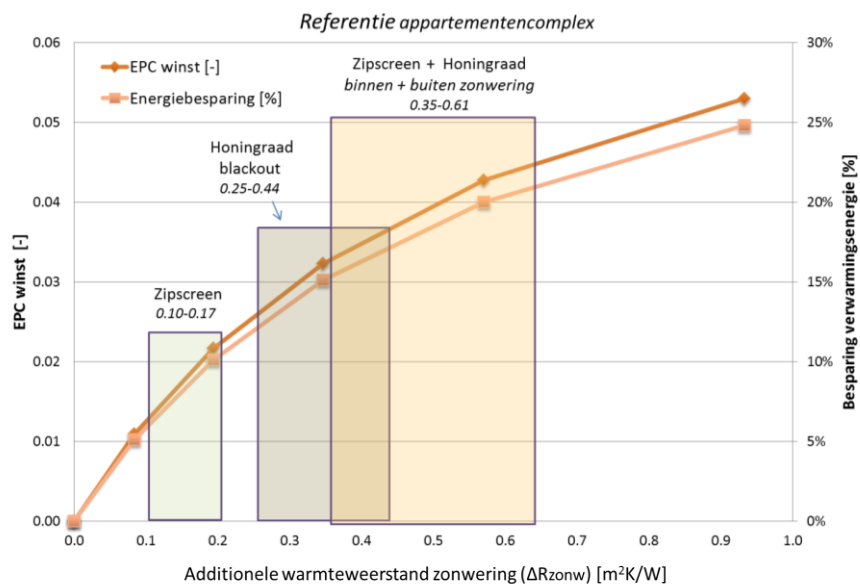


Figuur 13: Energiebesparing op verwarmingsenergie en potentiële EPC-winst door verschillende typen binnenzonwering voor het referentie appartement.

NB De referentie is overal zonwering zonder aangepaste U-waarde (variant 1, tabel 2).



Figuur 14: Energiebesparing op verwarmingsenergie en potentiële EPC-winst door verschillende typen buitenzonwering voor het referentie appartement. NB De referentie is overal zonwering zonder aangepaste U-waarde (variant 1, tabel 2).



Figuur 15: Energiebesparing op verwarmingsenergie en potentiële EPC-winst door een zip screen buiten, een honingraat black out binnen en een combinatie van beiden voor het referentie appartement.

NB De warmteweerstanden van willekeurige combinaties van binnen- en buitenzonwering kunnen worden opgeteld en vervolgens kan de bijbehorende potentiële EPC-winst en besparing op verwarmingsenergie worden afgelezen. De referentie is overal zonwering zonder aangepaste U-waarde (variant 1, tabel 2).

4 Conclusies

1. De warmteweerstand van zonwering wordt vooral bepaald door:
 - a. De positie van de zonwering
 - b. De luchtdichtheid van de (aansluitingen van) de spouw
 - c. De luchtdoorlatendheid van het materiaal en systeem
 - d. Coatings (b.v. low-e coating)
 - e. Lucht ingevangen in de zonwering zelf (zoals b.v. honingraat)
2. De berekende besparingen op de verwarmingsenergie kunnen oplopen tot 17% voor de referentie tussenwoning en tot 29% voor het referentie appartement. Omgerekend naar potentiële EPC verbeteringen levert dit een EPC winst die kan oplopen tot 0.05 punten voor de referentie tussenwoning en tot 0.06 punten voor het referentie appartement. Deze potentiële besparingen op de verwarmingsenergie en potentiële EPC verbeteringen zijn zeker relevant voor zowel de referentie tussenwoning als voor het referentie appartement.
NB Uitgangspunt hierbij is dat de zonwering voor het gehele raam is geplaatst en dat er geen koudebruggen zijn.
3. De besparingspotentie van zonwering op het energiegebruik voor verwarming is bij het beschouwde appartement groter dan bij de beschouwde tussenwoning. De berekende EPC winsten voor het appartement en de tussenwoning zijn vergelijkbaar.
4. In de praktijk zijn er veel verschillende mogelijke posities voor zonweringen, waarbij het vaak lastig is om snel in te schatten wat de energetische implicaties zijn van die verschillende mogelijkheden. De energetische implicaties kunnen echter groot zijn.
5. De thermische effecten van de luchtdoorlatendheid van zonwerende materialen of systemen zijn net als de effecten van complexe geometrische luchtopeningen en windbelasting moeilijk te kwantificeren.
6. Met de gekozen aanpak is het bepalen van de impact van zonwerende producten op de energievraag voor verwarmen en op mogelijke potentiële EPC verbetering relatief gemakkelijk. Ook kunnen eenvoudig verschillende zonwerende producten en combinaties van zonwerende producten worden vergeleken.
7. Verwacht mag worden dat de absolute energiebesparing voor minder goed isolerende ramen of beglazing hoger zal uitvallen dan voor goed isolerende ramen, die in deze studie als uitgangspunt zijn genomen.

5 Aanbevelingen

Om een zo hoog mogelijke energiebesparing te realiseren, kunnen ten aanzien van de toepassing van zonwering de volgende aanbevelingen worden gedaan:

1. Zorg dat de spouw tussen de zonwering en het raam zoveel mogelijk luchtdicht is afgesloten o.a. door een goede aansluiting tussen de zonwering en de gevel..
2. Als de zonwering naast de beglazing ook het kozijn bedekt is de warmteweerstand van het totale raam beduidend hoger dan wanneer de zonwering alleen de beglazing bedekt.
3. Voorkom zoveel mogelijk koudebruggen, o.a. door ruimte te laten tussen het zonweringssysteem en het kozijn als de zonwering ook het kozijn bedekt.
4. Een combinatie van binnen- en buitenzonwering geeft meer thermische isolatie en dus meer energiebesparing.
5. Een automatische regeling kan er voor zorgen dat de zonwering ook daadwerkelijk wordt gesloten tijdens de donkere uren in het stookseizoen.

6 Referenties

1. Referentiewoningen
<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/09/Referentiewoningen.pdf>
2. Gebruikte EPG software
<http://dgmsoftware.nl/enorm.php>
3. WIS
www.windat.org
4. Meetrapport Fraunhofer Institut für Bauphysik
“Untersuchung der Potenziale von innen liegenden Sonnenschutz Systemen in form von plissees und kammerplissees zur verringerung des heizwarmebedarfs“, Fraunhofer Institut für Bauphysik No: IBP ESB-004/2011 HOKI, Holzkirchen, 5 Juli 2011

7 Ondertekening

Delft, maart 2015



Drs. G.J.N. Alberts
Afdelingshoofd
Heat Transfer and Fluid Dynamics



L.G. Bakker
Auteur



H.A.L. van Dijk
Auteur

Bijlage 1: Begrippen

U-waarde Warmtedoorgangscoefficiënt [$W/m^2.K$]
 De U-waarde (vroeger de K-waarde) is de hoeveelheid warmte die per seconde, per vierkante meter per graad Celsius temperatuurverschil tussen binnen- en buitenzijde doorgelaten wordt door een constructie.
 Een hoge U-waarde betekent een thermisch slecht isolerende constructie en een lage U-waarde betekent een thermisch goed isolerende constructie.

De warmtestroom door een constructie kan berekend worden met:

$$Q_w = U.A.\Delta T$$

Waarbij:

Q_w de warmtestroom (of warmteverlies) in watt

A het oppervlak in m^2

ΔT het verschil tussen de binnen- en buitenluchttemperatuur

R-waarde Warmteweerstand [$m^2.K/W$]
 Het kan soms gemakkelijker zijn om gebruik te maken van de omgekeerde waarde, bijvoorbeeld omdat warmteweerstanden kunnen worden opgeteld zoals die van een raam en van een zonwering. Er geldt:

$$R_w = \frac{1}{U} - R_{se} - R_{si}$$

Daarin is R_w (in $m^2.K/W$) de warmteweerstand van bijvoorbeeld een raam per vierkante meter, per graad temperatuur verschil. R_{se} en R_{si} zijn de warmteovergangsweerstanden aan respectievelijk de binnen- en buitenzijde van de constructie.

De thermische weerstand of warmteweerstand hangt samen met de eigenschap van nagenoeg alle materialen en stoffen om warmte te geleiden. Metalen zijn goede warmtegeleiders, hebben dus een lage weerstand. Lucht en kunststof zijn voorbeelden van slechte warmtegeleiders, dus met een hoge thermische weerstand.

De warmteweerstand van een laag materiaal is afhankelijk van de thermische geleidbaarheid en de dikte van de laag. De warmteweerstand van een laag wordt bepaald met:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Daarin is R de warmteweerstand in $m^2.K/W$, d de dikte van de laag in m en λ de thermische geleidbaarheid in $W/(m.K)$ van het materiaal van de laag.

- EPG Energie Prestatie van Gebouwen
De genormeerde EPG-methode om de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) te bepalen is vastgelegd in NEN 7120. De hoogte van de EPC-eis is vastgelegd in het Bouwbesluit.
- EPBD Energy Performance of Buildings Directive
De EPBD is de Europese Richtlijn energieprestatie van gebouwen. Deze Richtlijn moet leiden tot betere energieprestaties van de gebouwen in de Europese Gemeenschap. Centraal staat het energieprestatiecertificaat of energielabel (gebouw), dat net als de energiestickers op wasmachines en koelkasten aangeeft in welke klasse van energiegebruik het bouwwerk valt.
De EPBD stelt dat alle nieuwe gebouwen moeten beschikken over een energieprestatiecertificaat. Deze verplichting is op 1 januari 2008 ingegaan. Voor bestaande gebouwen geldt deze verplichting op transactiemomenten (koop, verkoop of oplevering).

Bijlage 2: Gebruikte referentiegebouwen

<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/09/Referentiewoningen.pdf>



- 1 Inleiding
- 2 Doel en gebruik referentiewoningen
- > 3 Zes referentiewoningen uitgewerkt
 - > 3.1 Tussenwoning
 - 3.2 Hoekwoning
 - 3.3 Twee-onder-een-kapwoning
 - 3.4 Vrijstaande woning
 - 3.5 Galerijcomplex
 - 3.6 Appartementencomplex
- 4 Verantwoording van keuzes
- 5 Een goede woning vergt aandacht
- 6 Literatuurverwijzing
- Colofon

3.1 Tussenwoning



Algemene beschrijving

De oppervlakte van een tussenwoning is gemiddeld 125 m² (bron: MNW). In een tussenwoning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een tussenwoning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadeldak of een lesse-naarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.



- 1 Inleiding
- 2 Doel en gebruik referentiewoningen
- > 3 Zes referentiewoningen uitgewerkt
 - 3.1 Tussenwoning
 - 3.2 Hoekwoning
 - 3.3 Twee-onder-een-kapwoning
 - 3.4 Vrijstaande woning
 - 3.5 Galerijcomplex
 - 3.6 Appartementencomplex
- 4 Verantwoording van keuzes
- 5 Een goede woning vergt aandacht
- 6 Literatuurverwijzing
- Colofon

Tekeningen



- 1 Inleiding
- 2 Doel en gebruik referentiewoningen
- > 3 Zes referentiewoningen uitgewerkt
 - 3.1 Tussenwoning
 - 3.2 Hoekwoning
 - 3.3 Twee-onder-een-kapwoning
 - 3.4 Vrijstaande woning
 - 3.5 Galerijcomplex
 - > 3.6 Appartementencomplex
- 4 Verantwoording van keuzes
- 5 Een goede woning vergt aandacht
- 6 Literatuurverwijzing
- Colofon

3.6 Appartementencomplex



Algemene beschrijving

De oppervlakte van een meer-gezinswoning in de koopsector is gemiddeld 105 m² (bron: MNW). In dit gemiddelde zijn zowel luxe penthouses als eenvoudige galerijwoningen opgenomen. Een meer-gezinswoning heeft meestal twee slaapkamers.



Bijlage 3: Gewogen gemiddelde warmteweerstand

Uitgangspunt in deze studie is dat de zonwering tijdens het stookseizoen alleen wordt gesloten tussen zonsondergang en zonsopkomst. Met de zonwering in gesloten stand heeft het raam een warmteweerstand die wordt bepaald door de combinatie van het kozijn, de beglazing en de zonwering. Met de zonwering in open stand bepalen het kozijn en de beglazing de warmteweerstand van het raam.

De in H2.1 gebruikte warmteweerstanden voor het raam zijn gewogen gemiddelde warmteweerstanden van de situatie met de zonwering in gesloten en in open stand. Hierbij gaat het om een weging naar tijd en temperatuur. Tijd gewogen omdat de verhouding tussen de tijd dat de zonwering gesloten en geopend is bepalend is voor de gewogen gemiddelde warmteweerstand. Temperatuur gewogen omdat het temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitentemperatuur bepalend is voor de warmtestroom door het raam en daarmee voor de gewogen gemiddelde warmteweerstand.

Voor de berekeningen is als aangegeven uitgegaan van de in NEN 7120 gegeven benadering voor luiken: "Voor ramen die zijn voorzien van vanuit de woonfunctie bedienbare luiken [WN, WB] of zijn voorzien van automatisch bediende luiken [UN, UB] mag op de warmtedoorgangs- coëfficiënt van het desbetreffende raam het warmteverlies- reducerende effect van het luik worden meegenomen door rechtlijnig te middelen tussen U-waarden met en zonder luik."

In deze bijlage is een vergelijking gemaakt tussen deze benadering en een aantal alternatieve benaderingen op basis van dynamische berekeningen. Het doel is om inzicht te verschaffen in de verschillende methoden om de effectieve gewogen gemiddelde U-waarde te bepalen.

Als we de dynamische effecten verwaarlozen geldt:

$$U_{m;mn} = \frac{\sum_h (U_i \cdot \Delta\theta_{\text{int-e};h})}{\sum_h (\Delta\theta_{\text{int-e};h})} \quad (\text{b3.1})$$

Waarbij:

- $U_{m;mn}$ = de gewogen gemiddelde U-waarde [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$];
- $\Delta\theta_{\text{int-e};h}$ = het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur in uur h in [K];
- h = de index voor het uur;
- U_i = de U-waarde onder conditie i (die per uur kan variëren).

Dynamisch gebouwmodel

Voor de dynamische berekeningen is gebruik gemaakt van een dynamische gebouwsimulatiETOOL ontwikkeld door TNO in het kader van de EPBD. In deze tool is de referentie tussenwoning gemodelleerd als vereenvoudigd dynamisch enkel zone model met dak, vloer en wanden, ramen met zontoetreding, verwarming, ventilatie, interne warmte etc.

Met dit dynamische gebouwmodel zijn berekeningen uitgevoerd waarbij voor de uren tussen zonsopkomst en zonsondergang is gerekend met de U-waarden van het raam zonder zonwering (1.65 W/m²K) en voor de andere uren met de U-waarden van het raam inclusief zonwering ($U_{tot} = 1.60$ tot 0.90, zie tabel B3.1).

Om deze U-waarden te kunnen vergelijken met de gewogen gemiddelde U-waarden volgens NEN 7120 zijn eerst deze waarden uitgerekend (U_{eff} 7120, zie tabel B3.1).

In de derde en daarop volgende rijen van tabel B3.1 zijn de volgens functie b3.1 berekende gewogen maandelijkse U-waarden gegeven voor januari t/m december (1 t/m 12).

Tabel B3.1: Berekende effectieve maandelijkse U-waarden m.b.v. een dynamisch gebouwmodel.

U _{tot}		1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90
U _{eff}	7120	1.625	1.600	1.575	1.550	1.525	1.475	1.425	1.375	1.325	1.275
U _{eff} mnd func. b3.1	1	1.616	1.582	1.548	1.514	1.480	1.412	1.344	1.277	1.209	1.143
	2	1.619	1.589	1.558	1.527	1.497	1.435	1.374	1.313	1.252	1.195
	3	1.623	1.596	1.569	1.541	1.515	1.461	1.407	1.352	1.298	1.252
	4	1.626	1.602	1.578	1.553	1.531	1.483	1.436	1.388	1.340	1.315
	5	1.625	1.599	1.574	1.546	1.524	1.473	1.424	1.374	1.324	1.321
	6	1.623	1.596	1.569	1.539	1.516	1.462	1.409	1.357	1.303	1.345
	7	1.617	1.584	1.551	1.512	1.485	1.418	1.355	1.289	1.223	1.323
	8	1.609	1.568	1.527	1.478	1.445	1.363	1.284	1.202	1.120	1.251
	9	1.619	1.588	1.557	1.523	1.495	1.432	1.371	1.309	1.247	1.241
	10	1.618	1.586	1.554	1.520	1.489	1.425	1.361	1.297	1.233	1.190
	11	1.618	1.585	1.553	1.520	1.488	1.424	1.360	1.295	1.230	1.173
	12	1.615	1.581	1.546	1.511	1.476	1.407	1.338	1.268	1.199	1.132

De resultaten in tabel B3.1 laten zien dat de effectieve U-waarde, als berekend volgens functie b3.1, voor alle maanden behalve april lager is dan de volgens NEN 7120 berekende gemiddelde U-waarde (U_{eff} , 7120).

Om een idee te krijgen welke impact deze verschillen in effectieve U-waarden hebben op de warmtevraag voor verwarmen is dit voor een aantal varianten dynamisch doorgerekend (tabel B3.3):

Open: Zonwering altijd open (Uraam = 1.65 W/m²K)

Closed: Zonwering altijd gesloten (Uraam = 1.25 W/m².K)

Dyn: Tussen zonsondergang en zonsopkomst de U-waarde van het raam met zonwering (1.25 W/m²K) en voor de overige uren de U-waarden van het raam zonder zonwering (1.65 W/m².K).

Ueffmnd: Maandelijks gewogen gemiddelde U-waarden volgens functie b3.1

Ueffseiz: Jaarlijks gewogen gemiddelde U-waarden volgens functie b3.1

Tabel B3.2: Uitkomsten dynamische energieberekeningen

<i>mnd</i>	<i>Open</i>	<i>Closed</i>	<i>Dyn</i>	<i>Ueffmnd</i>	<i>Ueffseiz</i>
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1	460	654	420	422	425
2	237	447	211	212	211
3	115	370	97	98	95
4	0	100	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	2	61	1	1	0
11	211	394	186	187	187
12	443	603	406	408	411
<i>tot</i>	1468	2629	1321	1327	1329

Conclusies

- Uit deze dynamische rekenstudie blijkt dat er zeer beperkte verschillen zijn tussen gebruik van een maandelijks of jaarlijks gewogen gemiddelde U-waarde en gebruik van een dynamische U-waarde als het gaat om de berekende maandelijks energievraag voor verwarmen (zie tabel b3.2). In die zin kan worden volstaan met een jaarlijks gemiddelde tijd- en temperatuur gewogen gemiddelde U-waarde bepaald volgens functie b3.1.
- Verder blijkt dat de gemiddelde U-waarde berekend volgens NEN 7120 altijd hoger is ten opzichte van de volgens de b3.1 berekende gewogen gemiddelde U-waarde. Hierdoor zullen de berekeningen volgens NEN 7120 conservatief zijn in de zin dat de berekeningen tot minder energiebesparing voor verwarming zullen leiden t.o.v. de gedetailleerde dynamische berekeningen volgens b3.1.

Bijlage 4: EPG zomercomfortcorrectie

In deze studie is onderzocht wat het effect is van de warmteweerstand van zonwering op het energiegebruik voor verwarmen en op de EPC. Uitgangspunt is dat zonwerende producten tijdens het stookseizoen alleen tijdens donkere nachtelijke uren worden toegepast. Bij de gebruikte EPG rekentool is het echter slechts mogelijk om één U-waarde voor het raam op te geven, waarmee het hele jaar wordt gerekend. Bij de berekeningen is voor iedere maand dus gerekend met dezelfde gewogen gemiddelde U-waarde.

Voor de zomermaanden betekent dit echter dat met een te lage U-waarde wordt gerekend, wat een negatief effect heeft op het zomercomfort en op de EPC, Daarom wordt een correctie op het zomercomfort toegepast. Aangezien mag worden verwacht dat het zomercomfort gelijk is aan het zomercomfort in de situatie zonder zonwering gedurende de nacht (referentiesituatie, U-waarde van het raam zonder zonwering), mag voor de zomermaanden van deze referentiesituatie worden uitgegaan.

Daarom is de EPC buiten het gebruikte EPG programma herberekend, waarbij voor het zomercomfort is uitgegaan van de situatie zonder zonwering. De verschillen tussen de al dan niet gecorrigeerde EPC zijn beperkt (in tabel 1 en 2 bedragen de verschillen tussen ΔEPC en de ΔEPC_c minder dan 10%).