



Isolatiepakketten ten behoeve van CEGOIA model



Datum: 17 februari 2020
Projectnr.: 1806
Status: Definitief
Auteur(s): Sebastiaan Knepper & Robbert van Rijswijk

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Plan van aanpak.....	4
3	Selectie referentiewoningen	5
3.1	Inventarisatie referentiewoningen.....	5
3.2	Samenvoegen van referentiewoningen	5
4	Maatregelenpakketten.....	7
4.1	Huidige energetische kenmerken.....	7
4.2	MT-niveau 70 kWh/m ²	7
4.3	LT-niveau + NOM-ready 50 kWh/m ²	8
4.4	LT-niveau + nieuwbouw 30 kWh/m ²	9
4.5	Koeling	11
5	Kostenraming.....	12
	Bijlage 1: Kostenoverzicht	13

1 Inleiding

CE Delft heeft een model ontwikkeld die de kosten berekenen voor het verduurzamen van de warmtelevering aan bestaande woningen, namelijk het CEGOIA model. Onderdeel daarvan is de wijze waarop toekomstige warmtevraag met bijbehorende isolatiekosten van verschillende woningtypes wordt meegenomen. Het huidige model hanteert hiervoor schillabels, maar men zou hiervoor liever een nieuwe methodiek op basis van de warmtevraag per vierkante meter bruikbare woonoppervlak hanteren.

Het doel van deze rapportage is om inzicht te geven in verschillende isolatiepakketten, inclusief de bijbehorende investeringskosten, die de jaarlijkse warmtevraag van bestaande woningen kan reduceren tot één van de onderstaande drie niveaus. Deze niveaus zijn in samenspraak met CE Delft vastgesteld en in de praktijk gangbare vertrekpunten om aan te sluiten aan een bijbehorende duurzame warmtenet.

- 70 kWh/m² (MT-niveau);
- 50 kWh/m² (LT-niveau + NOM-ready);
- 30 kWh/m² (LT-niveau + nieuwbouw);

MT-niveau: Het warmteafgiftesysteem binnen een woning kan aangesloten worden op een warmtebron met een aanvoer temperatuur van ± 70 °C.

LT-niveau: Het warmteafgiftesysteem binnen een woning kan aangesloten worden op een warmtebron met een aanvoer temperatuur van ≤ 55 °C.

NOM-ready: In deze ambitie wordt een woning energetisch tot een dusdanig niveau verbeterd, zodat de woning recht heeft op de minimale energieprestatievergoeding (EPV) en (bij aanschaf van voldoende zonnepanelen) Nul-Op-de-Meter kan worden gemaakt. De afgiftetemperatuur kan in deze woningen, bij gebruik van lage temperatuur convectoren of wand/vloerverwarming, ± 30 °C zijn.

Nieuwbouw: In deze ambitie wordt een woning energetisch gezien op nieuwbouwniveau gebracht. Dit is de maximale warmtevraag waarvoor de maximale EPV kan worden aangevraagd. De afgiftetemperatuur kan in deze woningen, bij gebruik van lage temperatuur convectoren of wand/vloerverwarming, ± 30 °C zijn.

2 Plan van aanpak

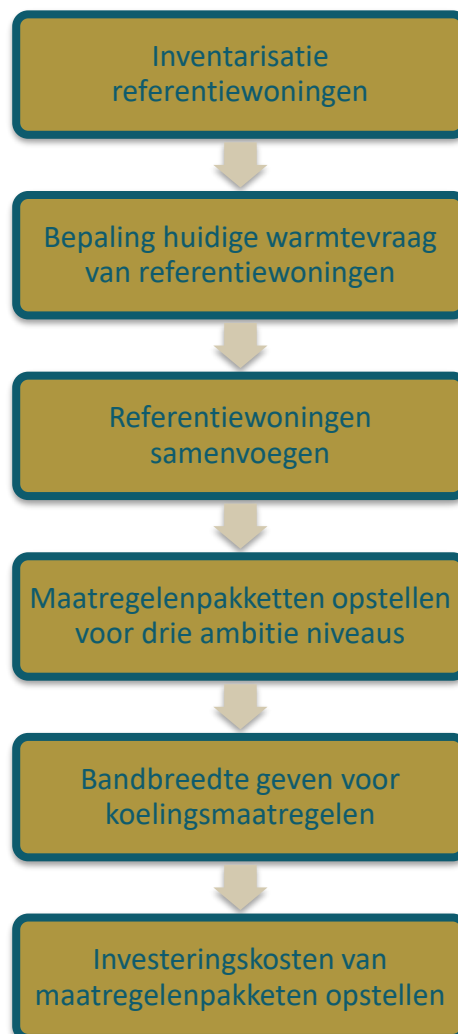
Als eerst zijn er verschillende referentiewoningen geselecteerd op basis van woningtype en bouwjaar. Voor deze woningen is de huidige warmtevraag per vierkante meter gebruiksoppervlakte bepaald. Aan de hand van deze uitkomsten zijn enkele woningtypen en bouwjaren met vergelijkbare uitkomsten samengevoegd, zodat het aantal berekeningen in CEGOIA wordt beperkt.

Vervolgens zijn er maatregelenpakketten (bestaande uit samenhangende isolatie- en ventilatiemaatregelen) samengesteld, waarmee de warmtevraag per woningtype gereduceerd wordt naar de drie ambitieniveaus. Ook zijn eventuele aanpassingen aan het afgiftesysteem meegenomen.

De maatregelenpakketten zullen de vraag voor koeling in de woningen doen stijgen. Hiervoor wordt een indicatieve bandbreedte gegeven die momenteel in de praktijk het meest gangbaar zijn.

Tenslotte zijn de kosten van deze maatregelenpakketten geraamd en uitgedrukt in de investeringskosten per vierkante meter gebruiksoppervlakte. De onderstaande flowdiagram is een weergave van de bovenstaande stappen die zijn genomen in dit rapport.

Figuur 1.1 – Flowdiagram van de ondernomen stappen



3 Selectie referentiewoningen

3.1 Inventarisatie referentiewoningen

Woningen in Nederland kunnen worden ingedeeld op basis van een woningtype en een bouwperiode. Agentschap NL, tegenwoordig RVO, heeft dit uitgewerkt in het rapport 'Voorbeeldwoningen Bestaande bouw, 2011'. De referentiewoningen zijn in dit rapport ingedeeld in 7 verschillende woningtypen (vrijstaande woning, 2-onder-1-kapwoning, rijwoning, maisonnette, galerijwoning, portiekwoning en overige flatwoning) en vijf verschillende bouwperiodes (t/m 1945, 1946-1964, 1965-1974, 1975-1991 en 1992-2005). Deze bouwperiodes zijn gekozen op basis van specifieke energetische en/of bouwkundige kenmerken. Per referentiewoning is inzichtelijk gemaakt wat de karakteristieke bouwkundige kenmerken zijn. Voor de woningen die gebouwd zijn na 2006 zijn dezelfde afmetingen gehanteerd als voor de bouwperiode van 1992-2005, maar met energetische kenmerken conform het toen vigerend bouwbesluit. Alle referentiewoningen zijn gehanteerd voor het bepalen van de warmtevraag

Om een inschatting te maken van de warmtevraag voor deze woningen is eerst het benodigde vermogen om een woning te verwarmen nodig. Dit komt voort uit een warmteverliesberekening conform ISSO 51. Hiervoor zijn de gebouwkenmerken benodigd uit het rapport 'Voorbeeldwoningen Bestaande bouw, 2011'. Om dit te vertalen naar een jaarlijkse warmtevraag zijn de vollasturen benodigd. De vollasturen geeft de tijdsduur aan waarin er effectief warmte geleverd moet worden aan de woning. De vollasturen worden berekend met behulp van de bouwkundige eigenschappen en het gasverbruik. Het gasverbruik voor de referentiewoningen is gebruikt uit het overzicht 'Energieverbruik woningen naar bewonersklasse, 2016' van het CBS. Hierin is het gemiddelde gasverbruik te zien per woningtype, gebruiksoppervlak en bouwperiode. Voor de jaarlijkse warmtevraag wordt het gemiddeld gasverbruik verminderd met een standaard verbruik van warm tapwater en koken, waarin is aangenomen dat er 50 m³ per jaar en 6,5 GJ per jaar per woning aan koken en warmtapwater wordt verbruikt.

Tabel 2.1 laat zien wat de warmtevraag is per type woning en bouwperiode. De uitkomsten zijn uitgedrukt in kWh/m².

Tabel 2.1 – De warmtevraag voor verschillende woningtype en bouwjaren, in kWh per vierkante meter gebruiksoppervlak

Woningtype	Tm 1945	1946 – 1964	1965 – 1974	1975 – 1991	1992 – 2005	2006 – nu
Vrijstaand	127	127	117	96	85	71
2-1 kap	110	101	108	97	73	52
Rijwoning	114	105	96	83	61	43
Maisonnette	106	95	85	93	69	45
Galerij	112	91	91	91	64	40
Portiek	110	95	87	82	56	42

3.2 Samenvoegen van referentiewoningen

Uit tabel 2.1 blijkt dat alle woningen voor de bouwperiode van 1992 niet voldoen aan één van de gestelde ambitieniveaus. De woningen met een bouwperiode na 1992 voldoen gemiddeld aan de opgestelde ambitieniveau van 70 kWh/m² en na 2005 voldoen de woning gemiddeld aan de opgestelde ambitieniveau van 50 kWh/m². De vrijstaande woningen voldoen, theoretisch gezien, hier niet aan, vanwege het grote

verliesoppervlak. Desondanks hebben de vrijstaande woningen dezelfde energetische gebouweigenschappen als de andere woningtypes van een bouwperiode. Om tot maatregelenpakketten te komen om de opgestelde ambitieniveaus te halen worden de volgende vier bouwjaren gehanteerd voor CEGOIA:

- Tm 1945 (Vooroorlogs): Deze woningen hebben specifieke bouwkundige kenmerken die invloed hebben op type maatregelen (bijv. de meeste woningen bevatten geen spouwmuur);
- 1946 – 1991: Ondanks het grote verschil in de huidige energetische kwaliteit van de woningen, zullen ongeveer dezelfde type maatregelen van toepassing zijn;
- 1992 – 2005: Deze woningen voldoen feitelijk al aan de ambitieniveau van 70 kWh/m², waardoor deze geen aanvullende maatregelen nodig heeft voor dat ambitieniveau;
- 2006 – nu: Deze woningen voldoen feitelijk al aan de ambitieniveaus van 70 en 50 kWh/m², waardoor deze geen aanvullende maatregelen nodig heeft voor deze ambitieniveaus;

Uit tabel 2.1 blijkt dat de warmtevraag van de grondgebonden woningen (vrijstaand, 2-1 kap en rij) per bouwperiode gemiddeld 10 tot 16 kWh/m² verschilt. De warmtevraag bij gestapelde woningen (galerij, portiek en maisonnette) per bouwperiode verschilt gemiddeld 1 tot 6 kWh/m². Vanwege het kleine verschil in de warmtevraag voor de gestapelde woningen, worden deze samengevoegd in het CEGOIA model. Om tot maatregelenpakketten te komen om de opgestelde warmtevraag niveaus te halen worden de volgende vier woningtypen gehanteerd voor CEGOIA:

- Vrijstaande woningen;
- 2 onder 1 kap;
- Rij;
- Gestapelde woningen;

De bijbehorende warmtevraag van de vier woningtypen en vier bouwjaren zijn weergegeven in Tabel 2.2. Dit kan gezien worden als de huidige theoretische warmtevraag per woning voor het CEGOIA model.

Tabel 2.2 – Huidige warmtevraag voor de woningtypes en bijbehorende bouwperiodes voor CEGOIA, in kWh per vierkante meter gebruiksoppervlak

	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – nu
Vrijstaande woningen	127	113	85	71
2 onder 1 kap	110	102	73	52
Rij	114	95	61	43
Gestapelde woningen	109	90	63	42

4 Maatregelenpakketten

Dit hoofdstuk geeft weer hoe de warmtevraag van de referentiewoningen uit paragraaf 2.2 aangepast kan worden naar de opgestelde niveaus. Hiervoor zijn er per bouwperiode de meest praktische maatregelenpakketten samengesteld.

4.1 Huidige energetische kenmerken

Tabel 3.1 geeft weer wat de huidige bouwkundige en installatietechnische kwaliteit zijn van de referentiewoningen met de bijbehorende isolatiewaarden. Dit betreft nadrukkelijk een gemiddeld conform RVO. In de praktijk zal er veel verschil zijn tussen woningen, afhankelijk van de maatregelen die al getroffen zijn.

Tabel 3.1 – Huidige bouwkundige aspecten van de referentiewoningen

Huidige bouwkundige aspecten				
Bouw periode	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – nu
Gevel [m ² K/W]	Zeer matig geïsoleerd Rc = 0,36	Matig geïsoleerd Rc = 0,3 – 1,3	Redelijk geïsoleerd Rc ≥ 2,5	Goed geïsoleerd Rc ≥ 3,5
Dak [m ² K/W]	Zeer matig geïsoleerd Rc = 0,39	Matig geïsoleerd Rc = 0,17 – 1,3		
Vloer [m ² K/W]	Zeer matig geïsoleerd Rc = 0,32	Matig geïsoleerd Rc = 0,17 – 1,3		
Ramen [W/m ² K]	Enkel en dubbel U = 5,2 – 2,9	Enkel en dubbel U = 5,2 – 2,9	Dubbel of HR++ U = 2,9 – 1,8	HR++ glas U = 1,8
Luchtdicht- heid [dm ³ /s*m ²]	Matige kierdichting Q _{v10} = 2,0	Matige kierdichting Q _{v10} = 2,0	Redelijke kierdichting Q _{v10} = 1,0	Goede kierdichting Q _{v10} = 0,6
Ventilatie- systeem	Natuurlijk	Natuurlijk	Natuurlijk of mechanisch	Mechanisch of wtw gebalanceerd
Afgifte- systeem	HT-radiatoren	HT-radiatoren	HT-radiatoren	HT of LT radiatoren

Uit tabel 2.2 blijkt dat vrijstaande woningen een grotere warmtevraag hebben dan de andere type woningen. Dit komt door het feit dat vrijstaande woningen een groter verlies/woonoppervlak heeft dan de andere woningen. Volgens tabel 3.1 zijn de energetische waarde van de schil dezelfde als die van andere woningtypen. De vrijstaande woningen uit de bouwperiode '1992 – 2005' en '2006 – nu' zijn al redelijk tot goed geïsoleerde woningen. Een aanpassing aan de isolatie van deze woningen om aan de gestelde ambitieniveaus te doen zal om die reden vrij onlogisch zijn. Daarnaast zal in de praktijk blijken dat een groot deel van deze woningen wel aan de gestelde ambitieniveaus kan voldoen. Voor de enkele woningen in deze bouwperiode die wel een hogere warmtevraag heeft dan de ambitieniveau, wordt er aangeraden om extra radiatoren te plaatsen om voldoende warmte af te geven.

4.2 MT-niveau 70 kWh/m²

Het doel van dit pakket is om woningen aan te kunnen sluiten op een warmtebron met een midden aanvoer temperatuur, ± 70°C. Dit maatregelenpakket is de eenvoudigste manier om de woningen dusdanig te isoleren zodat de warmtevraag zal dalen. Met dit isolatieniveau kunnen woningen momenteel niet worden

aangesloten op een warmtepomp. Tabel 3.2 geeft weer welke bouwkundige en installatietechnische maatregelen er getroffen moeten worden voor de woningtypes en bouwperiode.

Tabel 3.2 – Maatregelpakketten voor woningen om tot MT-niveau te komen (70 kWh/m²)

Bouwkundige verbeteringen voor MT-niveau				
Bouw periode	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – nu
Gevel [m ² K/W]	Handhaven	Spouwisolatie Rc ≥ 2	Handhaven	Handhaven
Dak [m ² K/W]	Isolatie (binnen of buiten) Rc ≥ 5	Isolatie (binnen of buiten) Rc ≥ 5	Handhaven	Handhaven
Vloer [m ² K/W]	Kruipruimte isolatie Rc ≥ 2	Kruipruimte isolatie Rc ≥ 2	Handhaven	Handhaven
Ramen [W/m ² K]	Glas vervangen door HR++ U ≤ 1,8	Enkelglas vervangen door HR++ U ≤ 1,8	Handhaven	Handhaven
Luchtdichtheid [dm ³ /s*m ²]	Kierdichting verbeteren Q _{v10} ≤ 1,0	Kierdichting verbeteren Q _{v10} ≤ 1,0	Handhaven	Handhaven
Ventilatiesysteem	Handhaven	Handhaven	Handhaven	Handhaven
Afgiftesysteem	Handhaven	Handhaven	Handhaven ¹	Handhaven

Voor de vooroorlogse woningen zijn isolatieverbeteringen nodig aan de daken, ramen, vloeren en kierdichtingen. Deze woningen bevatten meestal geen spouwmuren waardoor spouwisolatie geen oplossing is. Een voorzetwand zal, naast dat het een intensieve maatregel is, de woonoppervlakte ook reduceren. Om de transmissieverliezen te verminderen door de gevel zal al het glas moeten worden vervangen.

De woningen gebouwd tussen 1946 en 1991 hebben isolatiemaatregelen nodig aan de daken, gevels, vloeren en kierdichting. Deze woningen bevatten meestal een spouwmuur, waardoor het mogelijk is om spouwisolatie toe te passen. Daarnaast zal er ook isolatiemateriaal worden toegevoegd aan de kruipruimte om de vloer energetisch te verbeteren. De gehele schil van deze woningen worden verbeterd, waardoor alleen het enkel glas, als het nog aanwezig is, moet worden vervangen door HR++ glas.

De woningen na 1992 voldoen al aan de ambitieniveau en daarvoor zijn geen isolatieverbeteringen van toepassing.

4.3 LT-niveau + NOM-ready 50 kWh/m²

Het doel van dit pakket is om woningen aan te kunnen sluiten op een warmtebron met een lage aanvoer temperatuur, ≤ 55°C. Dit maatregelpakket kan gezien worden als de meest toegankelijke vorm van isolatie, omdat deze investeringen zullen leiden tot grote daling in het warmteverbruik. Tabel 3.3 geeft weer welke bouwkundige en installatietechnische maatregelen er getroffen moeten worden voor de woningtypes en bouwperiode.

¹ Voor vrijstaande woningen zullen extra radiatoren geplaatst moeten worden.

Tabel 3.3 – Maatregelpakketten voor woningen om tot LT niveau te komen en NOM-ready zijn (50 kWh/m²)

Bouwkundige verbeteringen voor LT-niveau + NOM-ready				
Bouw periode	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – nu
Gevel [m ² K/W]	Voorzetwand Rc ≥ 3,5	Spouwisolatie Rc ≥ 2,0	Handhaven	Handhaven
Dak [m ² K/W]	Isolatie (binnen of buiten) Rc ≥ 6			Handhaven
Vloer [m ² K/W]	Kruipruimte isolatie Rc ≥ 3,5	Kruipruimte isolatie Rc ≥ 3,5	Handhaven	Handhaven
Ramen [W/m ² K]	Glas vervangen door HR++ U ≤ 1,8			Handhaven
Luchtdichtheid [dm ³ /s*m ²]	Kierdichting verbeteren Q _{v10} ≤ 0,6			Handhaven
Ventilatiesysteem	Mechanische ventilatie met gevelroosters (CO ₂ gestuurd) ²			Handhaven
Afgiftesysteem A	Extra HT radiatoren plaatsen		Extra HT radiatoren plaatsen	Handhaven
Afgiftesysteem B	HT radiatoren vervangen door LT convectoren			Handhaven of HT radiatoren vervangen

De schil van de vooroorlogse woningen en de woningen uit de bouwperiode 1946 – 1991 worden op energetisch vlak zeer verbeterd. De binnenzijde van de muren van de gevel van de vooroorlogse woningen worden voorzien van een nieuwe voorzetwand met een dikte van 80 mm. De spouw van de woningen na 1946 worden gevuld met spouwisolatie.

Voor alle woningen tot en met de bouwperiode van 2005 zal de isolatie aan de daken, vloeren en de kierdichting nog betere isolerende waarden hebben dan bij het vorige ambitiepakket. Een andere maatregel voor deze woningen is de toepassing van mechanische ventilatie met CO₂ gestuurde gevelroosters.

De woningen na 2005 voldoen al aan de ambitieniveau en daarvoor zijn geen isolatieverbeteringen van toepassing.

Het afgiftesysteem zal voor de bouwjaren tot en met 2005 moeten worden aangepast. Dit ambitieniveau is een kritisch punt waarbij huidige HT radiatoren naar waarschijnlijkheid de warmtevraag niet kunnen leveren. De afgiftesysteem kan, zoals te zien is in tabel 3.3, door twee manieren worden aangepast:

- Afgiftesysteem A, het plaatsen van extra radiatoren, zodat er met een lage aanvoer temperatuur nog steeds voldoende warmte afgestaan kan worden;
- Afgiftesysteem B, het vervangen van alle HT radiatoren door LT convectoren, met het voordeel dat er tevens eventueel koeling geleverd kan worden;

4.4 LT-niveau + nieuwbouw 30 kWh/m²

Het doel van dit pakket is om woningen aan te kunnen sluiten op een warmtebron met een lage aanvoer temperatuur (≤ 55°C) en de woningen dusdanig te isoleren, zodat bijna geen warmtevraag meer is. Dit

² Bij sommige woningen uit de bouwperiode 1992 – 2005 is dit al gehanteerd en zal deze maatregel niet van toepassing zijn.

maatregelpakket kan gezien worden als een zeer ingrijpende vorm van isolatie die vergelijkbaar is met de schil van nieuwbouwwoningen. Ondanks de zware maatregelen kan het voorkomen dat dit niveau in de praktijk niet altijd haalbaar is. Tabel 3.4 geeft weer welke bouwkundige en installatietechnische maatregelen er getroffen moeten worden voor de woningtypes en bouwperiode.

Tabel 3.4 – Maatregelpakketten voor woningen om tot LT en nieuwbouw niveau te komen (30 kWh/m²)

Bouwkundige verbeteringen voor LT-niveau + nieuwbouw niveau				
Bouw periode	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – nu
Gevel [m ² K/W]	Voorzetwand Rc ≥ 4,5	Nieuwe geïsoleerde geveldelen Rc ≥ 4,5	Handhaven	Handhaven
Dak [m ² K/W]	Isolatie (binnen of buiten) Rc ≥ 8,0			Handhaven
Vloer [m ² K/W]	Kruipruimte isolatie Rc ≥ 3,5	Kruipruimte isolatie Rc ≥ 3,5	Handhaven	Handhaven
Ramen [W/m ² K]	Triple glas in nieuwe kozijnen U ≤ 1,0	Triple glas in nieuwe kozijnen U ≤ 1,0	Triple glas in bestaande kozijnen U ≤ 1,3	Handhaven
Luchtdichtheid [dm ³ /s*m ²]	Kierdichting verbeteren Q _{v10} ≤ 0,6			Handhaven
Ventilatie-systeem	Balans-ventilatie met wtw			Balansventilatie met wtw ³
Afgifte-systeem A	Handhaven			Handhaven ⁴
Afgifte-systeem B	HT radiatoren vervangen door LT convectoren			Handhaven of HT radiatoren vervangen

In de vooroorlogse woningen zal er een dikkere voorzetwand (100mm) geplaatst worden dan bij het vorige ambitieniveau. Zo zullen deze woningen de karakteristieke gevels behouden. De ramen zullen inclusief de kozijnen worden vervangen door tripel glas met nieuwe kozijnen. De isolatiewaarde van de daken zullen nog hoger zijn en ook de kierdichting wordt optimaal verbeterd.

De naoorlogse woningen (1946 – 1991) worden voorzien van nieuwe geveldelen, zodat het woonoppervlak gehandhaafd blijft. De overige isolatiemaatregelen zijn dezelfde als die van de vooroorlogse oorlog. Een extra toevoeging is de hoge isolatie voor de kruipruimte.

De woningen uit 1992 – 2005 zal er niks gedaan worden aan de gevel en kruipruimte, omdat de verbetering naar een iets hogere isolatiewaarde te weinig impact hebben op de totale beperking van de warmtevraag. Wel zal er dakisolatie worden toegepast. Voor de woningen die gebouwd zijn na 2005 zal er geen sprake zijn van verbeteringen van de schil.

Er worden in alle woningen een balansventilatie geplaatst met een warmteterugwinning unit. Als er geen koeling wordt toegepast (afgiftesysteem A) moet er alleen voor de vrijstaande woningen extra HT radiatoren geplaatst te worden. Voor alle andere woningen zijn er voldoende radiatoren aanwezig om te

³ Bij sommige woningen uit de bouwperiode 2006 – nu is dit al gehanteerd en zal deze maatregel niet van toepassing zijn.

⁴ Voor vrijstaande woningen zullen extra radiatoren geplaatst moeten worden.

voldoen aan de warmtevraag met een lage temperatuur aanvoer. Als er wel koeling wordt toegepast (afgiftesysteem B) zullen alle radiatoren vervangen worden door LT convectoren.

4.5 Koeling

Door een gebouw beter te isoleren zal de vraag naar koeling in de zomer toenemen. Bij het eerste ambitieniveau, 70 kWh/m², zal dit nog niet zo aan de orde zijn. Bij het tweede ambitieniveau, 50 kWh/m², zal koeling al iets meer aan der order komen. De ene bewoner zou wel koelingsmaatregelen toepassen en de ander niet. Voor het laatste ambitieniveau, 30 kWh/m², kunnen koelingsmaatregelen wel een serieus aandachtspunt worden. Dit hangt van meerdere factoren af in de praktijk, zoals de eigendom van de woning en de oriëntatie van de woning. Maatregelen voor koeling is om die reden niet één op één te koppelen aan de bovenstaande niveaus. De onderstaande maatregelen zouden het meest van toepassing zijn.

1. Passief koelen met zonwering: Door de plaatsing van zonwering bij de ramen zal de toename aan warmte door zonnestraling afnemen. Hiervoor kan gedacht worden aan zonneschermen, rolluiken en markiezen aan de gevel. De kosten variëren van €150,- tot €400,- de strekkende meter;
2. Actief koelen met een koudebron en LT convectoren: Met deze vorm wordt er koude door het afgiftesysteem geleverd, waardoor woningen behaaglijk aan zullen voelen. Hiervoor is een koude bron noodzakelijk en moeten LT convectoren of wand/vloerverwarming nodig zijn als afgiftesysteem. De kosten van een koude-bron hangt af van de gebruikte techniek, zoals een warmtepomptype of WKO. De investeringskosten voor de afgifte van actieve koeling kan variëren van 0 (als er in de woningen al convectoren of wand/vloerverwarming aanwezig is) tot €3.000,- per woning. De investeringskosten voor een airco zijn rond de €2.500,- per woning.

5 Kostenraming

De kostenraming voor de maatregelpakketten bestaat uit de investerings- en installatiekosten voor het materiaal. De gehanteerde kosten zijn uitgedrukt in euro per vierkante meter oppervlak benodigd van het materiaal. Deze kosten zijn weergegeven in Bijlage 1 en zijn kengetallen die gebaseerd zijn op actuele praktijkvoorbeelden. De kosten voor de koelingsmaatregelen zijn niet meegenomen in deze studie.

De kosten voor de vloeren en de daken van de gestapelde gebouwen hangt af van het aantal woningen op de begane grond en de bovenste verdieping, omdat alleen voor deze woningen bepaalde isolatiemaatregelen gelden. Het is onbekend in het rapport 'Voorbeeldwoningen Bestaande bouw, 2011' uit hoofdstuk 3.1 hoeveel woningen er op deze verdieping aanwezig zijn en uit hoeveel woningen een complex bestaat. Om de vloer- en dakoppervlakte te bepalen van het woningtype 'Gestapelde woningen' wordt de referentie galerijcomplex van het RVO om een EPC berekening uit te voeren gehanteerd. Hierin is vermeld dat een referentiecomplex bestaat uit 5 bouwlagen, met 8 woningen per laag. De kosten per woning voor de daken en vloeren zijn de isolatiemaatregelen voor deze onderdelen aan het gebouw, verdeeld over het aantal woningen in het complex.

Voor de kosten van de installaties is er onderscheid gemaakt tussen vrijstaande woning en de andere woningtypen. Vanwege de grotere woonoppervlaktes van vrijstaande zullen de installaties ook een groter vermogen nodig hebben.

De kosten voor het aanpassen van de referentiewoningen naar de drie niveaus zijn geraamd en gedeeld door de bijbehorende gebruiksoppervlakte. Hierboven op komen nog 20% staartkosten. Dit alles geeft een indicatie van de kosten voor een isolatieniveau van een woningtype uit een bepaald bouwjaar. Deze kosten kunnen gebruikt worden voor CEGOIA. De uitkomsten zijn te vinden in de tabellen 4.2 t/m 4.4. De tabellen 4.3 en 4.4 geven een bandbreedte weer, waarin het laagste kostengetal de toepassing is van HT radiatoren en het hoogste kostengetal de toepassing is van LT convectoren.

Tabel 4.2 – Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen naar MT-niveau (70 kWh/m²)

	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – huidig
Vrijstaande woningen	172	150	10	-
2 onder 1 kap	111	107	-	-
Rij	114	103	-	-
Gestapelde woningen	96	62	-	-

Tabel 4.3 – Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen naar LT-niveau + NOM ready (50 kWh/m²)

	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – huidig
Vrijstaande woningen	343 – 372	249 – 278	160 – 191	10 – 42
2 onder 1 kap	243 – 311	173 – 206	145 – 178	10 – 42
Rij	221 – 283	162 – 203	120 – 152	11 – 42
Gestapelde woningen	202 – 320	138 – 164	108 – 135	15 – 42

Tabel 4.4 – Investeringskosten in €/m² voor isolatiemaatregelen naar LT-niveau + nieuwbouw (30 kWh/m²)

	Tm 1945	1946 – 1991	1992 – 2005	2006 – huidig
Vrijstaande woningen	482 – 524	590 – 632	296 – 338	49 – 80
2 onder 1 kap	311 – 353	430 – 472	279 – 321	29 – 71
Rij	283 – 325	358 – 400	231 – 273	32 – 74
Gestapelde woningen	320 – 362	350 – 392	223 – 265	46 – 88

Bijlage 1: Kostenoverzicht

Tabel A.1 – Investeringskosten voor isolatie en installatietechnische maatregelen

Bouwkundig (excl. BTW)					
	Dikte	Rc-waarde	U-waarde	Investering*	
	[mm]	[m2K/W]	[W/m2K]	[€/m2]	
Spouwmuurisolatie	70	2,0		25	
Binnenisolatie (voorzetwand incl. afwerking, etc.)	80	3,5		80	
	100	5,0		90	
Buitengevelisolatie (incl. afwerking, steenstrips, etc.)	150	4,5		185	
	250	8,0		200	
Dakisolatie schuin dak (binnenzijde, incl. afwerking)	200	5,0		70	
	250	6,0		80	
	320	8,0		90	
Dakisolatie schuin dak (buitenzijde, incl. afwerking)	200	5,0		70	
	250	6,0		80	
	320	8,0		90	
Dakisolatie plat dak (buitenzijde, incl. doorvoeren, vervangen dakopstanden en bitumen dakbedekking)		5,0		100	
		8,0		110	
Kruipruimte-isolatie	140	3,5		40	
HR++ glas in bestaande (houten) kozijnen			1,65	160	
Triple glas in nieuwe kozijnen			1,0	580	
Kierdichting				10	
Installaties (excl. BTW)					
Mechanische ventilatie CO2-gestuurd (excl. bouwkundige afwerking)				1200	€/woning
				2250	€/vrijstaand
Balansventilatie met wtw (excl. bouwkundige afwerking)				3000	€/woning
				5500	€/vrijstaand
Extra/vergroten radiatoroppervlak				1000	€/woning
				1500	€/vrijstaand
LT verwarming				35	€/m2