

TNO-rapport**Validatie Vesta MAIS model schilisolatie
Woningen**

Datum	22 juli 2019
Auteur(s)	Vera Rovers, Casper Tigchelaar
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	27 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	
Projectnaam	Validatie Vesta Energiebesparing
Projectnummer	060.39468

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.

© 2019 TNO

Inhoudsopgave

Bijlage(n)

- A Overzicht commentaar en verwerking
- B Input kostenkennallen naar Rc2,5

1 Inleiding

Aan iedere Nederlandse gemeente is gevraagd om uiterlijk in 2021 een transitievisie warmte op te stellen voor de gebouwde omgeving en deze vervolgens uit te werken naar uitvoeringsplannen voor wijken. Om gemeenten hierbij te ondersteunen ontwikkelt het Expertisecentrum Warmte (in oprichting) van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) de Leidraad Transitievisie Warmte. Eén van de onderdelen van deze Leidraad is de Startanalyse, een technisch-economische evaluatie van verschillende warmte-strategieën voor elke buurt in Nederland. Deze Startanalyse maakt gebruik van het Vesta MAIS model, ontwikkeld door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Ter voorbereiding op deze Startanalyse is het Vesta MAIS model gevalideerd. Dit houdt in dat de rekenregels en kentallen van het model extern zijn getoetst. Eén van de elementen waar nader naar gekeken is, is de validatie van de kentallen voor de bespaarde energie en kosten van schilisolatie van woningen en utiliteitsgebouwen. Voor deze validatie heeft ECN part of TNO diverse bronnen geraadpleegd en vergeleken met de kentallen en uitkomsten van Vesta. Dit document beschrijft de kentallen en berekeningen zoals deze nu gehanteerd worden in Vesta (2.1) en geeft een toelichting op databronnen die gebruikt zijn voor de validatie (2.2).

Op 16 april 2019 heeft RVO een sessie georganiseerd waarbij deelnemers een reactie konden geven op deze kentallen en vergelijkingen. Het commentaar dat naar aanleiding van deze sessie is ontvangen is weergegeven in Bijlage A. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens weer hoe ECN part of TNO en het PBL het commentaar hebben verwerkt en de kentallen verder hebben verbeterd.

2 Stand van zaken voor de validatiesessie

2.1 Oorsprong Vesta MAIS input schilmaatregelen woningen

2.1.1 Kenmerken woningen

De geometrie per woningtype en de kentallen voor energiebesparing in het Vesta MAIS model zijn voor een groot deel tot stand gekomen met behulp van de Voorbeeldwoningen 2011¹. In de studie Voorbeeldwoningen 2011 is een pakket aan energiebesparende maatregelen opgenomen wat gelijk staat aan een verbetering van het isolatieniveau van de gehele schil naar Rc2,5². Deze wordt ook aangeduid met schillabel B. Dit besparingspakket is overgenomen in Vesta MAIS voor verschillende combinaties van woningtypes en bouwperiodes. De overige labelstappen in Vesta MAIS (tussenstap en schillabel A+) zijn op basis van andere bronnen afgeleid van deze Rc verbetering.

2.1.1.1 Berekening bespaarde energie

Het energiegebruik en de berekening voor het pakket aan energiebesparende maatregelen naar Rc2,5 in Voorbeeldwoningen 2011 zijn gebaseerd op de statistische analyses van het werkelijke energiegebruik van woningen. De metervraag van woningen in het startjaar wordt gebaseerd op de gerealiseerde energieverbruiken per type woning en bouwjaarklasse gemiddeld over de respondenten uit WoonOnderzoek Nederland (WoON) 2012.³ Deze is weergegeven in Figuur 1. Het energiegebruik na besparing is het gemiddelde verbruik van eenzelfde type woning uit het praktijkonderzoek wat dezelfde isolatiewaarde heeft als de isolatiewaarde van het besparingspakket. De uitkomsten zijn geschaald met een factor 0,78, zodat het totaal gasverbruik van de woningen overeenkomt met het totaalverbruik in de Nationale Energieverkenning 2017⁴. Daarnaast houdt Vesta rekening met het klimaat/weer per regio via regionale graaddagencorrecties.

De labelstap naar A+ komt overeen met een isolatiewaarde van Rc5 in het Vesta MAIS⁵ en komt tot stand op basis van extra isolatie van een woning van Rc2,5. Hierbij is aangenomen dat het energiegebruik 60% is van het energiegebruik ten opzichte van Rc2,5. Ook zijn tussenstappen bekeken om van de huidige Rc waarde naar een Rc-waarde te gaan dat tussen de huidige Rc-waarde zit en een Rc-waarde van Rc2,5.⁶ Het energiegebruik is afgeleid uit het werkelijke energiegebruik van de WoON2012 enquête van het label van de tussenstap.

¹ Agentschap NL (2011). Voorbeeldwoningen 2011: Onderzoeksverantwoording

² D warmte weerstand wordt uitgedrukt in een Rc-waarde.

³ Wijngaart, R. van den et al (2017). Het VESTA MAIS ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving, algemene beschrijving, Achtergrondstudie, [https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-het-Vesta MAIS-mais-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving_3181.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-het-Vesta%20MAIS-mais-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving_3181.pdf)

⁴ Schoots, K. et al (2017) Nationale energieverkenning 2017, ECN/PBL oktober 2017

⁵ CE Delft (2013). Vesta MAIS 2.0: Uitbreidingen en dataverificaties. Delft, 13.3440.45

⁶ Wijngaart, R. van den et al (2017). Het VESTA MAIS ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving, algemene beschrijving, Achtergrondstudie, [https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-het-Vesta MAIS-mais-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving_3181.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-het-Vesta%20MAIS-mais-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving_3181.pdf)

2.1.1.2 *Kosten*

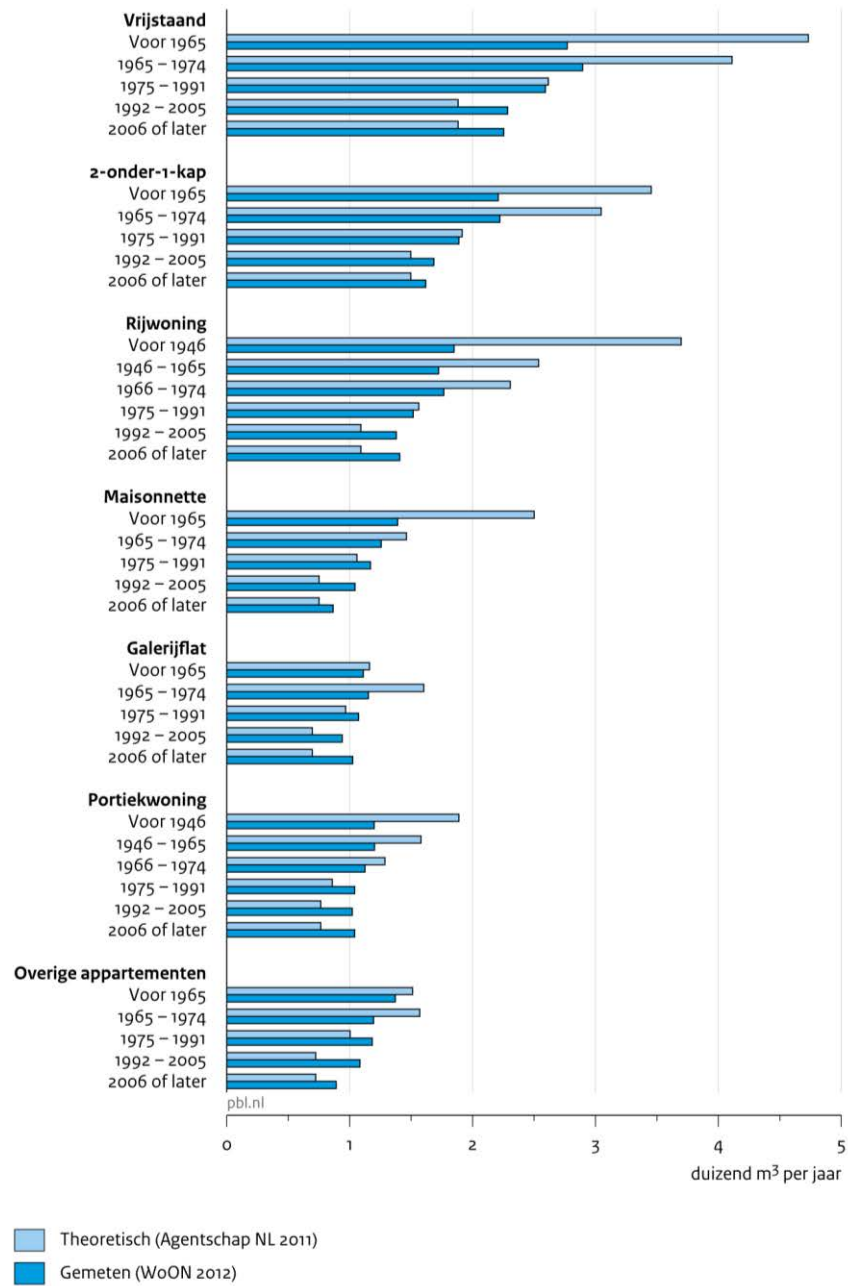
De kosten voor de schilsprong naar Rc2,5 komen van Agentschap NL (2011)⁷ en Agentschap NL (2012)⁸ en zijn onderverdeeld in individuele (particuliere) en collectieve (projectmatige) aanpassingen. De kosten om te komen tot een pakket van energiebesparende maatregelen met Rc5 zijn afkomstig van CE Delft (2013)⁹ (op basis van de EPA-maatregellijst 2012). De kentallen voor de kosten van de tussenstappen komen, evenals de kentallen voor energiebesparing, uit de Energiebesparingsverkenner van RVO¹⁰.

⁷ Agentschap NL (2011). Voorbeeldwoningen 2011: Onderzoeksverantwoording

⁸ Agentschap NL (2012). Investeringskosten energiebesparende maatregelen Bestaande woningbouw 2012

⁹ CE Delft (2013). Vesta MAIS 2.0: Uitbreidingen en dataverificaties. Delft, 13.3440.45

¹⁰ <https://energiebesparingsverkenner.rvo.nl/>



Bron: Agentschap NL 2011; WoON 2012, PBL 2013

Figuur 1 Aardgasgebruik van woningen naar woningtype en bouwperiode als uitgangspunt van het startjaar in het Vesta MAIS model voor de correctiefactor van het nationaal energiegebruik. (Wijngaart, R. van den et al (2017))

2.2 Inventarisatie databronnen gebruikt voor validatie schilmaatregelen woningbouw

Om de energiebesparingskentallen van het Vesta MAIS model te valideren zijn andere bronnen en studies geïnventariseerd die de energiebesparing en/of kosten van labelsprongen in kaart brengen. Vervolgens is achterhaald wat de oorsprong van deze cijfers is en hoe bruikbaar de bron is als vergelijkingsmateriaal voor het Vesta MAIS model. In de onderstaande tabel (Tabel 1) staat een overzicht van de geïnventariseerde bronnen voor woningen. Een deel van de bronnen zijn ook daadwerkelijk gebruikt om met Vesta MAIS te vergelijken en zijn onder de tabel kort toegelicht.

Tabel 1 Overzicht van bronnen en studies voor woningen ter vergelijking met het Vesta MAIS model. (Nb Cijfers van Milieucentraal (verbeterwuis.nl), Nieman11 en Ecofys12 zijn gebaseerd op zelfde kentallen als bronnen in dit schema en zijn daarom niet apart geanalyseerd).

	Gebouw-dimensies	Rc waarden	Energiegebruik	Kosten	Bruikbaarheid
Vesta MAIS model	Voorbeeldwoningen 2011	Voorbeeldwoningen 2011	Rc2,5: Praktijk WoON2012 Rc5: 60% van Rc2,5 (evenredig) Tussenstap: EBVW	Rc2,5: Agentschap NL, 2012 Rc5: CE Delft, 2012 Tussenstap: EBVW	Kentallen ter validatie
Variatietool	4.800 representatieve woningen WoON (2012)	4.800 representatieve woningen WoON (2012)	Praktijk (WoON 2012 - Energiemodule) *ISSO 82.3, geschaald naar praktijkverbruik (corr. Binnentemp.)	RVO/Arcadis (2018)	Alle woningtypen aanwezig (MG: geen onderscheid hoog/laag) Alleen naar Rc2,5
Energiebesparings-verkenner	Voorbeeldwoningen (2011)	Aangepast: Voorbeeldwoningen (2011)	Theoretisch (NEN 7120)	RVO/Arcadis (2018)	Woningtypen komen overeen Alleen naar Rc2,5
Maandlastenmodel	Twee woningen uit voorraad Aedes	Twee woningen uit voorraad Aedes	Praktijk (Aedes)	Atriensis	1 woningtype Rc2,5 1 woningtype Rc5
Data gemeente Utrecht	14 referentiewoningen Overvecht-Noord (Utrecht)	14 referentiewoningen Overvecht-Noord (Utrecht)	Theoretisch (gebaseerd op EPA methode)	Praktijk (eigen ervaring)	4 woningtypen Rc2,5
Tabula	SHAERE	SHAERE monitor 2010-2013	Theoretisch (EN ISO 13790)	-	Woningtypen komen overeen (MG deels) Alleen naar Rc5 Geen kosten
EIB ¹³					Data niet specifiek genoeg
CE Delft (Cegoia Limburg) ¹⁴					Data niet specifiek genoeg
PBL Drechtsteden ¹⁵					Data niet specifiek genoeg in rapportage

¹¹ Nieman (2018). Verkenning Tool Aardgasvrije Bestaande woningen. TSE1701058

¹² Ecofys (2015). De systeemkosten van warmte voor woningen. Eindrapport.

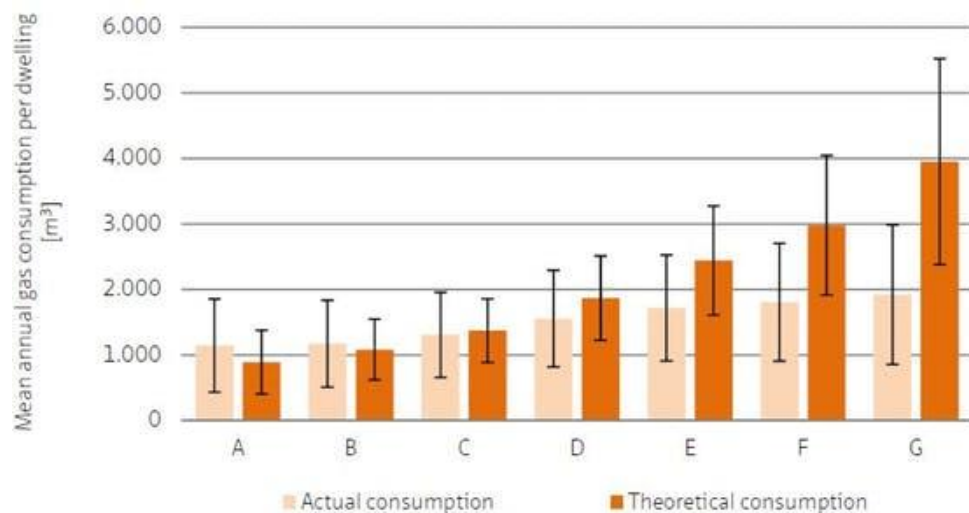
¹³ EIB (2018). Klimaatbeleid en de gebouwde omgeving – Van ambities naar resultaten.

¹⁴ CE Delft (2018). CEGOIA Limburg – Analyse van een aardgasvrije gebouwde omgeving

¹⁵ PBL (2018). Technisch en economisch potentieel voor een aardgasvrije gebouwde omgeving in de regio Drechtsteden - Verkenning met het Vesta MAIS ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving.

2.2.1 Variatietool ECN part of TNO

In het Woon Onderzoek Nederland (WoON) (2012) is een energiemodule opgenomen die concrete praktijkinformatie biedt voor 4.800 woningen die representatief zijn voor Nederland. Op basis van deze informatie en aanvullende aannames heeft DGMR Bouw BV de Energie-index (EI) en het energielabel van deze gebouwen berekend met het rekenmodel (TRM 5.0, o.b.v. de EPA methode) van Agentschap NL. Het is echter bekend dat er een verschil bestaat tussen het berekende energiegebruik en het werkelijke energiegebruik (zie Figuur 2) en studies hebben aangetoond dat dit (hoofdzakelijk) komt door verschillen in de aannames van de binnentemperatuur. In de berekende gebouwen en de daarvan afgeleide besparingen van DGMR zijn daarom de binnentemperaturen zodanig aangepast (per woningtype) dat het energiegebruik weer overeenkomt met het werkelijke gebruik per woning in 2010 zoals bekend uit de WoON (2012) studie.



Figuur 2 Verskil tussen werkelijk en theoretisch verbruik bij verschillende labels (Majcen 2016)¹⁶

Daarnaast heeft DGMR een aantal energiebesparende varianten doorberekend. ECN part of TNO heeft voor elk van de varianten de kosten bepaald met behulp van kostenkennallen uit 2018 van Arcadis¹⁷. In deze kosten wordt onderscheid gemaakt naar kosten voor een op zichzelf staande uitvoering van de maatregel(en), kosten voor een uitvoering van de maatregel(en) op een natuurlijk vervangmoment. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen een projectmatige uitvoering (alle meergezinswoningen en eengezinswoningen sociale huur) of een individuele uitvoering (particuliere huur of eigendom).

2.2.1.1 Vergelijking

Voor de vergelijking met Vesta MAIS zijn de 4.800 representatieve woningen ingedeeld naar de woningtypes en bouwjaarclassen zoals ze in Vesta MAIS worden gebruikt. De werkelijke energielabels die volgens de Variatietool bij deze woningcategorieën horen wijken af van de labels die Vesta MAIS aanhoudt als uitgangssituatie. Zeker voor oudere woningen is het gemiddelde label van een

¹⁶ Majcen, D. (2016), Predicting energy consumption and savings in the housing stock, A performance gap analysis in the Netherlands, Proefschrift TU-Delft

¹⁷ Arcadis, Investeringskosten EPA woningbouw 2018

woning in de Variatietool beter dan wat in Vesta MAIS gehanteerd wordt. Er zijn daarom twee vergelijkingen met de Variatietool gemaakt:

- De energiebesparingen en investeringskosten voor een sprong naar Rc2,5 vanaf het gemiddelde label dat uit de Variatietool komt voor een woningcategorie;
- De energiebesparingen en investeringskosten voor een sprong naar Rc2,5 vanaf het label dat Vesta MAIS hanteert voor een woningcategorie.

Het vloeroppervlak dat voor de woningen in de Variatietool wordt gehanteerd is hoger dan in Vesta MAIS. Om de kentallen goed te kunnen vergelijken is daarom voor de besparing gerekend met het vloeroppervlak in Vesta MAIS.

Bij het bovenstaande is echter genegeerd dat het Vesta MAIS model de beschikking heeft over het gecertificeerde energielabel van iedere woning die een gecertificeerd energielabel heeft. Een groot deel van de woningen met een gecertificeerd energielabel heeft ook energiemaatregelen genomen en zal daarom in het Vesta MAIS model al een beter label hebben dan hierboven gesuggereerd. Dit geldt zeker voor de oudere woningen zodat onzeker is of en in welke mate het gemiddelde label in de Variatietool hoger/beter is dan in Vesta MAIS gehanteerd.

2.2.2 *Energiebesparingsverkenner*

De Energiebesparingsverkenner Woningen (EBVW) is een tool ontwikkeld door RVO voor professionals om besparingsmogelijkheden voor woningen door te rekenen¹⁸. De gebouwtypes zijn gebaseerd op de Voorbeeldwoningen 2011¹⁹. Door voortschrijdend inzicht zijn er wel aanpassingen gedaan in de enkele Rc-waardes binnen de EBVW ten opzichte van de waarden in Voorbeeldwoningen 2011. De energiebehoefte voor verwarming (Bijna Energie Neutraal Gebouw (BENG) 1) wordt berekend volgens de EPA-maatwerkmethode.^{20 21}

De investeringskosten zijn gebaseerd op de RVO kostenkengetallen²². Deze worden jaarlijks geactualiseerd (door Arcadis) en zijn gebaseerd op prijzen van leveranciers, bestaande normen en de input van diverse marktpartijen.

2.2.2.1 *Vergelijking*

De cijfers ter vergelijking met het Vesta MAIS model zijn verkregen door de Energiebesparingsverkenner²³ (Reguliere verkenner, één Woning) in te vullen voor alle woningtypes in Vesta MAIS. Hier zijn de volgende aannames voor gebruikt:

- Huishouden van 3 personen
- Voor het besparingspakket is de optie 'Advies verbeteren energielabel' gebruikt, Label B, het criterium 'hoogste financiële rendement', 'Geen PV' en 'Aardgasvrij niet per se'.
- De EBVW hanteert meer bouwjaarklassen. Voor de Vesta MAIS bouwjaarklasse 1975-1991 is in de EBVW de periode 1983-1987 gebruikt.

¹⁸ RVO (2018). Energiebesparingsverkenner voor woningen (regulier en hoge ambities): Achtergronddocument

¹⁹ Agentschap NL (2011). Voorbeeldwoningen 2011: Onderzoeksverantwoording

²⁰ En niet volgens de NEN7120, zoals in het INNAX rapport staat. Van deze methode is bekend dat deze een overschatting geeft van het werkelijke gebruik.

²¹ INNAX (2018). Energiebesparingsverkenner voor woningen (regulier en hoge ambities) – Achtergronddocument.

²² <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/technieken-beheer-en-innovatie/investeringskosten-energiebesparende-maatregelen>

²³ <https://energiebesparingsverkenner.rvo.nl/Verken/Verkenning>

Voor de Vesta MAIS klasse 1992-2005 is in de EBWW de periode 1992-1999 gebruikt.

- Voor meergezinswoningen is aangenomen dat deze één woonlaag hebben en dat de woning zich niet op de hoek of onder het dak bevindt ('tussen dak-vloer').

In de kosten voor een besparingsoptie zitten soms niet alleen isolatiemaatregelen, maar ook vervanging van installaties. De kosten van deze installaties zijn van het totaal afgetrokken op basis van de kosten zoals vermeld in het achtergronddocument²⁴.

2.2.3 *Maandlastenmodel*

Voor de 4 scenario's in de Aedes routekaart²⁵ heeft eerst Atrivé, en later Atriensis, kentallen verzameld op basis van praktijkonderzoek bij aanbestedingen van woningcorporaties voor twee woningtypen: tussenwoning (1970) en appartement (1970). Uneto-VNI/Techniek Nederland heeft deze kentallen gebruikt voor uitgebreidere berekeningen van de consequenties voor de maandlasten (het 'maandlastenmodel'), wat weer input is voor de 'Startmotor' van het Klimaatakkoord.

2.2.3.1 *Vergelijking*

De kentallen van Atriensis (v19) voor kosten en besparing zijn voor de tussenwoning meegenomen voor sprong naar Rc2,5 en voor het appartement voor een sprong naar Rc5.

2.2.4 *Data gemeente Utrecht*

In opdracht van de gemeente Utrecht heeft het adviesbureau Energiepaleis, samen met EnergieGarant en JMA milieuadviseurs, energiemaatwerkadviezen uitgevoerd voor particuliere woningeigenaren in de wijk Overvecht-Noord. Uit deze adviezen blijkt dat er 14 referentiewoningen kunnen worden onderscheiden. Voor elk woningtype zijn twee besparingsopties bekeken:

- Basispakket: minimale aanpassingen die nodig zijn om aan te kunnen sluiten op een alternatieve energie-infrastructuur (MT-net, LT-net, all-electric);
- Extra pakket: realistisch maximaal haalbare mogelijkheden voor een vergaande energiezuinige woning.

De energiebesparingsberekeningen zijn gebaseerd op de EPA-methode. De kostenkentallen zijn gebaseerd op de eigen praktijk en zijn inclusief materiaal, arbeid, winst, risico en BTW.

2.2.4.1 *Vergelijking*

De getallen voor energiegebruik zijn uitgedrukt in primaire energie en inclusief het energiegebruik voor warm tapwater, ventilatie en koken. Om dit voor een deel te compenseren is aangenomen dat tapwater 10GJ van het totaal verbruikt en dit getal is van het energiegebruik afgetrokken.

²⁴ RVO (2018). Energiebesparingsverkenner voor woningen (regulier en hoge ambities): Achtergronddocument

²⁵ Aedes (2017). De financiële haalbaarheid van een CO₂-neutrale energievoorziening in de corporatiesector.

De kosten voor de twee besparingspakketten bevatten soms ook kosten voor installaties. Op aanvraag heeft Energiepaleis de kosten per pakket aangeleverd exclusief deze installatiekosten.

2.2.5 *Tabula*

Vanuit Intelligent Energy Europe heeft het project 'Typology Approach for Building Stock Energy Assessment' (Tabula) plaatsgevonden. Binnen dit project is voor verschillende Europese landen de gebouwvoorraad geanalyseerd (vanuit Nederland heeft de TU Delft hieraan deelgenomen). Ook is een standaard methode ontwikkeld voor het bepalen van de energieprestatie van gebouwen. Het energiegebruik voor ruimteverwarming is gebaseerd op de seizoensmethode van EN ISO 13790²⁶.

De Nederlandse woningtypen die zijn opgenomen in de database komen sterk overeen met de Voorbeeldwoningen 2011 qua type en bouwjaar. De getallen voor de uitgangssituatie zijn afkomstig van 'Energetische verbeteringsmaatregelen in de sociale huursector – enkele uitkomsten van de Sociale Huursector Audit en Evaluatie van Resultaten Energiebesparing (SHAERE) monitor 2010-2013²⁷ (SHAERE wordt beheerd door Aedes). Op deze woningen zijn twee besparingspakketten toegepast: 'usual and advanced refurbishment'. In de Tabula zijn geen kosten opgenomen van deze besparingen.

2.2.5.1 *Vergelijking*

Via de webtool²⁸ zijn de Nederlandse woningen in Tabula gekoppeld aan de woningtypen in Vesta MAIS. Voor elk woning is gekeken wat het energiegebruik (in kWh/m²/jaar), vloeroppervlak en isolatiewaarde is voor de huidige situatie en voor de 'usual' en 'advanced refurbishment'.

Het vloeroppervlak dat voor de woningen in Tabula wordt gehanteerd is hoger dan in Vesta MAIS. Om de kentallen goed te kunnen vergelijken is daarom voor de besparing gerekend met het vloeroppervlak in Vesta MAIS.

2.3 **Conclusies en aanbevelingen ter verbetering van het Vesta MAIS model**

In oudere woningen is het energiegebruik van Vesta MAIS lager dan in andere bronnen. In de energiebesparingsverkenner wordt met theoretische verbruiken gewerkt gebaseerd op labelberekeningen. Het is bekend dat die voor oude woningen met slechte energetische eigenschappen op een veel hoger energiegebruik uitkomen. Het verbruik in Vesta MAIS is gebaseerd op werkelijke verbruiken, bepaald op basis van statistische analyses op CBS data. Dit verbruik in Vesta MAIS is daarmee veel realistischer. Ook de variatietool rekt met werkelijke energiegebruiken per woning, maar wel met oudere cijfers. Het is logisch dat de verbruiken, die trendmatig dalen door klimaatverandering en toenemende besparing door renovatie, in Vesta MAIS lager zijn dan de variatietool. Het is wel zo dat de lagere energievraag van woningen niet los gezien kan worden van de toenemende isolatiegraad van woningen. Het is voor ons onduidelijk of de

²⁶ Tabula (2013). TABULA Calculation Method – Energy Use for Heating and Domestic Hot Water

²⁷ <http://episcope.eu/monitoring/case-studies/nl-the-netherlands/>

²⁸ <http://webtool.building-typology.eu/#vares>

gemiddelde technische staat van de uitgangssituatie van de woning in Vesta MAIS, gebaseerd op voorbeeldwoningen, overeenkomt met de gemiddelde staat van de woningen die geanalyseerd zijn in de CBS data. In de energiemodule van het WoON onderzoek, is de relatie tussen technische staat en energiegebruik vast te stellen/ Het is daarom aan te bevelen om bij het verschijnen van de energiemodule van WoON 2018, eind van de zomer van 2019, de basisgegevens in Vesta MAIS te vergelijken met deze nieuwe dataset.

Niet alleen het energiegebruik, maar ook de kosten van Vesta MAIS liggen lager dan andere bronnen, hoewel in dezelfde orde grootte. Dat zowel het energiegebruik als de kosten in Vesta MAIS lager liggen kan worden veroorzaakt door de schaling van de kentallen (zowel energievraag van de woning als kosten van de schillabelsprong) naar het totaal nationaal energiegebruik van de Nationale EnergieVerkenning (NEV) 2017. Daarnaast kunnen de lagere kostencijfers in Vesta MAIS worden veroorzaakt doordat andere bronnen rekenen met nieuwere kentallen. Het is aan te bevelen dat de kostencijfers in Vesta MAIS worden geüpdatet met de meest recente kentallen van RVO/Arcadis.

De kostencijfers in de data van de gemeente Utrecht, zijn gebaseerd op recente praktijkgegevens en zijn fors hoger dan Vesta MAIS. Mogelijk komt dit door specifieke kenmerken in de wijk Overvecht. Maar het is ook bekend dat de kosten voor energiebesparende maatregelen de laatste jaren sterk stijgen door krapte in de bouwsector. Het is aan te bevelen deze ontwikkeling goed te monitoren en zo nodig Vesta MAIS cijfers aan te passen.

3 Verwerking commentaar

In overleg met PBL is gekeken wat de beste methode is om het energiegebruik vóór en na besparingsmaatregelen te benaderen²⁹. Daarbij kunnen hoofdzakelijk twee methodes worden onderscheiden:

1. Gegevens over het werkelijke energiegebruik van woningen (zoals CBS en het WoON onderzoek)
2. Berekningen van het energiegebruik die de werkelijkheid zo goed mogelijk benaderen (zoals de Variatietool die berekeningen corrigeert voor WoON onderzoek gegevens)

Het voordeel van de eerste methode is dat werkelijke gebruiksgegevens worden toegepast. Het nadeel van de eerste methode is dat er een grote spreiding is in het energiegebruik binnen woningtypes, afhankelijk van het gebruikersgedrag. Een statistische analyse van werkelijke gebruiken heeft dan ook een groot aantal datapunten per groep nodig om representatief te zijn. De CBS database heeft miljoenen datapunten en krijgt elk jaar een update. Het WoON onderzoek is echter beperkter in het aantal onderzochte woningen en wordt elke 6 jaar geactualiseerd. Het voordeel van de tweede methode is dat de Variatietool ook kosten kan berekenen van de gerelateerde besparingspakketten. De CBS database bevat geen informatie over maatregelen die genomen kunnen worden en bijbehorende kosten. De Variatietool kan wel maatregelpakketten toepassen en doorrekenen en hier kosten aan hangen. Op dit moment gebruikt de Variatietool nog de WoON 2012 gegevens (de data uit het WoON 2018 onderzoek zijn op dit moment nog niet beschikbaar).

Op dit moment is er voor gekozen om de data van het Vesta MAIS model te verbeteren met de best beschikbare data van beide methoden. Het energiegebruik van de woningen wordt gebaseerd op het werkelijke energiegebruik van het CBS. Sinds enkele jaren heeft het CBS de beschikking over het werkelijke gas- en elektriciteitsenergiegebruik van vrijwel alle netaansluitingen van de woningen³⁰. Door deze te koppelen met het databestand van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) kan het statistisch gemiddelde werkelijke energiegebruik van woningcategorieën worden bepaald. Een woningcategorie bestaat uit woningtype, bouwperiode en vloeroppervlakte (gebruiksoppervlakte) van de woning.

De investeringskosten van de schilspromg worden bepaald op basis van het besparingspakket dat de Variatietool toepast op een individuele woning op basis van de isolatiekenmerken van de woningen uit de energiemodule van WoON 2012. Deze investeringskosten zijn gebaseerd op de kostenkentalen van Arcadis (2018)³¹.

²⁹ Met 'het energiegebruik' bedoelen we in dit document het energiegebruik voor de functie ruimteverwarming, die kan afnemen door het toepassen van isolatiemaatregelen. Ook de koudevraag is relevant, en wordt steeds belangrijker naarmate woningen beter geïsoleerd zijn en het klimaat opwarmt, maar deze is wordt op dit moment voor woningen nog niet meegenomen in het model.

³⁰ <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2019/22/gemiddelde-aardgas-en-elektriciteitslevering-woningen>

³¹ Arcadis, Investeringskosten EPA woningbouw 2018

De verbetering van de Vesta MAIS energiebesparing bestaat daarmee uit een overgang van:

- Het werkelijke energiegebruik van WoON2012 naar CBS 2018;
- De investeringskosten van schilsprongen van Voorbeeldwoningen2012 naar Arcadis 2018.

Deze verbetering wordt toegepast in juni/juli 2019. Indien betere data van het WoON2018 beschikbaar komen, is het mogelijk deze te gebruiken voor de schilsprongen. Mogelijk kunnen de WoON2018 data ook worden gebruikt om de kentallen van het energiegebruik te verbeteren.

3.1 Schilsprong naar Rc 2,5

3.1.1 Energiegebruik

De CBS data zullen worden gegroepeerd in de woningcategorieën (woningtypes en bouwjaarklassen) die het Vesta MAIS model hanteert. Het energiegebruik vóór renovatie wordt bepaald door het gemiddelde gebruik te nemen van woningen die het huidige gemiddelde label hebben binnen die woningcategorie. Dit zogenoemde uitgangslabel per woningcategorie is bepaald met de Variatietool (tabel 2). Het energiegebruik na renovatie wordt bepaald door het gemiddelde gebruik te nemen van woningen binnen die woningcategorie met schillabel B (Rc2,5).

Tabel 2 Uitgangslabel per woningcategorie

Woningtype	Bouwjaar	Uitgangslabel	Woningtype	Bouwjaar	Uitgangslabel
vrijstaand	voor 1946	E	rijwoning tussen	1992 - 1999	C
vrijstaand	1946 - 1964	E	rijwoning tussen	2000 - 2006	B
vrijstaand	1965 - 1974	E	rijwoning tussen	2007 - 2010	B
vrijstaand	1975 - 1991	C	rijwoning tussen	2011 - 2018	B
vrijstaand	1992 - 1999	B	rijwoning hoek	voor 1946	F
vrijstaand	2000 - 2006	B	rijwoning hoek	1946 - 1964	E
vrijstaand	2007 - 2010	B	rijwoning hoek	1965 - 1974	E
vrijstaand	2011 - 2018	B	rijwoning hoek	1975 - 1991	C
2 onder 1 kap	voor 1946	F	rijwoning hoek	1992 - 1999	C
2 onder 1 kap	1946 - 1964	E	rijwoning hoek	2000 - 2006	B
2 onder 1 kap	1965 - 1974	E	rijwoning hoek	2007 - 2010	C
2 onder 1 kap	1975 - 1991	C	rijwoning hoek	2011 - 2018	
2 onder 1 kap	1992 - 1999	C	meergezins	voor 1946	F
2 onder 1 kap	2000 - 2006	B	meergezins	1946 - 1964	F
2 onder 1 kap	2007 - 2010	B	meergezins	1965 - 1974	E
2 onder 1 kap	2011 - 2018	C	meergezins	1975 - 1991	D
rijwoning tussen	voor 1946	E	meergezins	1992 - 1999	C
rijwoning tussen	1946 - 1964	E	meergezins	2000 - 2006	C
rijwoning tussen	1965 - 1974	D	meergezins	2007 - 2010	C
rijwoning tussen	1975 - 1991	D	meergezins	2011 - 2018	C

3.1.2 Technische eigenschappen

Uit de CBS gegevens is niet bekend wat de technische eigenschappen (zoals de isolatiewaarde) zijn van de woningen in de database. De isolatiewaardes uit het WoON 2012 onderzoek zijn daarom overgenomen in de Variatietool. De Rc-waardes per bouwjaarklasse die gehanteerd worden als uitgangssituatie vóór het toepassen van maatregelpakketten staan in het schema in Tabel 3³². Als de specifieke isolatiedikte van de constructie bekend is, wordt de Rc-waarde in de tool berekend op basis van deze dikte.

Tabel 3 Rc-waardes per gebouwdeel en bouwjaarklasse zoals deze in de Variatietool worden gehanteerd

R_c-waarde (m²K/W) afhankelijk van bouwjaar (isolatiedikte onbekend)

bouwjaar		vloer	dak	gevel/paneel
t/m 1964:	massief	0.15	0.22	0.19 / 0.04
	spouw	0.32	0.39	0.36 / 0.24
1965 t/m 1974		0.17	0.86	0.43
1975 t/m 1982		0.52	1.30	1.30
1983 t/m 1987		1.30	1.30	1.30
1988 t/m 1991		2.00	2.00	2.00
vanaf 1992		2.53	2.53	2.53

3.1.3 Maatregelpakketten

Ook het inzicht in de maatregelpakketten om naar Rc2,5 te komen wordt gebaseerd op de energievarianten van de Variatietool. De Variatietool werkt met een uitgangssituatie en een doelsituatie (DGMR, 2012). Voor elk gebouwdeel worden hieronder beide situaties beschreven.

3.1.3.1 Vloer

Aanname Vloer	Rc-waarde na na-isolatie
Als $\geq 90\%$ van de vloer $R_c \geq 1.3$ dan geen na-isolatie meer	
als $< 90\%$ van de vloer $R_c \geq 1.3$ dan alle delen die $R_c < 1.3$ hebben na-isoleren	3,65

3.1.3.2 Dak

Aanname Dak	Rc-waarde na na-isolatie
Als $\geq 90\%$ van het dak $R_c \geq 1.97$ dan geen na-isolatie meer	
Als $< 90\%$ van het dak $R_c \geq 1.97$ dan alle delen die $R_c < 1.97$ hebben na-isoleren	3,47

3.1.3.3 Gevel

Aanname Gevel	Rc-waarde na na-isolatie
Als $\geq 90\%$ van de gevel $R_c \geq 1.30$ dan geen na-isolatie meer	
Als $< 90\%$ van de gevel $R_c \geq 1.30$ dan alle delen die $R_c < 1.30$ hebben na-isoleren	Afhankelijk van spouwmuurbreedte

³² DGMR (2012). Varianten WoON 2012 & koppeling WoON – EBVV. Uitgangspunten energievarianten. Rapport B.2012.1166.00.R002

De Rc-waarde van de gevel na na-isolatie is afhankelijk van de spouwmuurbreedte. De onderstaande tabel geeft de gehanteerde spouwbreedtes per bouwjaarklasse.

Tabel 4 Spouwbreedte en Rc waarde na-isolatie (DGMR, 2012)

bouwjaar	spouwbreedte (cm)	R _c gevel (m ² K/W)
t/m 1929	5 (*)	1,61
1930 t/m 1969	4	1,36
1970 t/m 1984	7	2,11
vanaf 1985	10	2,86

(*) bij woningen vóór 1930 is er geen spouw. Voor deze woningen is bij na-isolatie uitgegaan van binnen- of buitenisolatie met 5 cm isolatie.

3.1.3.4 Gevelpaneel

Aanname Gevel	Rc-waarde na na-isolatie
Als $\geq 90\%$ van het paneeloppervlak $R_c \geq 1.30$ dan geen na-isolatie meer	
Als $< 90\%$ van het paneeloppervlak $R_c \geq 1.30$ dan alle delen die $R_c < 1.30$ hebben na-isoleren	3,41

3.1.3.5 Glas

Voor glas zijn twee maatregelen gehanteerd:

- Alleen het enkel glas wordt vervangen door HR++ glas (Uglas 1.2)
- Aanwezig enkel én dubbel glas wordt vervangen door HR++ glas (Uglas 1.2)

3.2 Investeringskosten schilspromg naar Rc2,5

Inzicht in de kosten van renovatie naar Rc2,5 komt uit de Variatietool. De kosten waar de Variatietool mee rekent zijn gebaseerd op de RVO kostenkennallen uit 2018 en daarmee het meest complete en actuele overzicht wat op dit moment beschikbaar is. Uit de Variatietool zijn dan ook de kosten voor schilmaatregelen gespecificeerd naar:

- Woningtype en bouwjaarklasse
- Zelfstandige en natuurlijke vervangmomenten
- Individuele en projectmatige aanpak³³.

³³ In eerste instantie zijn de kosten berekend voor een individuele aanpak, waarna een korting is toegepast voor een projectmatige aanpak. Bij nadere beschouwing bleken de kosten voor maatregelen aan sociale huurwoningen en meergezinswoningen al projectmatige kosten te zijn, die geïnterpreteerd zijn als individuele kosten. De kosten voor meergezinswoningen zijn ondertussen aangepast. Bij de update van de Variatietool met de WoON 2018 gegevens zullen ook de kosten voor sociale huurwoningen hersteld worden.

3.3 Schilsprong naar Rc4 (i.p.v. Rc5)

Het Vesta MAIS model bevat de mogelijkheid om woningen naar Rc5 te laten springen. Dit isolatieniveau was in eerste instantie gekozen als onderdeel van enkele strategieën in de Leidraad Transitievisie Warmte. Naar aanleiding van de validatiesessie is er nu voor gekozen om de Rc-waarde van 4 toe te passen in plaats van 5, om diverse redenen:

- Het verschil in energiegebruik tussen Rc-waarde 4 en 5 is beperkt, er wordt niet veel extra besparing bereikt³⁴.
- Er zijn weinig databronnen beschikbaar om de besparing en kosten van een renovatie naar Rc5 in het Vesta MAIS-model te valideren.

Een Rc-waarde van 5 lijkt niet noodzakelijk om aan te kunnen sluiten op lage temperatuur verwarmingsopties. Tijdens de validatiesessies gaven de deelnemers aan dat zelfs een schilisolatie van Rc2.5 met kierdichting en mechanische ventilatie voldoende zou moeten zijn voor de lage temperatuur ruimteverwarming middels het gebruik van een individuele elektrische warmtepomp en middels een warmtenet met een aanlevertemperatuur van 50 graden. Een Rc-waarde van 4 wordt gelijk verondersteld aan schillabel A.

3.4 Energiegebruik woningen met Rc4

Vanuit de CBS database blijken voldoende gegevens beschikbaar te zijn voor woningen met label A om als kentallen te gebruiken voor het Vesta MAIS model.

3.5 Investeringskosten schilsprong naar Rc4

De kosten voor maatregelpakketten naar Rc4 kunnen op twee manieren berekend worden:

- Met behulp van de Variatietool
- Aan de hand van INNAX berekeningen: 'Technische verbeteropties bestaande bouw' (INNAX 2017).

3.5.1 Variatietool

Na het (theoretisch) toepassen van besparingspakketten op individuele woningen, zogenaamde 'energievarianten', bereikt een deel van de woningen energielabel A. De gemiddelde kosten van deze renovatie worden vervolgens berekend voor elke combinatie van woningtype en bouwjaarklasse. Het aantal datapunten dat uit de Variatietool komt is echter beperkt (zo'n 20-40 per woningtype). Wellicht dat met de update van WoON 2018 meer datapunten beschikbaar zijn en er wel een onderscheid kan worden gemaakt in Rc waarden.

3.5.2 INNAX

INNAX heeft een rapport³⁵ uitgebracht met NEN 7120 berekeningen waar een grote verscheidenheid en maatregelpakketten op woningen worden toegepast om bepaalde energieprestatiedoelen te bereiken.

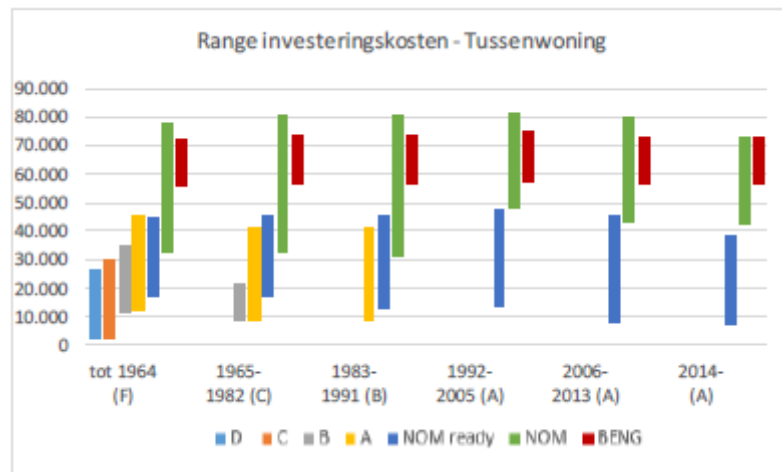
³⁴ Zie bijvoorbeeld: <https://epcplatform.nl/verder-verhogen-van-rc-waarden-rendabel/>

³⁵ INNAX (2017). Technische verbeteropties bestaande woningen.

Eén van deze pakketten is de renovatie naar 'NOM ready'³⁶, met de volgende energetische uitgangspunten;

- Vloer $R_c=3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Gevel $R_c=4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Dak $R_c=4 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Raam HR++ glas.

Er is dan ook aangenomen dat het 'NOM-ready'-pakket gelijk staat aan een R_c -waarde van 4. Zie Figuur 3 uit het rapport waarin de range wordt aangegeven van investeringskosten voor een rij-tussenwoning voor verschillende doelen en verschillende bouwjaarklassen. Deze berekeningen zijn geschikt om als indicatie van de investeringskosten naar R_c4 te dienen in het Vesta-MAIS model en zullen dan ook worden overgenomen. De overgenomen investeringskosten gelden voor een particuliere bewoner die maatregelen treft op een natuurlijk moment en de range komt voort uit het onderscheid tussen maatregelen die eenvoudig (goedkoop) uitgevoerd kunnen worden en maatregelen waarbij de uitvoering complexer is (en dus duurder).



Figuur 3 Range van investeringskosten om een prestatiedoel te bereiken voor een tussenwoning (bron: INNAX (2017)) (NOM = Nul-op-de-Meter; BENG – Bijna Energie Neutraal Gebouw).

3.6 Algemeen

3.6.1 Weergave van de warmtevraag

Een verzoek vanuit de validatiesessie was om energiegebruiken per vloeroppervlak te presenteren in plaats van per woning. Het PBL zal dan ook de energiegebruiken uit CBS data omzetten naar kWh/m²/jaar per woningtype. De gegevens zullen ook naar oppervlakteklassen worden gespecificeerd om de spreiding van de warmtevraag naar oppervlakte weer te kunnen geven.

3.6.2 Ventilatie

Bij hogere isolatiewaarden en kierdichting is het belangrijk dat er goede ventilatiesystemen zijn toegepast in het gebouw om het binnenklimaat aangenaam

³⁶ Uit INNAX(2017): 'Nul-op-de-Meter (NOM) ready houdt in dat de woning bouwkundig gezien geschikt is voor NOM en dus een warmtebehoefte kleiner dan 50 kWh/m² heeft, maar qua installatie en PV nog niet aan alle NOM-criteria voldoet (maar op termijn wel kan voldoen).'

en gezond te houden. De kosten voor ventilatiesystemen en het effect op de warmte- en elektriciteitsvraag zijn daarom vanuit de Variatietool opgenomen in de levering van de resultaten voor de schilsprong naar Rc2,5 aan het PBL voor het Vesta MAIS model. Woningen die in de uitgangssituatie natuurlijke ventilatie of ventilatie met mechanische afzuiging hebben krijgen vraaggestuurde ventilatie. Voor ventilatie is geen onderscheid gemaakt in kosten voor vervanging op een zelfstandig of natuurlijk moment, omdat dit in de praktijk vrijwel altijd een zelfstandig moment zal zijn. Woningen met een goed label hebben vaak al mechanische ventilatie. Aanpassingen in die woningen aan het ventilatiesysteem leiden daar niet tot een hoger elektriciteitsverbruik. In woningen met natuurlijke ventilatie, met vaak slechtere labels, neemt het elektriciteitsverbruik in de woning toe door installatie van vraaggestuurde ventilatie.

Ook voor de schilsprong naar Rc4 zijn door INNAX de kosten voor ventilatie opgenomen als er in de woning nog geen mechanisch ventilatiesysteem aanwezig was.

3.6.3 LT-radiatoren

In de Leidraad Transitievisie Warmte zijn warmte-strategieën opgenomen die gebruik maken van LT-radiatoren. De kosten van LT radiatoren zijn al in een vroeg stadium uitgebreid geïnventariseerd en opgenomen in het Vesta-MAIS model. In Tabel 3 staan kentallen voor een aantal woningtypen met een kostenmarge afhankelijk van het bouwjaar. In deze validatieronde is een verkenning gedaan om de kentallen te actualiseren. Naast de genoemde eerdere inventarisatie van het PBL, geeft Arcadis kostenkentallen voor LT radiatoren met onderscheid naar een eengezinswoning en meergezinswoning (Tabel 5). De laagste prijs is voor een projectmatige aanpak tijdens een natuurlijk vervangmoment, de hoogste prijs voor een individuele aanpak op een zelfstandig moment.

Het PBL zal besluiten welke kostenkentallen in het Vesta-MAIS model gehanteerd zullen worden afhankelijk van de aansluiting bij de strategieën van de Startanalyse.

Tabel 5 Indicatie van de kosten van LT radiatoren (voor verschillende temperaturen (T)). De variatie in de kentallen voor minimum en maximum in het PBL rapport zijn afhankelijk van het bouwjaar

Bron	Jaartal	Kosten	
		Eengezinswoning	Meergezinswoning
PBL 2013 ³⁷	EPA-maatregelen Agentschap NL, 2010/2012/2013	T<35 <u>Rijtjeshuis 1940-2000:</u> Minimum: €1.236-€1.620 Maximum: €3.150-€4.128 <u>Vrijstaand 1940-2000:</u> Minimum: €1.847-€2.444 Maximum: €4.707-€6.228	T<35 <u>Appartement (flat > 4 verdiepingen):</u> Minimum: €829-910 Maximum: €2.613-€2.867
Arcadis 2017 ³⁸	2017	T<35: €1.659-€4.063 T 35-55: €940-€3.163 T >55: €0-€2.023	T<35: €1.481-€6.783 T 35-55: €394-€1.978 T >55: €0-€1.500

³⁷ Leguijt, C., Schepers, B.L., Folkert, R., van den Wijngaart, R. (2013). *Vesta MAIS 2.0, Uitbreidingen en dataverificatie*. Ook gebruikt door: Ecofys (2016). Collectieve warmte naar lage temperatuur Een verkenning van mogelijkheden en routes.

³⁸ Arcadis (2017). Actualisatie en uitbreiding investeringskosten maatregelen EPA maatwerkadvis – Bestaande woningbouw 2017.

A Overzicht commentaar en verwerking

De onderstaande tabel geeft een overzicht van het commentaar dat is ontvangen op de validatie van de kentallen van schilmaatregelen in het Vesta MAIS model. Het 'onderwerp' geeft aan of het commentaar het energiegebruik of de investeringskosten betreft, of dat van meer algemene aard is. Dit onderwerp verwijst tevens naar de hoofdstuktitels van het rapport waar een verdere uitwerking wordt gegeven. Verder staat erbij of TNO of PBL het commentaar heeft opgepakt, welke acties zijn ondernomen en wat het resultaat is van het verwerken van het commentaar.

Nr	Organisatie	Commentaar	Onderwerp	Verwerker	Acties	Resultaat
1	o.a. TNO	De besparing in Vesta is (veel) te laag. Dit komt omdat het referentiegebruik te laag is	Schilsprong naar Rc2,5	PBL		in de 1 ^e fase worden de werkelijke gebruiken uit de CBS database gebruikt.
2	o.a. TNO	Kosten in Vesta voor een rijwoning zijn laag (kan alleen als alles meezit); voor een portiekflat zouden kosten reëel kunnen zijn De kosten die in Vesta gehanteerd worden zijn gebaseerd op gegevens uit 2012.	Investeringskosten schilsprong naar Rc2,5	TNO		Isover/Saint Gobain heeft het zelf nagerekend voor een rijwoning en bleek toch op ongeveer dezelfde getallen uit te komen In Vesta worden nu de kosten voor maatregelpakketten uit de Variatietool gebruikt (gebaseerd op de RVO kostenkentallen van 2018)
3	TNO	60% besparing van Rc2,5 naar Rc5 wordt niet goed onderbouwd	Schilsprong naar Rc4/5	TNO	Nieuwe methodes onderzoeken: - CBS/WoON data - Stroomversnelling gegevens - Curves Rc-waarde vs besparing	Er is gekozen om de besparing naar Rc4 ipv 5 als uitgangspunt te nemen waardoor er voldoende gegevens beschikbaar zijn vanuit de CBS database
4	o.a. TNO	Kosten voor een rijwoning naar Rc5 zijn veel te laag De kosten die in Vesta gehanteerd worden zijn gebaseerd op gegevens uit 2012.	Investeringskosten schilsprong naar Rc4/5	TNO	Isover/Saint Gobain heeft het zelf nagerekend voor een rijwoning en de kosten in Vesta bleken inderdaad veel lager.	Kostenkentallen voor schilsprong naar Rc4 gebaseerd op de INNAX berekeningen uit het rapport 'Verbeteropties bestaande bouw'

Nr	Organisatie	Commentaar	Onderwerp	Verwerker	Acties	Resultaat
					Andere methodes verkennen om kostenkentalen te bepalen: - INNAX berekeningen NOM ready (rapport 'verbeteropties bestaande bouw') - Actualisatie van de kostenkentalen zoals ze nu in Vesta MAIS berekend worden	
5	TNO	Verskil tussen werkelijk en theoretisch gebruik niet alleen te verklaren met binnentemperatuur	Schilsprong	TNO		Wordt meegenomen in de berekening van de Variatietool tijdens de update met de WoON 2018 gegevens
6	onbekend	Verskil in kosten tussen individuele en projectmatige aanpak is te klein, zou 25-40% moeten zijn	Investeringskosten	TNO	Verskil in kosten analyseren bij nieuwe kentalen.	Kosten naar Rc2,5: Het verschil tussen de kosten in de Variatietool ligt tussen de 7 en 14%
7		Duidelijk onderscheid naar natuurlijke/zelfstandige vervangingsmomenten en individueel/projectmatig	Investeringskosten	TNO		De Variatietool maakt onderscheid in deze kostenkentalen
8	o.a. RVO, Saint Gobain, DWA)	Houd rekening met aanvullende maatregelen die nodig zijn bij bepaalde renovaties en bepaalde situaties (bv kierdichting, ventilatiesystemen, vervanging van de kozijnen, gevelpanelen, koudebruggen)	Algemeen - Ventilatie	TNO		Elke woning die naar Rc2,5 (en Rc5) gerenoveerd wordt krijgt een vraaggestuurd ventilatiesysteem
9	NOVUM, TNO	Warmtevraag verschilt sterk binnen hetzelfde woningtype en bouwjaar (factor 5). Om gebruik te kunnen maken van gemiddeldes van werkelijke gebruiken is een voldoende grote groep (steekproef) nodig.	Algemeen	TNO		Er wordt inzicht geboden in de spreiding in de warmtevraag per woningtype en er wordt onderscheid gemaakt in de vraag per oppervlakteklasse Vanuit de CBS database is de groepsgrootte voldoende om representatief te zijn

Nr	Organisatie	Commentaar	Onderwerp	Verwerker	Acties	Resultaat
10	TNO, DWA	Het is niet duidelijk of de technische staat/energielabel/isolatie waarde in de uitgangssituatie van Vesta (gebaseerd op de Voorbeeldwoningen) klopt met de werkelijke situatie	Algemeen	PBL	De database met gecertificeerde labels worden geraadpleegd. Als deze niet voldoende blijkt te zijn, dan zal gebruik worden gemaakt van WoON 2018 uitkomsten	Voor de 1e fase, worden de gemiddelde labels van de WoON 2012 woningen als uitgangspunt genomen
11	RVO	Rapport Innax Verbeteropties Bestaande Bouw bekijken	Investeringskosten schilsprong naar Rc4	TNO	INNAX heeft ook de berekeningen gedaan voor de Energiebesparingsverkenner Woningen (EBVW). Bij navraag blijkt dat in het rapport puur met NEN7120 wordt gerekend, in de EBVW met NEN7120 en de EPA-methode	
12	Gemeente Amsterdam, Saint Gobain	Energiegebruik en besparing uitdrukken in kWh/m2/jaar ipv kWh per woning	Algemeen	PBL		Wordt toegepast
13		Betekenis Rc2,53 uitleggen		PBL		
14		Mate van robuustheid van maatregelen aangeven		PBL		
15		Kosten van LT radiatoren meenemen	Algemeen	TNO	Databronnen voor de kosten van LT radiatoren opzoeken	Overzicht prijzen van databronnen
16		Neem ook de koudevraag mee			De koudevraag is relevant, maar wordt op dit moment nog niet meegenomen	
17	Saint Gobain	Differentiatie in schilisolatie is logischer dan een vaste Rc-waarde voor de hele schil				
18	Saint Gobain	Neem ook een stap naar Rc1,5/2 mee. Deze is met spouwmuurisolatie makkelijk te behalen				
19	DWA	Er is nu uitgegaan van één kengetal voor de warmtapwatervraag voor alle woningtypen			De Variatietool maakt onderscheid tussen woningtypes (obv oppervlaktes).	

B Input kostenkentalen naar Rc2,5

In de onderstaande overzichten staan de investeringskosten vermeld voor een sprong naar Rc2,5 van alle woningcategorieën zoals deze zijn berekend met de Variatietool. Deze kosten zijn gespecificeerd naar een vervanging op een zelfstandig of natuurlijk moment, en met een individuele of projectmatige aanpak. Voor meergezinswoningen is aangenomen dat hier renovatie altijd projectmatig zal worden opgepakt. De kosten voor het ventilatiesysteem zijn later apart berekend (zie laatste kolom). De kosten onder 'investering' zijn daarom nog exclusief de ventilatiekosten.

Verder is nog onderscheid gemaakt tussen een sprong vanaf de gemiddelde woningvoorraad (groen) en vanaf het gemiddelde label (blauw):

- 'Van gemiddelde woningvoorraad naar Label B' (groen), zijn de gemiddelde kosten voor dit woningtype om naar label B te komen, ongeacht het label vóór maatregelen.
- 'Van het gemiddelde label naar Label B' (blauw), zijn de gemiddelde kosten om naar B te komen van alléén de woningen die vóór maatregelen precies het gemiddelde label (of: uitganglabel) hebben (zie ook Tabel 2).

Het Vesta MAIS model gaat uit van het uitganglabel en neemt de investeringskosten over uit het blauwe gedeelte.

