

TNO PUBLIEK

EnergieTransitie
Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

TNO-rapport

www.tno.nl

TNO 2023 P11601

T +31 88 866 50 10

**De TNO Warmteprofielengenerator als
alternatieve methode voor klimaatcorrecties
op het aardgasgebruik van woningen**

Datum 27 juli 2023

Auteur(s) Robin Niessink
Casper Tigchelaar

Met dank aan Edwin Matthijssen voor de doorrekening van de
woningen met de Warmteprofielengenerator en het aanleveren van
deze gegevens voor gebruik in deze studie.

Aantal pagina's 33 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever Planbureau voor de Leefomgeving
Projectnaam Klimaat en geografie correctiefactoren / PBL 2021/2022 refverb.
Woningvoorraad
Projectnummer 060.51233

Alle rechten voorbehouden

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

© 2023 TNO

TNO PUBLIEK

Samenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het VIVET-project 'Referentieverbruik warmte woningen'. Het betreft een voorstudie om te onderzoeken of weersomstandigheden die lokaal over Nederland verschillen tot een andere warmtevraag naar ruimteverwarming leiden.

Doel studie

Het doel van deze studie is om na te gaan tot welke verschillen in aardgasgebruik voor ruimteverwarming voor woningen de TNO Warmteprofielengenerator (WPG) komt in vergelijking tot de graaddagenmethode die gebruikt wordt voor klimaatcorrecties. Dit is bekeken voor 5 verschillende weerstations en een warm (2020) versus koud jaar (2013) qua aantal graaddagen over de afgelopen 10 jaar.

Methode op hoofdlijnen

- De CBS WoOn-onderzoekspopulatie is gehanteerd; in de uiteindelijke dataselectie voor deze studie zitten 2433 woningen.
- De warmtevraag voor ruimteverwarming per woning is modelmatig berekend met de WPG op de 5 weerstation locaties en voor de twee zichtjaren met weerdata per uur over temperatuur, zoninstraling, en bewolgingsgraad.
- De graaddagencorrectie wordt toegepast op het gemeten aardgasgebruik voor ruimteverwarming om te corrigeren voor de (buiten)temperatuur. Om de gasvraag voor ruimteverwarming te benaderen is eerst een benadering gemaakt van de energievraag voor warm tapwater en koken welke is gebaseerd op methode die is ontwikkeld in het PBL project Referentieverbruik woningen. Door het verschil te nemen tussen het gemeten aardgasgebruik en aardgas voor warm tapwater en koken is het gemeten aardgasverbruik voor ruimteverwarming bepaald.
- Het gemeten aardgasverbruik voor ruimteverwarming van de woningen (afkomstig uit 2017) is vervolgens gecorrigeerd met de graaddagen per weerstation voor de 5 locaties en de twee zichtjaren.
- Er is een vergelijking gemaakt tussen de correctiefactoren ten opzichte van De Bilt voor beide methoden.
- Tot slot is het verschil in het WPG berekend gasgebruik en het gemeten (met de graaddagenmethode temperatuur gecorrigeerde) gasgebruik voor ruimteverwarming geanalyseerd.

Resultaten

De resultaten laten zien dat naar verhouding (wanneer het relatieve gasgebruik in de Bilt als 100% wordt beschouwd) het naar een andere weerstationslocatie gecorrigeerd gasgebruik met de WPG "voor de woningpopulatie" niet tot maximaal enkele procenten verschilt met de graaddagenmethode, zie tabel S1. Een afwijking van 2% in het relatieve aardgasgebruik ten opzichte van De Bilt treedt op in de methoden in het relatief warme jaar 2020. Voor het relatief koude jaar 2013 is de afwijking tussen de methoden wel iets groter, namelijk ten hoogste 4% afhankelijk van het weerstation.

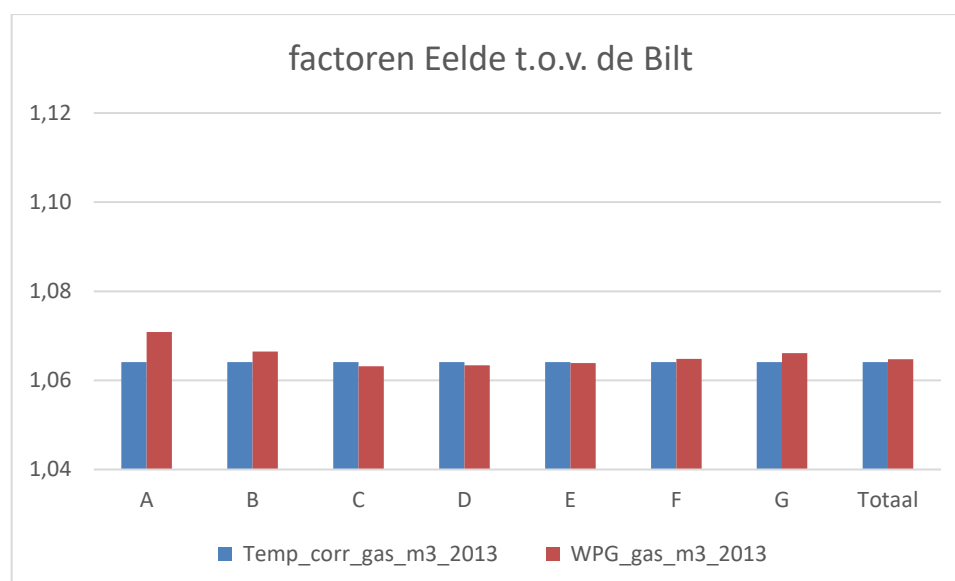
Tabel S1 (kopie tabel 2): Vergelijking aardgasgebruik woningen ten opzichte van De Bilt.
Verschilfactor tussen weerstation en De Bilt volgens de WPG en graaddagencorrectie.

Verhouding ten opzichte van De Bilt	Eelde	Maastricht	De Bilt	De Kooy	Vlissingen
Warm jaar 2020					
WPG aardgas (m ³)	111%	99%	100%	98%	87%
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m ³)	111%	97%	100%	100%	89%
Koud jaar 2013					
WPG aardgas (m ³)	106%	102%	100%	96%	92%
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m ³)	106%	101%	100%	100%	95%

De resultaten liggen dus dicht bij elkaar.

Voor de weerstation locaties corrigeert de WPG het gasverbruik meer omhoog of naar beneden dan de graaddagenmethode (de enige uitzondering hierop is Maastricht in 2020. Naast het verloop van de buitentemperatuur zijn het de zoninstraling en bewolking die dit verschil moeten verklaren aangezien alle andere factoren gelijk zijn). Dit verschil in correctiefactoren is vooralsnog een constatering. Aan de correctheid van dit resultaat kunnen vooralsnog geen verdere conclusies verbonden worden, omdat de WPG-methode eerst nog gevalideerd moet worden. De uitkomsten geven een indicatie dat warme locaties/jaren een andere correctiefactor opleveren als relatief koudere locaties/jaren.

Er zit ten hoogste ongeveer 5% procent verschil in de WPG-correctiefactoren naar energielabel afhankelijk van weerstation. Bij de goede labels (A en B) wordt het energieverbruik in de WPG sterker gecorrigeerd dan bij de slechtere labels (i.e. de correctiefactor ligt verder af van 1). Zie bijvoorbeeld voor Eelde in Figuur S1. In Eelde ligt de correctiefactor bij de slechte labels (F en G) ook hoger dan voor de tussenliggende labels (C t/m E).



Figuur S1 (kopie figuur 6). Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Eelde (2013).

De verschillen in de correctiefactoren naar label kunnen mogelijk als volgt worden verklaard:

1. Dezelfde G-label woningen moet meer stoken in Eelde dan in De Bilt. De verwarming moet in G-label woning aan als het buiten (bijv.) 18 graden is, maar bij eenzelfde woning met D-label of A-label staat de kachel dan uit.
2. In een A-label woning moet de verwarming relatief nog wat vaker aan in Eelde dan in De Bilt omdat het kouder is in Eelde. In een verder dezelfde woning met D- en G-labels stond de verwarming echter al aan. Het gasgebruik in de A-label woning stijgt dus relatief meer dan in woningen met label D en G. Dat geldt voornamelijk in die maanden die aan de rand van het stookseizoen zitten of er anders net buiten zouden vallen (i.e. mei, september). *Opmerking: Dit verklaart de correctiefactor Eelde label G, echter bij andere weerstations is de correctie sterker voor de goede labels en neemt deze steeds verder af met een slechter energielabel volgens mogelijke verklaring 1).*

Dit zijn mogelijke verklaringen voor de verschillen. Meer onderzoek is nodig om de verschillen te verklaren uit model aannames in de WPG en het WPG-model te valideren. Dat viel buiten de scope van deze studie.

Geschiktheid van de WPG als alternatieve methode

De WPG-methode is mogelijk -na validatie van de WPG- geschikt als alternatief voor de graaddagenmethode. Het kan gecorrigeerde energiegebruiken ten opzichte van De Bilt berekenen, gemodelleerd met meerdere weersfactoren (temperatuur, zon, bewolking) op uurbasis. Er komen echter wel bij uitzondering andere correctiefactoren ten opzichte van De Bilt uit; hoger i.p.v. lager dan 1 of juist omgekeerd. Het resultaat is dus niet overal in lijn met de correctiefactoren volgens de graaddagenmethodiek, die uiteindelijk een benadering is op basis van etmaalgemiddelde temperaturen. Dat er verschil tussen de methoden zit is momenteel een constatering. Om de verschillen verder te verklaren is meer studie nodig.

Het voordeel is dat de WPG methode kan worden toegepast om te corrigeren voor woningen met verschillende kenmerken zoals woningtype, bouwjaar en energielabel. De graaddagenmethode corrigeert immers met dezelfde correctiefactor voor alle woningen ongeacht deze kenmerken. Bij de goede labels (e.g. A, B) wordt zo in de WPG sterker gecorrigeerd voor de invloed van weersfactoren en leidt dit dus tot een juist nog hoger of juist nog lager verbruik ten opzichte van de graaddagenmethodiek. Dit bootst de buitentemperatuur waarbij de verwarming daadwerkelijk aan gaat mogelijk beter na.

De WPG geeft ten hoogste 5% verschil in de correctiefactoren tussen de labels. In de Kooy 2013 is het verschil in correctiefactor tussen label A en G ongeveer 5%. Wanneer alle woningen met een A-label dus in de Kooy zouden staan dan is het verschil in totale gasgebruik van de A-label woningen ongeveer 5%. Doorgaans is het verschil in correctiefactoren per energie label echter veel kleiner (slechts een paar procent). Het gebruiken van de WPG-klimaatcorrectiefactoren zou daarom niet leiden tot een aanzienlijk ander *totaal* gasgebruik voor de gehele woningvoorraad. De resultaten tonen aan dat wanneer de WPG-locatie-energielabel afhankelijke correctiefactoren gebruikt zouden worden, er slechts een verschil van enkele

procenten is met de graaddagenmethode voor het totale aardgasgebruik van de huishoudens en dat dit verschil groter is in een koud dan in een warm jaar.

Temperatuurcorrectiefactoren per locatie en energielabel-bouwjaar-woontype-combinaties

Voor specifieke weerstation locaties kunnen de WPG-correctiefactoren *relatief ten opzichte van De Bilt* en voor de “gewenste” energielabel-bouwjaar-woontype-combinaties worden berekend en vervolgens geïntegreerd in geografische energie-modellen.

Afwijking met werkelijk gebruik

De WPG laat een afwijking zien met het werkelijk gasgebruik. De WPG overschat het gasgebruik van woningen met slechte labels en onderschat het gasgebruik van woningen met goede labels. De mate van afwijking is ongeveer gelijk voor de 5 weerstations.

De afwijking tussen het berekende en gemeten (temperatuur gecorrigeerd) energiegebruik is niet nieuw in de wereld van de fysische energiemodellen voor verwarming van gebouwen. Verklaringen hiervoor zullen moeten worden gezocht in de modelaannames. Een mogelijke verklaring is door gedragsfactoren. Te denken is aan het rebound effect dat leidt tot meer en/of op een hogere temperatuur stoken bij goede labels en omgekeerd bij slechte labels. Uit de analyses van setpoint instellingen in de woningpopulatie blijkt dat bij betere labels het gemiddelde setpoint van de thermostaat hoger staat terwijl deze bij slechtere labels juist gemiddeld lager staat. Mogelijke andere factoren zoals afwijkingen van woningtype, bouwkundig en installatietechniek in de praktijk zijn niet onderzocht.

Voor de WPG-correctiefactoren naar geografische locatie en energielabel is het gegeven dat er een afwijking is met het werkelijke verbruik echter niet direct van belang. Het gaat namelijk alleen om de verhouding in het berekende verbruik tussen de locaties. Om deze reden moeten de WPG-correctiefactoren voor specifieke locaties *relatief ten opzichte van De Bilt* worden bepaald. Deze referentie van De Bilt moet dan natuurlijk wel overeenkomen met (of ‘representatief zijn voor’) het werkelijke verbruik.

Aanbeveling

In het onderzoek is gebruik gemaakt van het gemeten aardgasgebruik van WoON2018. Deze dataset bestaat uit waarnemingen van één jaar. Hiermee is aangetoond dat er weinig verschil in geografische correctie is tussen de WPG en de graaddagen methode als het over het totaal verbruik gaat. De WPG methode heeft echter wel andere correctiefactoren op energielabelniveau. In het onderzoek kon echter niet worden nagegaan of de WPG correctiefactoren beter zijn omdat de waarnemingen van slechts één jaar beschikbaar waren. Aanbevolen wordt om nader statistisch onderzoek te doen met waarnemingen over meerdere (koude en warme) jaren van het gemeten gasverbruik van woningen onderscheiden naar energielabels en woningtypen.

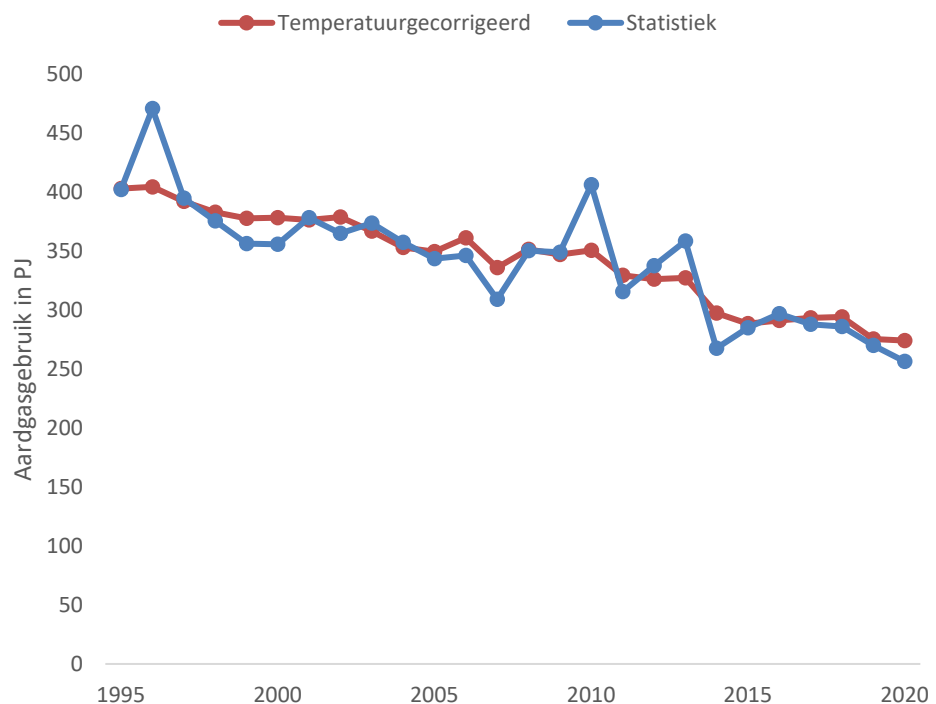
Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	7
2	Onderzoeksmethode	9
2.1	Graaddagencorrectie (top-down).....	9
2.2	Modelbenadering (bottom-up)	12
3	Resultaten	14
3.1	Energie-index v.s. aardgasgebruik	14
3.2	Vergelijking methoden	15
3.3	Correctiefactoren naar energielabel in een koud jaar	16
3.4	Correctiefactoren naar energielabel in een warm jaar	21
3.5	Verhouding beide methoden naar energielabel	25
3.6	Effect van setpoints binnen labels op het gasgebruik	28
4	Conclusie en discussie	30
4.1	Conclusie	30
4.2	Afwijking met werkelijk gebruik.....	32
4.3	Temperatuurcorrectiefactoren per locatie en energielabel-bouwjaar-woontype-combinaties.....	32

1 Inleiding

Als methode voor klimaatcorrecties op het energiegebruik voor ruimteverwarming van woningen wordt vaak gebruik gemaakt van graaddagencorrecties. Graaddagen zijn een rekenmaat om aan te geven hoe warm of koud een jaar is. Doorgaans worden graaddagen per dag berekend door het verschil te nemen van de etmaalgemiddelde buitentemperatuur ten opzichte van de binnentemperatuur waarbij geen verwarming meer nodig is, de zogenaamde stookgrens. Stel dat het op een dag buiten gemiddeld 10 graden is en de stookgrens is 18 graden dan geeft dat 8 graaddagen. Als de gemiddelde etmaaltemperatuur 20 graden is, dan geeft dat 0 graaddagen. De opgetelde graaddagen in een jaar geven aan hoe koud of warm dat jaar is geweest. De gemiddelde buitentemperatuur, en daarmee het aantal graaddagen, verschilt per locatie en wordt vastgesteld door middel van temperatuurmetingen met weerstations.

Graaddagencorrectie worden gebruikt om energiegebruiken te harmoniseren. Het energiegebruik in een relatief koud jaar en/of relatief koude locatie kan worden vergeleken met het energiegebruik in een relatief warm jaar en/of een relatief warme locatie, door beide te corrigeren naar dezelfde referentie. Als referentie wordt dan meestal hetzelfde 'standaardjaar' (of een langjarig gemiddelde van een bepaalde periode) op een 'standaardlocatie' (weerstationslocatie) gehanteerd.



Figuur 1 Aardgasgebruik huishoudens in de KEV2021 (Bron: [KEV2021](#))

Er worden voor verschillende doeleinden verschillende graaddagenmethodes gebruikt met verschillende stookgrenzen, graaddagen o.b.v. verschillende temperatuurwaarden (dag vs. uurgemiddelde), en verschillende referenties. Een voorbeeldtoepassing van een graaddagencorrectie is de methode die gebruikt

wordt in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV). Het aardgasgebruik van huishoudens wordt gecorrigeerd voor het graaddagensscenario dat afgeleid is met de daggemiddelde temperaturen uit het (gemiddelde) KNMI klimaatscenario voor Nederland. Fluctuaties in het aardgasgebruik als gevolg van variabiliteit in de jaarlijkse temperatuur worden daarbij gedempt, zie Figuur 1. De gehanteerde referentie is in dit geval dus niet een vast aantal graaddagen behorend bij een bepaald jaartal of vaste periode, maar een graaddagentrendlijn. In de trend wordt het effect van klimaatopwarming meegenomen in de graaddagen.

De graaddagenmethode wordt in veel berekeningen en energiemodellen gebruikt. Toch zijn er kanttekeningen bij te maken. Ten eerste wordt alleen de invloed van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten meegenomen in de graaddagen en niet overige weersfactoren die ook een significante invloed kunnen hebben op het energiegebruik voor ruimteverwarming. Denk aan factoren zoals bewolking en zoninstraling. Ten tweede is het de vraag of een gemiddelde dagtemperatuur om de graaddagen te berekenen voldoende precies is, of dat er met uurgemiddelde temperaturen moet worden gerekend. Immers een zonnige dag in januari waarbij het overdag 10 graden boven nul is en 's avonds 5 graden vriest, zal tot ander stookgedrag leiden dan een druilerige dag met een relatief constante temperatuur rond de 7 graden. Ten derde is de vraag of de methode voldoende in staat is om voor regionale temperatuurverschillen te corrigeren. Ten vierde is de vraag hoe de mate van isolatie (het energielabel) het energieverbruik voor ruimteverwarming beïnvloedt. En ten vijfde is de vraag wat het effect is van het setpoint (thermostaatinstelling) op het energieverbruik voor ruimteverwarming. In deze studie kijken we naar deze kanttekeningen door middel van een model die deze factoren meeneemt en analyseren we daarmee of er een reden is om de graaddagenmethode aan te passen voor betere klimaatcorrectie.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het VIVET-project 'Referentieverbruik warmte woningen'. Het betreft een voorstudie om te onderzoeken of weersomstandigheden die lokaal over Nederland verschillen tot een andere warmtevraag naar ruimteverwarming leiden.

2 Onderzoeksmethode

De graaddagenmethode is een top-down methode waarbij energiegebruiksgegevens gecorrigeerd worden met behulp van weer- en klimaatgegevens (e.g. de buitentemperatuur). Er is een correlatie tussen de buitentemperatuur en het energiegebruik voor ruimteverwarming, maar hoe die twee samenhangen wordt niet expliciet gemodelleerd met de graaddagenmethode. In deze studie vergelijken we de correcties met de graaddagenmethode met de TNO Warmteprofielengenerator (WPG)¹. Dit is een modelmatige benadering van de warmtevraag waarin die samenhang wel expliciet is gemaakt. In het model zit opgenomen hoe een lagere buitentemperatuur invloed heeft op de binnentemperatuur van een woning, hoe dit vervolgens leidt tot het al of niet aanzetten van de verwarming door de bewoner (of de thermostaat) en hoe dit vervolgens leidt tot energieverbruik. In deze benadering is dus expliciet gemaakt hoe het weer het energiegebruik beïnvloedt.

In deze studie vergelijken we beide methoden en analyseren we of er verschil zit in de inschatting van weersinvloeden. Dit biedt aanknopingspunten voor een betere klimaatcorrectie. We bepalen daartoe de correctiefactoren voor ruimteverwarming met beide methoden.

In 2.1. wordt eerst de graaddagencorrectiemethode toegelicht, in 2.2 wordt ingegaan op de WPG en de set van doorerekende woningen met dit model.

2.1 Graaddagencorrectie (top-down)

Verschillende weerstations

Om de regionale verschillen te onderzoeken gebruiken we data uit vijf verschillende weerstations:

1. De Bilt
2. De Kooy
3. Eelde
4. Maastricht
5. Vlissingen.

Hierbij is een spreiding over het hele land gekozen, zodat regio's met relatief warmere winters als Zeeland en Noord-Holland vergeleken kunnen worden met de koudere regio's, Limburg en Drenthe. De Bilt is ook opgenomen, omdat dit het referentiepunt is voor weergegevens voor heel Nederland.

Verschillende zichtjaren

Om ook jaar-op-jaar verschillen te kunnen onderzoeken gebruiken we weersdata voor 2013, wat een relatief koud jaar was, en 2020 wat een relatief warm jaar was.

Graaddagen

De graaddagen voor de vijf verschillende weerstations staan in Figuur 2. De graaddagen zijn berekend met etmaalgemiddelde temperaturen en bij een

¹ [Warmteprofielengenerator](#)

stookgrens van 18 °C. Te zien is dat 2013 een relatief koud jaar was (veel graaddagen) en 2020 een relatief warm jaar (weinig graaddagen). Deze data is beschikbaar via: [Graaddagen - KWA Bedrijfsadviseurs](#).

Gewogen vs. ongewogen graaddagen

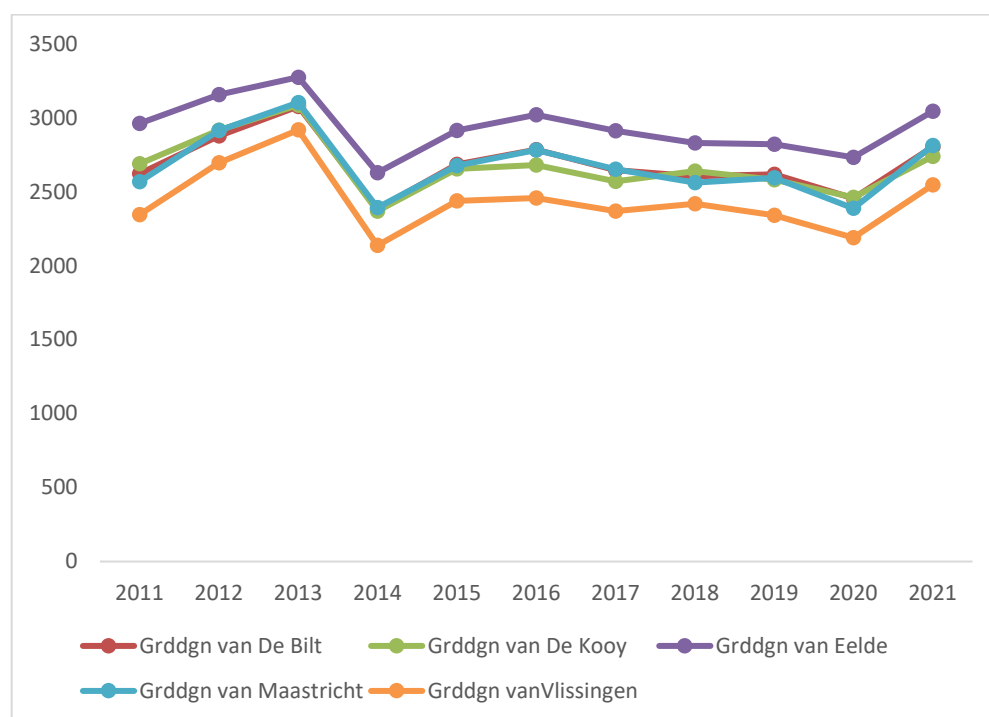
De graaddagen gebruikt in deze studie zijn niet gewogen. Wegen houdt in dat een poging wordt gedaan om rekening te houden met seizoensinvloeden, zoals verschil in zoninstraling per maand, op het stookgedrag.

De weegfactor voor de graaddagen is als volgt gedurende het jaar:

- april t/m september: 0,8
- maart en oktober: 1,0
- november t/m februari: 1,1.

Voor deze studie is gewerkt met ongewogen graaddagen, omdat deze in de huidige context (energiemodellen, de Klimaat- en Energieverkenning) gehanteerd worden. Het is bovendien de hypothese dat de WPG een betere methode geeft om met seizoensinvloeden rekening te houden, dit omdat het per uur rekent (zie 2.2).

Aanbeveling: Analyseer hoeveel invloed gewogen graaddagen hebben op de resultaten van deze studie.



Figuur 2 Graaddagen (ongewogen) per jaar bij stookgrens 18 °C. Voor vijf KNMI weerstations verdeeld over Nederland.

Berekening graaddagen correctie

We berekenen het gecorrigeerde aardgasgebruik van de woningen in de WoOn populatie (zie 2.2.)

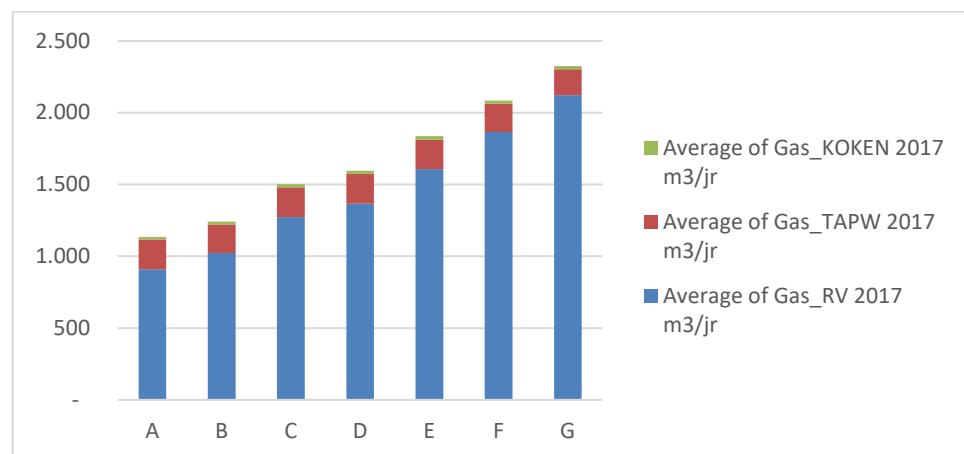
De graaddagencorrectie op het aardgasgebruik voor ruimteverwarming wordt als volgt berekend:

$$Aardgas_{ruimteverw, gecorrigeerd} = Aardgas_{ruimteverw} \frac{Graaddagen_{weerstation_jaar}}{Graaddagen_{ref}}$$

Waarbij $Aardgas_{ruimteverw}$ wordt berekend met:

$$Aardgas_{ruimteverw} = Aardgas_{gebruik_{gemeten}} \times (1 - Aandeel_{koken} - Aandeel_{warm\ tapwater})$$

Van het aandeel van het gasgebruik voor koken en warm tapwater is een benadering gemaakt per individuele woning. De berekening van de energievraag voor warm tapwater en koken is gebaseerd op methode die is ontwikkeld in het PBL project Referentieverbruik woningen. Daar zijn formules opgesteld die op basis van woningkenmerken (e.g. aantal en leeftijd van de bewoners) en bewonersgedrag (e.g. hoeveel maaltijden bereid, hoeveel douchebeurten) voorspellen hoeveel energie nodig is op jaarbasis. Figuur 3 laat zien hoe deze gemiddelde verhouding eruit ziet per label.



Figuur 3 Verhouding gemeten verbruik over ruimteverwarming, warm tapwater en koken

$Graaddagen_{weerstation_jaar}$ is het aantal graaddagen op de locatie in het zichtjaar waar het aardgasgebruik naartoe gecorrigeerd wordt.

$Graaddagen_{ref}$ is het aantal graaddagen van het jaar en de locatie waar het gemeten gasgebruik betrekking op heeft. Het aardgasgebruik van de woningen in de WoOn populatie (zie 2.2.) is gemeten over 2017. De populatie bevat woningen verspreid over heel Nederland en vormt een representatieve afspiegeling van de voorraad. De locatie van de individuele woningen ontbreekt echter in de data (respondenten zijn geanonimiseerd). Daarom kon geen locatie specifieke temperatuurcorrectie worden uitgevoerd op de woningen. Omdat de woningen verspreid liggen over Nederland is gekozen De Bilt 2017 als referentiepunt aan te houden voor het gemiddelde weer. In dit geval geeft dat 2647,1 referentiegraaddagen. We zijn geïnteresseerd in verhoudingen in graaddagen tussen weerstations in eenzelfde zichtjaar om te zien hoeveel verschil in aardgasgebruik dat geeft. Zelfs als de referentiegraaddagen ("De Bilt 2017") niet correct is maakt dat voor de onderlinge vergelijking tussen de verschillende

weerstations niet uit. Alleen de verhouding in de graaddagen tussen de weerstations (in eenzelfde jaar) maakt uit voor die vergelijking.

Overige opmerkingen:

1. Netbeheerders leveren het Standaardjaarverbruik (SJV) inclusief de temperatuurcorrectie die is bepaald met de profielenmethodiek aan het CBS. De temperatuurcorrectie van het SJV wordt vervolgens ongedaan gemaakt met een profielfactor en zo ontstaat het gemeten verbruik in dat jaar.
2. Dit gemeten verbruik is vervolgens gecorrigeerd ten opzichte van de referentiegraaddagen bij het gemeten verbruik.

2.2 Modelbenadering (bottom-up)

Warmteprofielengenerator

TNO heeft afgelopen jaren een model ontwikkeld waarmee warmtevraagprofielen voor woningen berekend kunnen worden op uurbasis; de [‘Warmteprofielengenerator’](#) (WPG). Dit is een fysisch warmtebalansmodel dat voor ieder uur in het jaar een berekening maakt van de warmtevraag uitgaande van de geometrie van de woning, de bouwkundige en installatietechnische eigenschappen, thermostaatinstelling, de buitentemperatuur, bewolkingsgraad en de zoninstraling. In de WPG kan de weerdata per KNMI weerstation worden geïmporteerd om zo regionale warmtevraagprofielen voor gekozen zichtjaren op te stellen. De profielen voor ruimteverwarming, warm tapwater en ruimtekoeling kunnen worden doorgerekend. Voor ons doel zijn we alleen in ruimteverwarming geïnteresseerd. Dat is immers het verbruik dat het meest afhankelijk is van weersinvloeden.

Schatting weersinvloeden op warmtevraag

Om alleen de effecten van weersverschillen te analyseren, houden we de overige factoren constant. Wanneer voor een bepaalde woning steeds dezelfde aannames gehanteerd worden en alleen gevarieerd wordt met het weerstation geeft de warmtevraag een idee van de gevoeligheid van het model voor de gehanteerde weersaannames.

Steekproef op basis van WoON 2018 energiemodule

We hanteren de woningen uit de WoON2018 energiemodule als onderzoekspopulatie. Dit is een CBS database met socio-economische gegevens over c.a. 4500 woningen verspreid over Nederland. De dataset is uitgebreid met bouwkundige en installatietechnische gegevens en gegevens over energielabels en het gemeten energiegebruik. Ook bevat de dataset informatie over de thermostaatinstellingen (setpoints) van de bewoners. De dataset is representatief voor de woningvoorraad en kan daarom worden gebruikt voor nationale analyses.

Toch vielen uiteindelijk vele woningen af vanwege het ontbreken van benodigde informatie om een woning door te kunnen rekenen met de WPG. Denk bijvoorbeeld aan missende setpoint informatie. Er konden in totaal 2686 woningen worden doorgerekend.

Daarna is voor de analyse in deze studie nog een dataselectie gemaakt op basis van de volgende criteria:

- Alleen woningen die een verwarmingsinstallatie op aardgas hebben zijn meegenomen. Dit is gedaan om de resultaten te kunnen vergelijken met het gemeten aardgasgebruik. Bij de niet-aardgasgestookte woningen is er uiteraard geen gemeten aardgasverbruik. Er is echter niet bekend hoeveel energie voor ruimteverwarming (e.g. elektriciteit, biomassa, stadswarmte) dan wel in deze woningen wordt gebruikt. Dat betekent dat er voor deze woningen ook geen temperatuurcorrectie kon worden gedaan. Er was daardoor geen vergelijking met de WPG mogelijk en daarom zijn deze woningen weggelaten uit de resultaten.
- Alleen woningen met een gemiddeld setpoint dat ligt vanaf 15 tot en met 24 graden zijn meegenomen; woningen met afwijkende setpoints zijn eruit gehaald. Deze redelijk ruime grenzen zijn ook zo gekozen om de populatie zo groot mogelijk te houden. Sommige setpoint gemiddelden lijken nog steeds niet realistisch voor de praktijk (bijv. 15 of 24 graden), maar dit gaat slechts om een klein aantal waarnemingen. Bij deze grenzen heeft namelijk 90% van de meegenomen woningen een gem. setpoint tussen de 17 en 23 graden.

De populatie krimpt hierdoor als volgt:

Criterium	Populatiegrootte
Totaal doorgerekend met WPG	2686
Alleen woningen die een verwarmingsinstallatie op aardgas hebben	2560
Alleen woningen met een gemiddeld setpoint ingesteld vanaf 15 tot en met 24 graden	2433

Energiegebruiken

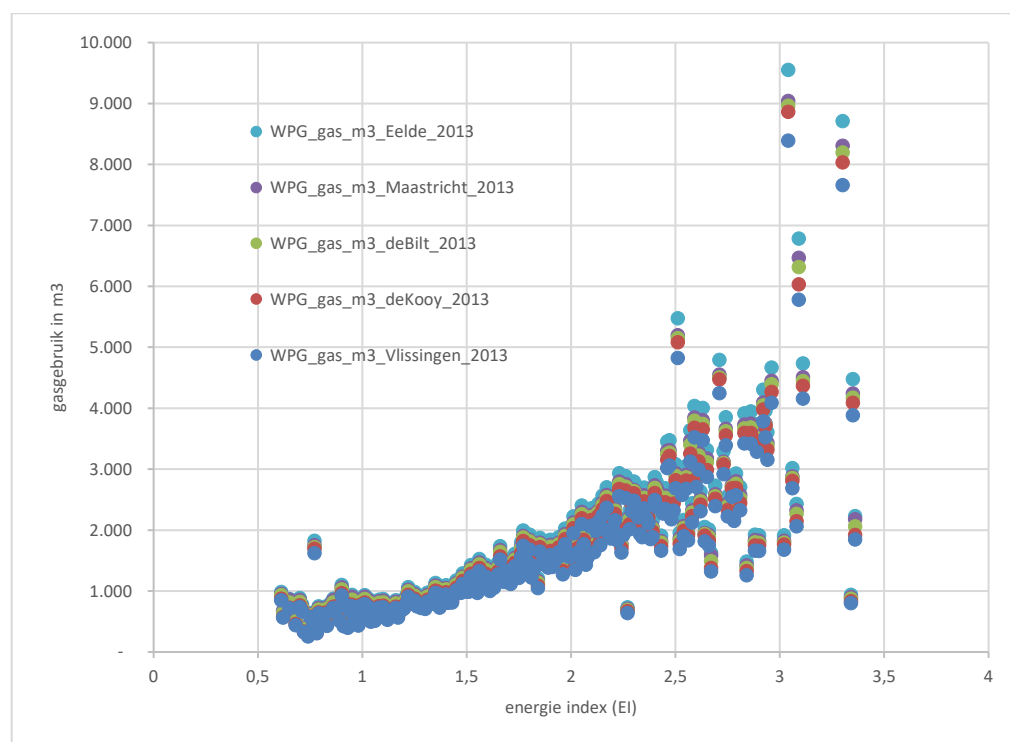
In de WoON 2018 datasets zijn ook werkelijke energiegebruiken opgenomen. Het aardgasgebruik van deze woningen is gemeten over 2017.

De warmtevraag voor ruimteverwarming berekend met de WPG is omgerekend naar het aardgasgebruik via het conversierendement van de gasketel voor ruimteverwarming (104%) en de verbrandingswaarde van aardgas (31,65 MJ per m³ op calorische onderwaarde).

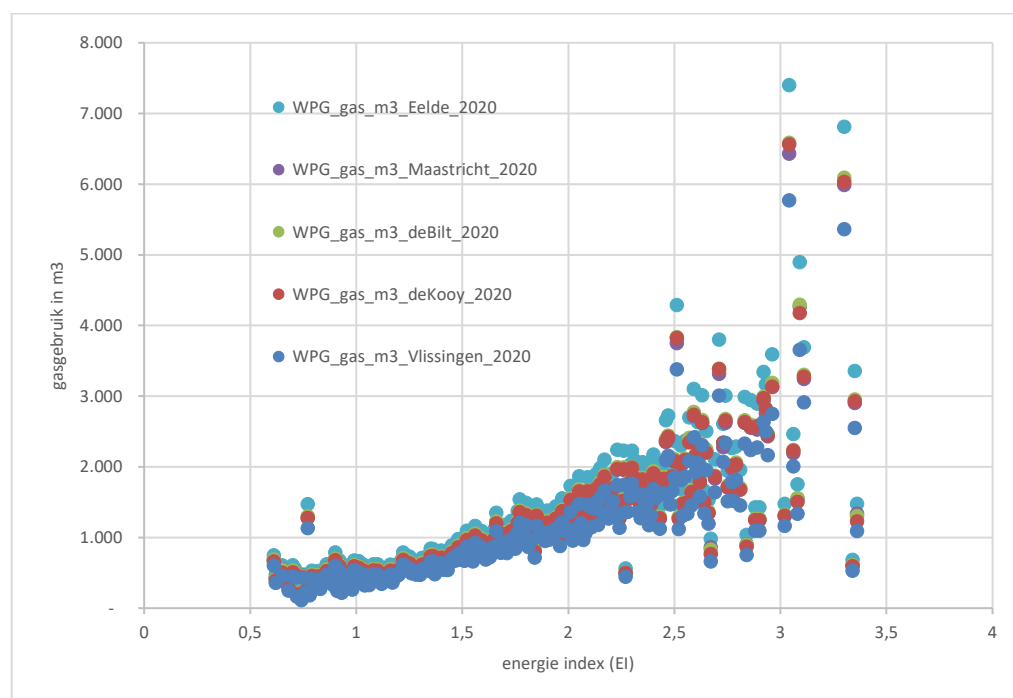
3 Resultaten

3.1 Energie-index v.s. aardgasgebruik

De 2433 woningen in de WPG-resultaten zijn geplot in Figuren 4 en 5. Deze figuren laten respectievelijk het aardgasverbruik *per woning* in m³/jaar zien in 2013 (een koud jaar) en 2020 (een warm jaar) afgezet tegen de energie-index (EI). In 2013 ligt het gasverbruik hoger dan in 2020. Te zien is dat wanneer de EI toeneemt het gasgebruik (meestal) ook toeneemt zoals verwacht mag worden. Ook de verhouding tussen de weerstations is zichtbaar. Een woning bij Eelde heeft het hoogste gasgebruik. Dezelfde woning in Vlissingen juist het laagste, en De Bilt zit ertussenin.



Figuur 4 Energie-index uitgezet tegen met de WPG berekend aardgasverbruik (m³/jaar) in 2013



Figuur 5 Energie-index (EI) uitgezet tegen met de WPG berekend aardgasverbruik (m³/jaar) in 2020

3.2 Vergelijking methoden

In Tabel 1 is het *totale aardgasgebruik* van de 2433 woningen weergegeven per weerstation, volgens de twee methoden en voor 2013 en 2020.

Tabel 1: Totaal aardgasgebruik voor ruimteverwarming woningen volgens de WPG en Temperatuur gecorrigeerd aardgasgebruik.

	Eelde	Maastricht	De Bilt	De Kooy	Vlissingen
Warm jaar 2020					
WPG aardgas (m³)	2.589.655	2.297.732	2.325.512	2.271.070	2.025.694
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m³)	3.102.795	2.711.369	2.787.770	2.795.262	2.487.049
Koud jaar 2013					
WPG aardgas (m³)	3.416.961	3.277.078	3.209.116	3.075.804	2.954.602
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m³)	3.717.973	3.523.509	3.493.879	3.504.210	3.312.698

Tabel 2 laat de relatieve vergelijking tussen de weerstations zien. Het gasgebruik bij de betreffende methode is genormaliseerd ten opzichte van De Bilt (zie Tabel 1). Te zien is dat in het warme jaar 2020 de verhouding ten opzichte De Bilt niet veel verschilt voor beide methoden. Een afwijking van 2% (ten opzichte van De Bilt) treedt op tussen beide methoden. Voor het koude jaar 2013 is hetzelfde te zien, al is de afwijking die optreedt tussen de methoden dan wel wat groter, namelijk ten hoogste 4% afhankelijk van het weerstation. De constatering (op basis van deze weerstations) is dat er ten hoogste enkele procenten verschil zit in een regionale graaddagencorrectie ten opzichte van de WPG-correctie.

Tabel 2: Vergelijking aardgasgebruik woningen ten opzichte van de Bilt. Verschilfactor tussen weerstation en De Bilt volgens de WPG en graaddagencorrectie.

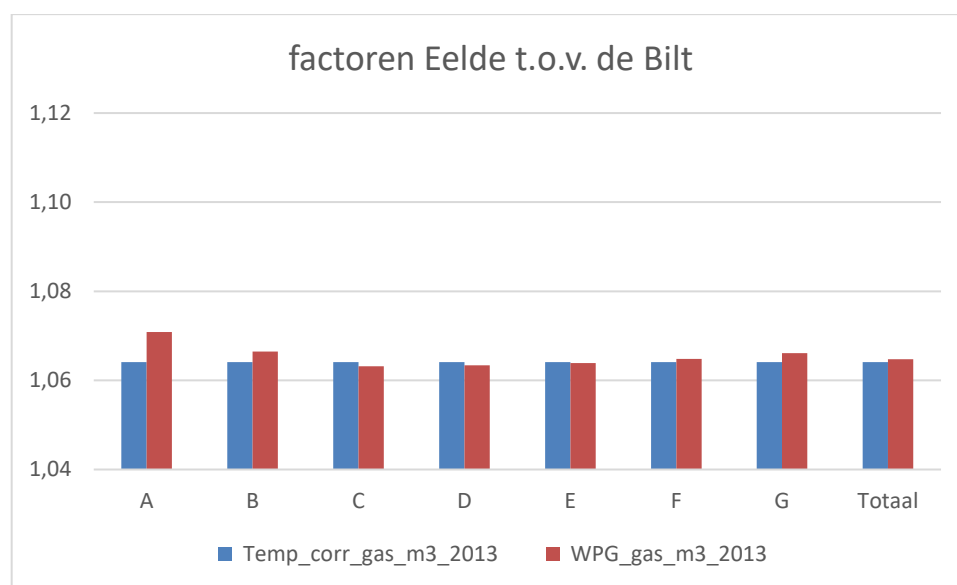
Verhouding ten opzichte van De Bilt	Eelde	Maastricht	De Bilt	De Kooy	Vlissingen
Warm jaar 2020					
WPG aardgas (m ³)	111%	99%	100%	98%	87%
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m ³)	111%	97%	100%	100%	89%
Koud jaar 2013					
WPG aardgas (m ³)	106%	102%	100%	96%	92%
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m ³)	106%	101%	100%	100%	95%

3.3 Correctiefactoren naar energielabel in een koud jaar

De figuren in deze paragraaf geven steeds de correctiefactoren aan ten opzichte van De Bilt. In dit geval voor een relatief koud jaar 2013. Als de factor >1 is dan moet het energiegebruik ten opzichte van De Bilt omhoog gecorrigeerd worden. In de figuren is onderscheid naar energielabel. De correctiefactoren in totaal (aan de rechterkant) in deze grafieken sluiten steeds aan bij de resultaten uit Tabel 2. De graaddagencorrectiefactor (aangegeven in blauw) is steeds hetzelfde bij ieder label. Deze is namelijk niet afhankelijk van het energielabel. Bij de WPG methode (aangegeven in rood) zijn wel verschillen te zien per label. Wat er precies gebeurt hangt af van het weerstation.

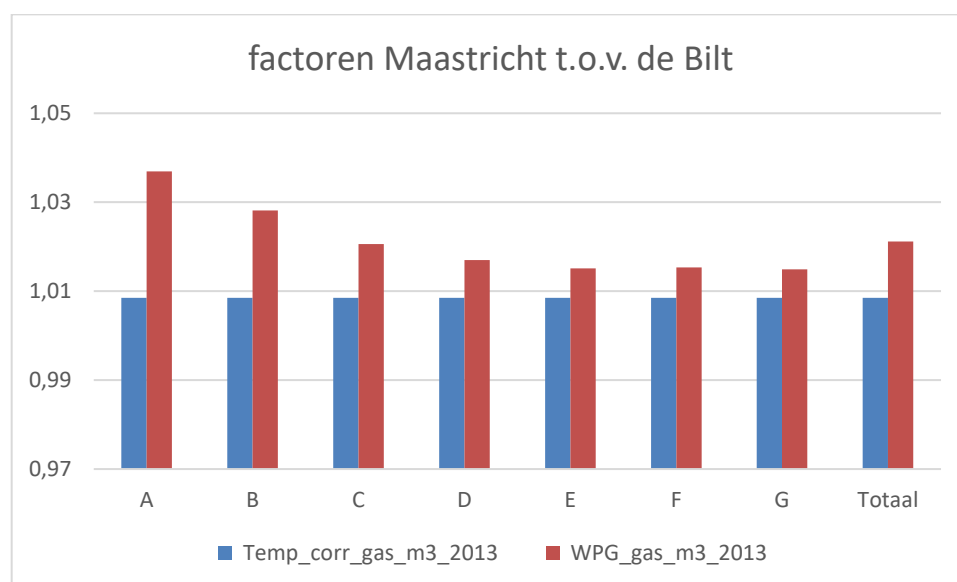
Bij Eelde en Maastricht, twee relatief koudere weerstation locaties (qua graaddagen per jaar) komt de WPG – *in Totaal* (dus gemiddeld over de labels) - op een hogere correctiefactor uit. Bij De Kooy en Vlissingen; twee relatief warmere locaties is de correctiefactor *in Totaal* juist lager. De factor ligt in beide gevallen verder af van 1 wat betekent dat de WPG methode een sterkere correctie geeft t.o.v. De Bilt (dan de graaddagencorrectie). Met andere woorden de graaddagencorrectie corrigeert het energiegebruik minder naar boven of naar beneden.

Bij Eelde (Figuur 6) valt op dat er bij label A, B, F en G een hogere WPG-correctiefactor hoort en bij de labels C t/m E een lagere correctiefactor ten opzichte van de graaddagencorrectiefactor. Het is echter nagenoeg dezelfde factor, het verschil is <1% tussen beide methoden. Blijkbaar is voor de goede en slechte labels de invloed van het weer op het stookgedrag net wat sterker dan bij de tussenliggende labelklassen. Een verklaring hiervoor wordt gezocht in de volgende paragraaf die ingaat op de gasvraag per maand.



Figuur 6 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Eelde (2013).

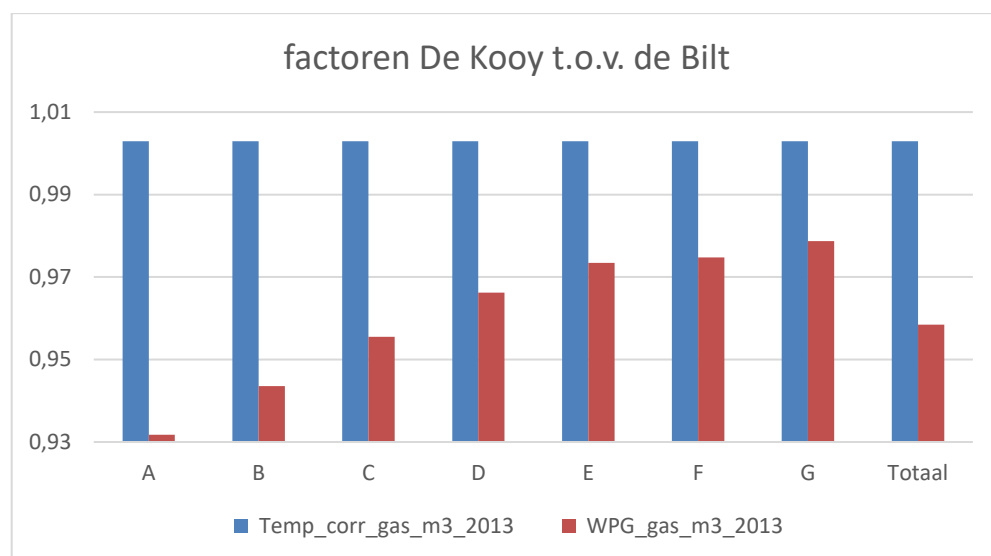
Bij Maastricht (Figuur 7) valt op dat bij ieder label een hogere WPG-correctiefactor hoort en dat de factor steeds kleiner wordt bij een slechter label. Dit is dus wel anders dan bij Eelde -die geen afnemende trend laat zien van goed richting een slechter label. Er zit 0,6-2,7% afwijking tussen de methoden afhankelijk van het energielabel.



Figuur 7 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Maastricht (2013).

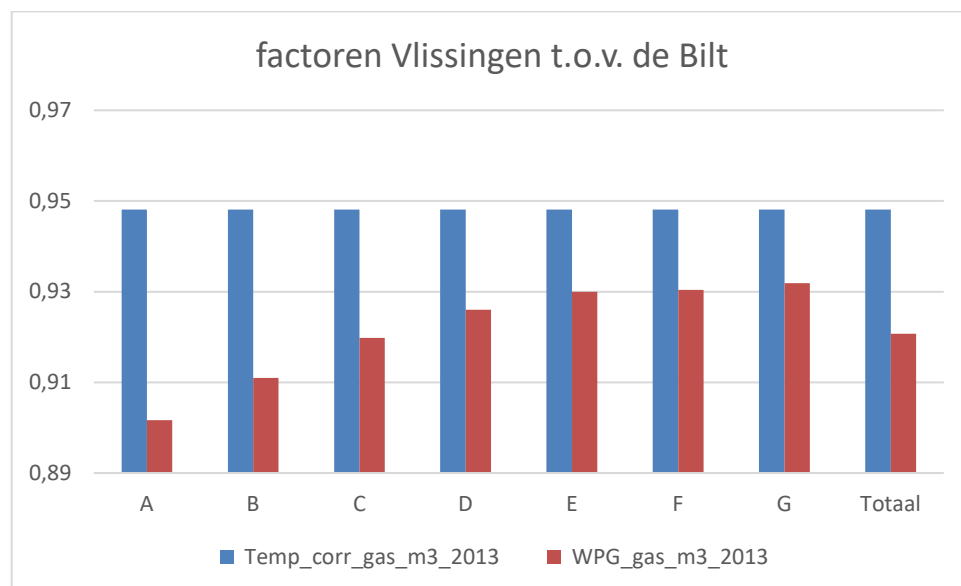
Bij de Kooy (Figuur 8) valt op dat bij ieder label een lagere WPG-correctiefactor hoort en dat de factor hoger wordt bij een slechter label. Volgens de graaddagenmethode moet het verbruik omhoog worden bijgesteld, volgens de WPG juist omlaag. Dit lijkt op het eerste gezicht niet logisch. De reden hiervoor is nog niet verder onderzocht. De graaddagen De Kooy en De Bilt liggen dicht bij

elkaar. Wel geldt – net als bij Maastricht – dat de correctie sterker is voor de goede labels (A, B) dan voor de slechtere labels. Er zit 2,5-7,6% afwijking in de methoden afhankelijk van het energielabel.



Figuur 8 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: De Kooy (2013).

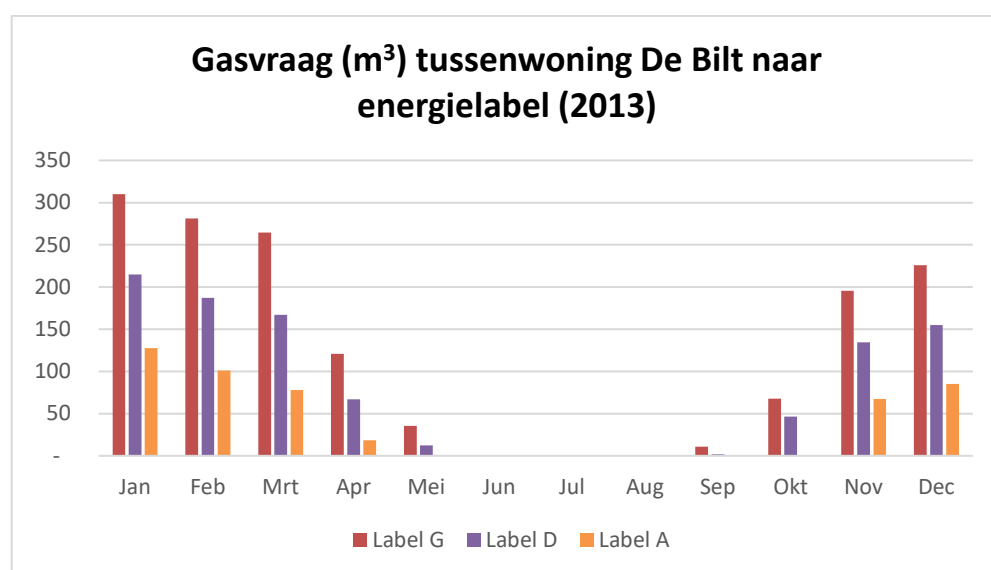
Bij Vlissingen (Figuur 9) valt op dat bij ieder label een lagere WPG-correctiefactor hoort en dat de WPG-correctie sterker is voor de goede labels (A, B) dan voor de slechtere labels. Volgens de graaddagenmethode moet het verbruik omlaag worden gecorrigeerd en volgens de WPG ook. Er zit 1,7-5,2% afwijking in de methoden afhankelijk van het energielabel.



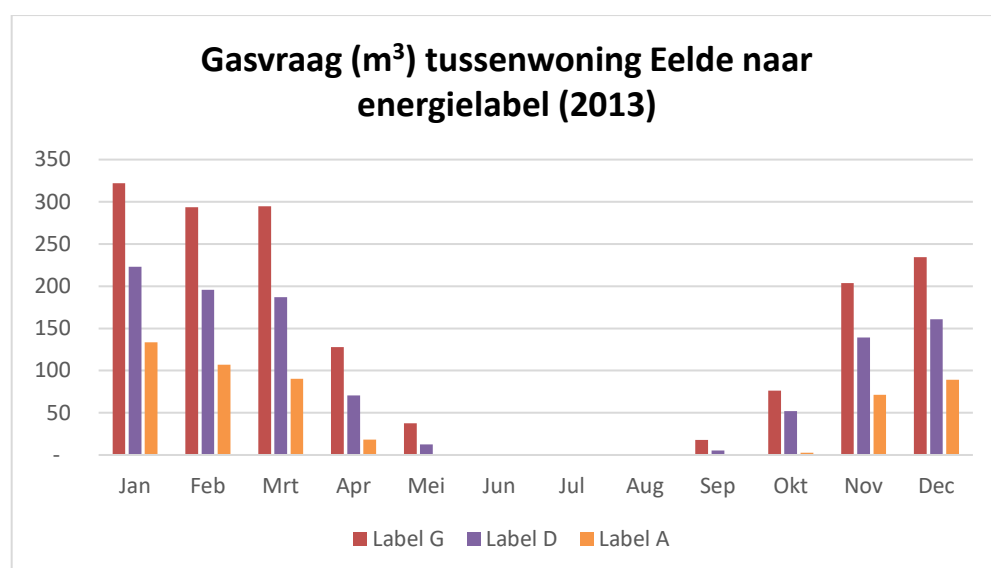
Figuur 9 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Vlissingen (2013).

Verklaring voor verschillen WPG-correctiefactoren naar energielabel

Om de vinger te kunnen leggen op verschillen in de WPG-correctiefactoren naar label bekijken we het gasgebruik per maand voor een voorbeeldwoning. In Figuur 10 is dit weergegeven voor een tussenwoning in De Bilt in 2013 die verschillende energie labels (mate van isolatie) heeft namelijk G, D of A. De lengte van het stookseizoen varieert; voor label G duurt dit langer (ook in september) dan voor label D. Een A-label heeft het kortste stookseizoen. Dat komt in beginsel omdat een slecht of matig geïsoleerde woning al moet verwarmen bij een hogere buitentemperatuur dan een goed geïsoleerde woning. Bij woningen met goede labels (isolatie) hoeft de verwarming dan nog niet aan te gaan. In Figuur 11 dezelfde figuur maar dan voor Eelde. Deze laat een vergelijkbaar beeld zien, met een hogere gasvraag per maand ten opzichte van De Bilt. Voor ieder label wordt de gasvraag hoger. Bij label D wordt nu ook gestookt in september.



Figuur 10 Gasvraag (m³) tussenwoning De Bilt naar energielabel (2013). Illustratief voorbeeld correctiefactoren voor één tussenwoning.



Figuur 11 Gasvraag (m³) tussenwoning Eelde naar energielabel (2013). Illustratief voorbeeld correctiefactoren voor één tussenwoning.

De verschillen tussen de correctiefactoren kunnen (mogelijk) als volgt worden verklaard:

1. Dezelfde G-label woningen moet meer stoken in Eelde dan in De Bilt. De verwarming moet in G-label woning aan als het buiten (bijv.) 18 graden is, maar bij eenzelfde woning met D-label of A-label staat de kachel dan uit.
2. In een A-label woning moet de verwarming relatief nog wat vaker aan in Eelde dan in De Bilt omdat het kouder is in Eelde. In een verder dezelfde woning met D- en G-labels stond de verwarming echter al aan. Het gasgebruik in de A-label woning stijgt dus relatief meer dan in woningen met label D en G. Dat geldt voornamelijk in die maanden die aan de rand van het stookseizoen zitten of er anders net buiten zouden vallen (i.e. mei, september). *Opmerking: Dit verklaart de correctiefactor Eelde label G, echter bij andere weerstations is de correctie sterker voor de goede labels en neemt deze steeds verder af met een slechter energielabel volgens mogelijke verklaring 1).*

Dit zijn mogelijke verklaringen voor de verschillen. Meer onderzoek is nodig om de verschillen te verklaren uit model aannames in de WPG en het WPG-model te valideren. Dat viel buiten de scope van deze studie.

Samenvatting bevindingen: voor koud jaar

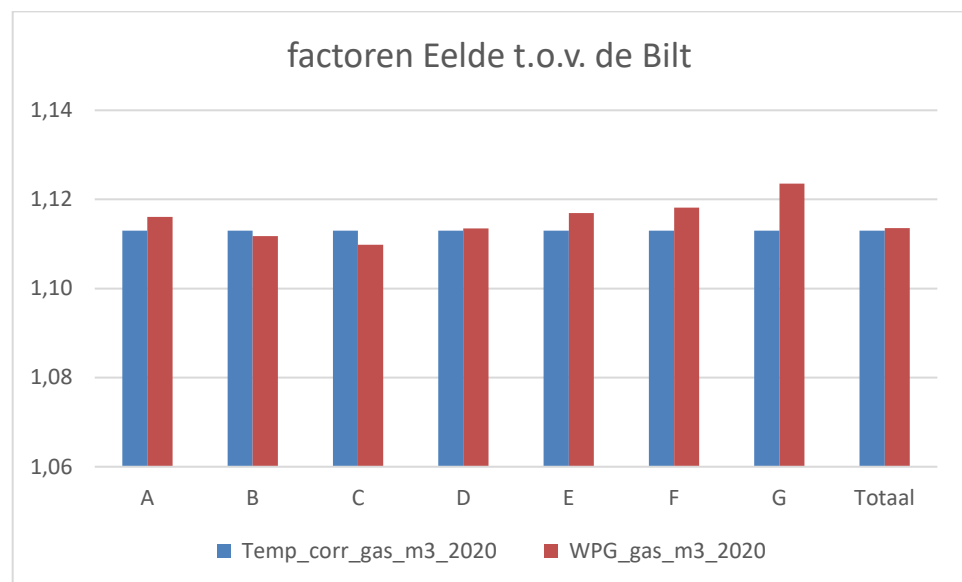
1. De WPG methode geeft een sterkere correctie t.o.v. De Bilt dan de graaddagencorrectie. Met andere woorden de WPG methode corrigeert het verbruik meer omhoog of naar beneden. Dit is vooralsnog een constatering. Aan de correctheid van dit resultaat kunnen vooralsnog geen verdere conclusies verbonden worden, omdat de WPG-methode eerst nog gevalideerd moet worden. De uitkomsten geven een indicatie dat warme locaties/jaren een andere correctiefactor opleveren als relatief koudere locaties/jaren.
2. Voor de relatief koudere weerstation locaties (Eelde, Maastricht) zijn de procentuele verschillen tussen de twee methoden kleiner dan voor de relatief warmere weerstation locaties (De Kooy, Vlissingen). Een mogelijke verklaring is dat de invloed van het weer op stookgedrag in de WPG groter is (ofwel het stookgedrag is gevoeliger voor het weer) ten opzichte van de graaddagenmethodiek (die uitsluitend met temperatuurverschillen rekening houdt en niet met andere weersfactoren). Dit is echter een hypothese die nader onderzocht moet worden.
3. Bij de goede labels (A en B) wordt het energieverbruik in de WPG meer gecorrigeerd dan bij de slechtere labels (i.e. de correctiefactor ligt verder af van 1). Hier hoort de mogelijke verklaring uit de vorige paragraaf bij.
4. Meestal is de richting van de correctie voor alle labels in dezelfde richting (kleiner of groter dan 1), maar niet altijd (zie De Kooy). Behalve het verloop van de buitentemperatuur op het stookgedrag zijn het de zoninstraling en bewolking die dit verschil moeten verklaren, aangezien alle andere factoren hetzelfde zijn. Om de absolute waarde van de correctiefactoren precies te verklaren is meer studie nodig.

3.4 Correctiefactoren naar energielabel in een warm jaar

De figuren 12 t/m 15 geven op dezelfde manier als in 3.3. de correctiefactoren, maar dan voor 2020; een relatief warm jaar. Hierbij is wederom onderscheid naar energielabel gemaakt en de totalen in deze grafieken sluiten aan bij de resultaten in Tabel 2. De graaddagen temperatuurcorrectiefactor (blauw) is hetzelfde bij ieder label. Deze hangt namelijk niet af van het label. Bij de WPG methode (rood) zijn wel verschillen te zien per label. Wat er gebeurt hangt wederom af van het weerstation én het energielabel.

Bij Eelde en Maastricht, twee relatief koudere weerstation locaties (qua graaddagen per jaar) komt de WPG –in *totaal* - op een iets sterkere hoge correctiefactor uit. Echter de WPG-correctie is minder sterk dan de graaddagencorrectie bij Maastricht (de WPG factor ligt dichterbij 1). Bij De Kooy en Vlissingen; twee relatief warmere locaties (qua graaddagen) is de WPG-correctiefactor sterker lager. De WPG methode geeft bij deze locaties dus een sterkere correctie t.o.v. De Bilt (dan de graaddagencorrectie). Dit is een vergelijkbaar resultaat als in paragraaf 3.3 voor een koud jaar. In een warm jaar is echter bij Maastricht de graaddagencorrectie sterker, bij de andere 3 stations is de WPG-correctie sterker.

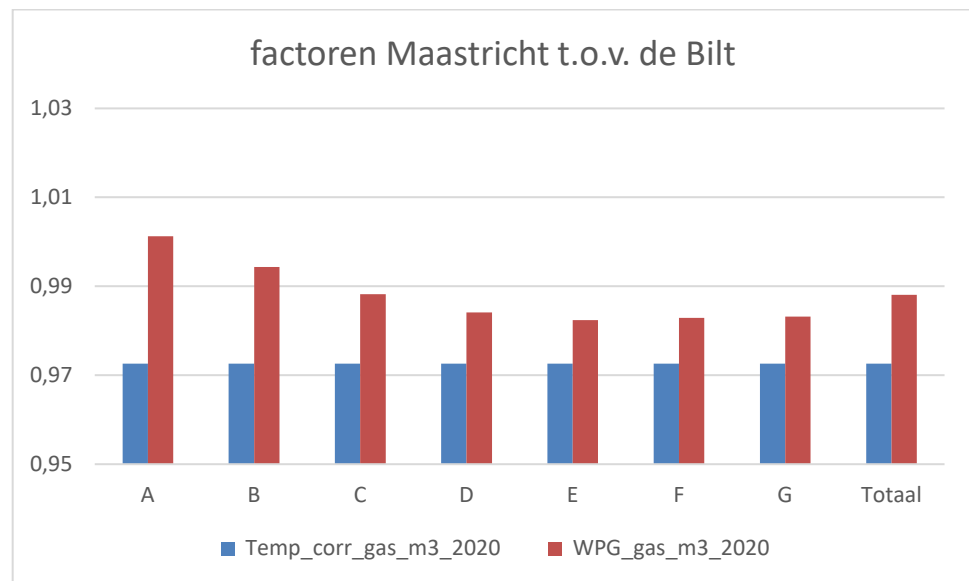
Bij Eelde (Figuur 12) valt op dat er bij label A en D t/m G een hogere WPG-correctiefactor hoort en bij de labels B en C een lagere. Het is echter nagenoeg dezelfde correctiefactor (er is slechts <1% afwijking tussen de methoden). Dit is een vergelijkbaar resultaat als voor Eelde in paragraaf 3.3. Er is wederom geen trendmatige toe of afname zichtbaar over de labels bij Eelde. Blijkbaar is voor de goede en slechte labels de invloed van het weer op het energieverbruik net wat sterker in het model dan bij tussenliggende labelklassen.



Figuur 12 Correctiefactoren van energielabels ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Eelde (2020).

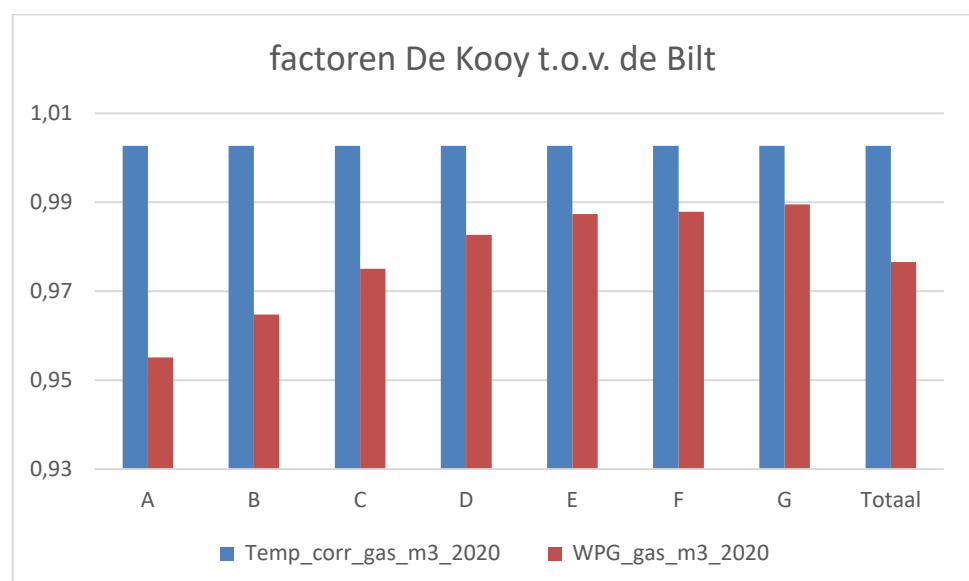
Bij Maastricht (Figuur 13) valt op dat bij ieder label een hogere WPG-correctiefactor hoort (ten opzichte van de graaddagenmethode) en dat de factor steeds kleiner wordt met een slechter label en stabiliseert bij energielabel E. Dit is dus wel anders dan bij Eelde - waar geen dergelijke trend te zien is per label. De WPG-factor ligt

dichter bij 1 dus het houdt in dat er minder gecorrigeerd hoeft te worden t.o.v. De Bilt. Er zit 1,0-2,9% verschil in de methoden afhankelijk van het energielabel.



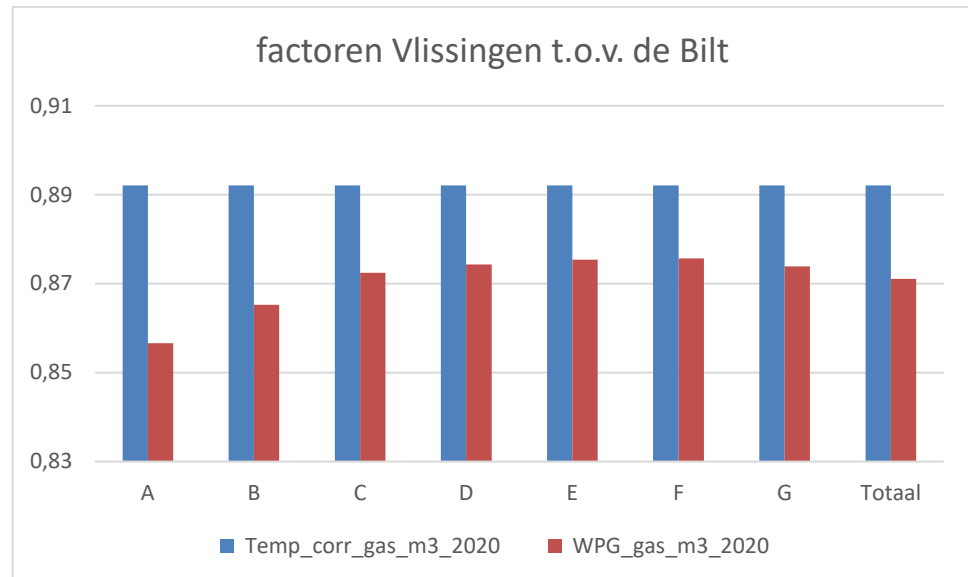
Figuur 13 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Maastricht (2020).

Bij de Kooy (Figuur 14) valt op dat bij ieder label een lagere WPG-correctiefactor hoort en dat de factor hoger wordt bij een slechter label. De WPG-factor ligt verder af van 1 dus het houdt in dat meer gecorrigeerd wordt t.o.v. De Bilt ten opzichte van met de graaddagenmethode. Volgens de graaddagenmethode moet het verbruik ietsje omhoog worden gecorrigeerd (nagenoeg geen correctie), volgens de WPG juist omlaag. Dit is opmerkelijk en de reden hiervoor is niet verder onderzocht. Wel geldt – net als bij Maastricht – dat de correctie sterker is bij de goede labels (A, B) dan voor de slechtere labels. Er zit 1,3-5,0% verschil in de methoden afhankelijk van het energielabel.



Figuur 14 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: De Kooy (2020).

Bij Vlissingen (Figuur 15) valt op dat bij ieder label een lagere WPG-correctiefactor hoort en dat de factor hoger wordt bij een slechter label. Volgens de graaddagenmethode moet het verbruik hier omlaag worden gecorrigeerd en volgens de WPG ook. Wel geldt – net als bij Maastricht – dat de correctie sterker is bij de goede labels (A, B) dan voor de slechtere labels. Er zit 1,9-4,1% verschil in de methoden afhankelijk van het energielabel.



Figuur 15 Correctiefactoren ten opzichte van De Bilt op basis van een temperatuurcorrectie met graaddagen en de WPG. Voor: Vlissingen (2020).

Samenvatting bevindingen: voor een warm jaar

1. De WPG methode geeft bij 3 van de 4 stations een sterkere correctie t.o.v. De Bilt dan de graaddagencorrectie. Met andere woorden de graaddagencorrectie corrigeert het verbruik minder naar boven of naar beneden. *De uitzondering is Maastricht. De reden hiervoor moet gezocht worden in de weersfactoren (invloed van temperatuur, zon, bewolking). Hier is verder geen onderzoek naar gedaan.*
2. Voor de relatief koudere weerstation locaties (Eelde, Maastricht) zijn de procentuele verschillen tussen de twee methoden kleiner dan voor de relatief warmere weerstation locaties (De Kooy, Vlissingen). Een mogelijke verklaring daarvoor is dat de invloed van het weer op stookgedrag in de WPG groter is (ofwel het stookgedrag is gevoeliger voor het weer) ten opzichte van de graaddagenmethodiek (die uitsluitend met temperatuurverschillen rekening houdt en niet met andere weersfactoren). Dit is echter een hypothese die nader onderzocht moet worden.
3. Bij de goede labels (A en B) wordt het energieverbruik in de WPG meer gecorrigeerd dan bij de slechtere labels (i.e. de correctiefactor ligt verder af van 1). Dat is het geval voor de relatief warme weerstation locaties De Kooy en Vlissingen. Hier hoort de verklaring uit vorige paragraaf bij. *Eelde en Maastricht zijn hier wel een uitzondering op, waarbij het meeste gecorrigeerd moet worden bij G-labels. De reden hiervoor moet gezocht*

worden in de weersfactoren (invloed van temperatuur, zon, bewolking). Hier is verder geen onderzoek naar gedaan.

4. Meestal is de correctie dezelfde richting op (i.e. factor kleiner of groter dan 1), maar niet altijd (zie resultaten De Kooy, en Maastricht voor label A). Behalve het verloop van de buitentemperatuur op het stookgedrag zijn het de zoninstraling en bewolking die dit verschil moeten verklaren, aangezien alle andere factoren hetzelfde zijn.

Vergelijking tussen een koud en warm jaar

De WPG methode geeft een sterkere correctie t.o.v. De Bilt dan de graaddagencorrectie – zowel in een koud (2013) als warm jaar (2020) voor twee van de vier weerstations. Met andere woorden de WPG corrigeert het energieverbruik sterker naar boven of naar beneden ten opzichte van De Bilt. Uitzondering is Maastricht, waar in 2020 de graaddagencorrectie sterker is terwijl deze in 2013 minder sterk is dan de WPG-correctie. Voor Eelde is er nagenoeg geen verschil.

Verskil in temperatuur op geografische locatie

We kunnen ook de verhouding berekenen in het *totale* gasgebruik op de locaties van de weerstations die het grootste verschil hebben wat betreft het aantal graaddagen. In Tabel 4 laten we dat zien voor Vlissingen: Eelde. Dit geeft het grootste procentuele verschil in gasgebruik omdat het verschil in temperatuurverloop op de locaties het grootste is. Voor een relatief koud jaar komt de WPG op een 2-3% groter verschil uit dan de graaddagenmethode en in een relatief warm jaar op ca 2% meer verschil.

Tabel 3: Verhouding gasgebruik Vlissingen: Eelde

Verhouding gasgebruik Vlissingen: Eelde	WPG	Graaddagenmethode
2013	86,47%	89,10%
2020	78,22%	80,16%

Verhouding in *totale* aardgasgebruik tussen de methoden

De WPG berekent het gebruik terwijl de graaddagenmethode dit afleidt van het gemeten gasgebruik (zie Hoofdstuk 2). In deze paragraaf analyseren we de verhouding tussen WPG-berekend en gemeten (gecorrigeerd). Tabel 4 laat de verhouding in het *totale* aardgasgebruik volgens de twee methoden zien, waarbij De WPG uitkomst gedeeld is door het temperatuur gecorrigeerde gebruik. Te zien is dat in het warme jaar 2020 de WPG op een 15-19% lager totaal gasgebruik uitkomt, afhankelijk van het weerstation, dan de graaddagencorrectie. Voor het koude jaar 2013 is er een verschil van 7-12%, afhankelijk van het weerstation. De constatering is dan ook dat de WPG steeds uitkomt op een lager gasgebruik en dat het verschil in een warm jaar groter is dan in een koud jaar.

Tabel 4: Vergelijking aardgasgebruik woningen met de WPG en graaddagencorrectie.

Verhouding tussen methoden	Eelde	Maastricht	De Bilt	De Kooy	Vlissingen
Warm jaar 2020					
WPG gedeeld door Temperatuur gecorrigeerd	83%	85%	83%	81%	81%
Koud jaar 2013					
WPG gedeeld door Temperatuur gecorrigeerd	92%	93%	92%	88%	89%

3.5 Verhouding beide methoden naar energielabel

In de vorige paragraaf hebben we laten zien hoe groot het verschil is in het *totale* aardgasverbruik tussen beide methoden. Dit gaf echter alleen inzicht in de verhouding voor de *totale* woningpopulatie. Dit is dus alleen de gemiddelde verhouding. De verschillen in aardgasgebruik hebben we in deze paragraaf bekeken voor de verschillende energielabels. De energielabelverdeling in aantallen woningen is aangegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Aantal woningen naar energie label in de populatie

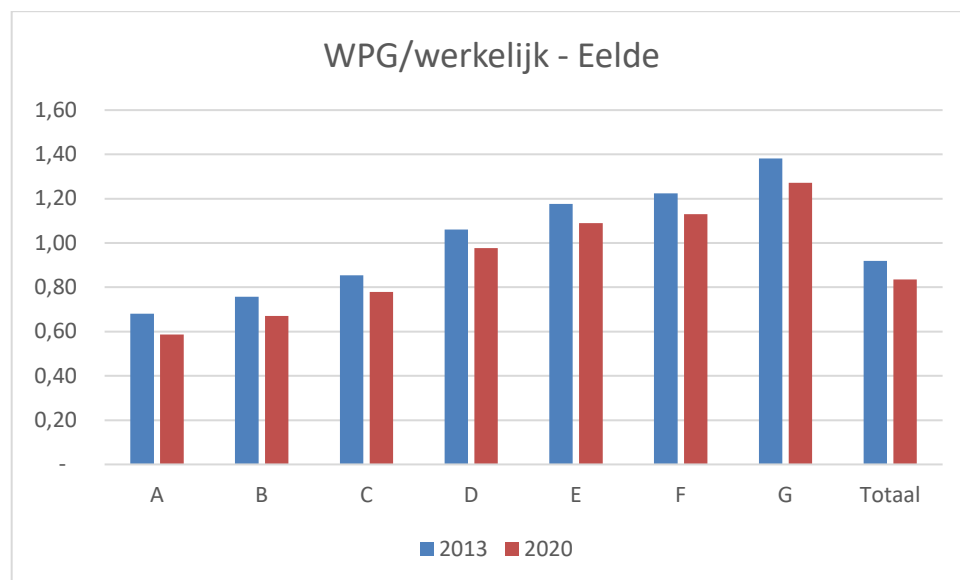
Labels	Aantal woningen
A	472
B	435
C	834
D	366
E	195
F	90
G	41
Totaal	2433

In figuren 16 t/m 19 is per weerstation de verhouding WPG/temperatuur gecorrigeerd weergegeven. Het koude jaar 2013 (in blauw) en warme jaar 2020 (in rood) zijn weergegeven.

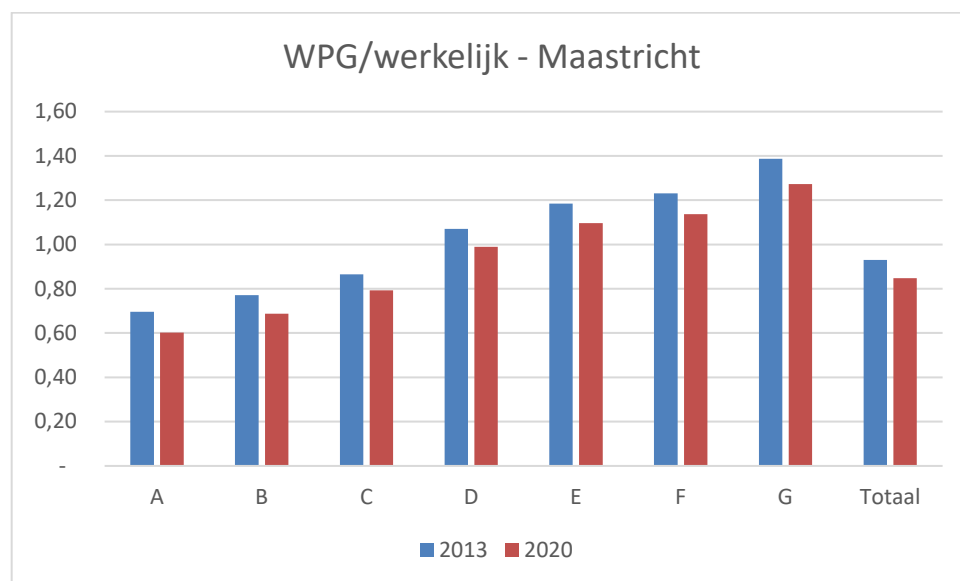
Te zien is dat de WPG het gemiddelde gasgebruik van woningen met slechte labels overschat en het gasgebruik van de goede labels onderschat. Deze mate van afwijking is ongeveer hetzelfde voor de 5 weerstations. In het warme jaar 2020 is het verschil (de afwijking t.o.v. 1) bij de goede labels wel nog iets groter terwijl het verschil bij de slechte labels wat kleiner is. Tussen het graaddagen gecorrigeerd gebruik en het werkelijk gebruik zit steeds dezelfde verhouding (de graaddagen correctiefactor hangt niet af van het energielabel).

Een afwijking tussen berekend en gemeten (gecorrigeerd) energiegebruik is niet nieuw in de wereld van de fysische energiemodellen voor verwarming in gebouwen. Verklaringen hiervoor zullen moeten worden gezocht in de modelaannames. Het kan zitten in gedragsfactoren. Te denken is aan het rebound effect dat leidt tot meer en/of op een hogere temperatuur stoken bij goede labels en omgekeerd bij slechte labels). Ook andere factoren zoals woningtype, bouwkundig en installatietechniek die in de praktijk afwijken kunnen een rol spelen maar zijn niet onderzocht.

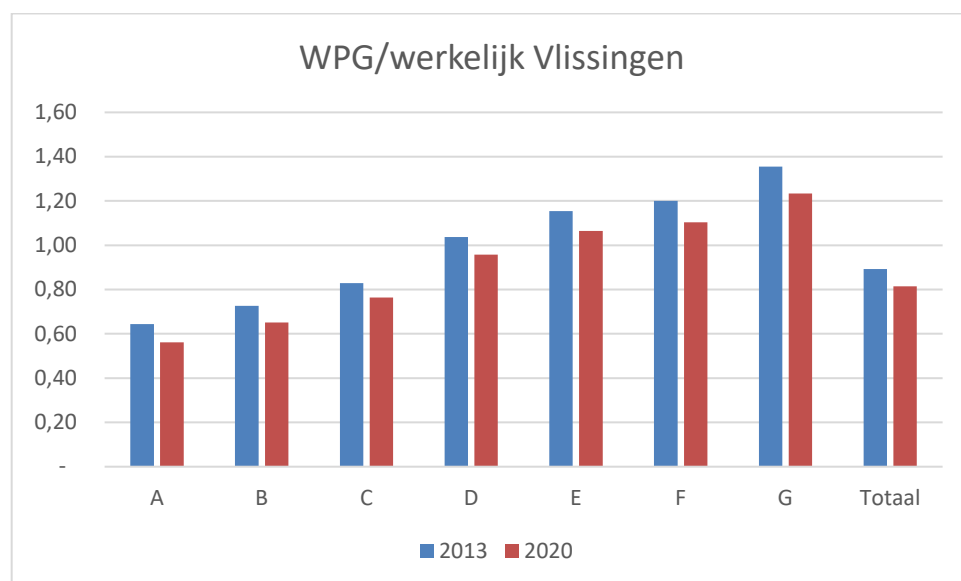
Noot: In Tabel 1 zagen we dat de WPG in *totaal* op een lager gasverbruik uitkomt. Dat kan worden verklaard met de labelverdeling waarin veel A-, B- en C-labels voorkomen. Er zijn dus relatief meer woningen in de populatie met een laag energiegebruik. Als er relatief veel woningen met een slecht label in de populatie waren geweest dan was het totaal gasverbruik (ook in tabel 1) hoger geweest dan de graaddagenmethode.



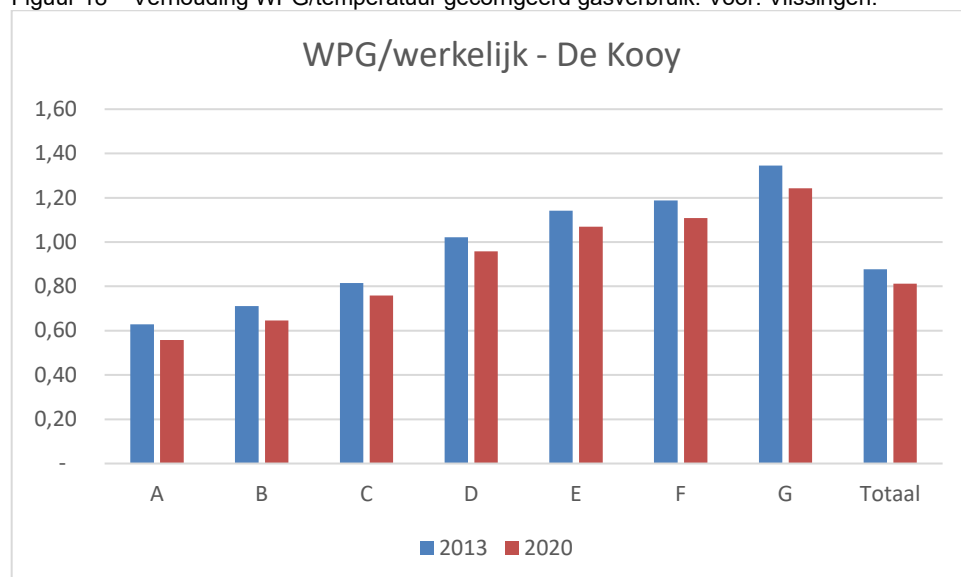
Figuur 16 Verhouding WPG/temperatuur gecorrigeerd gasverbruik. Voor: Eelde.



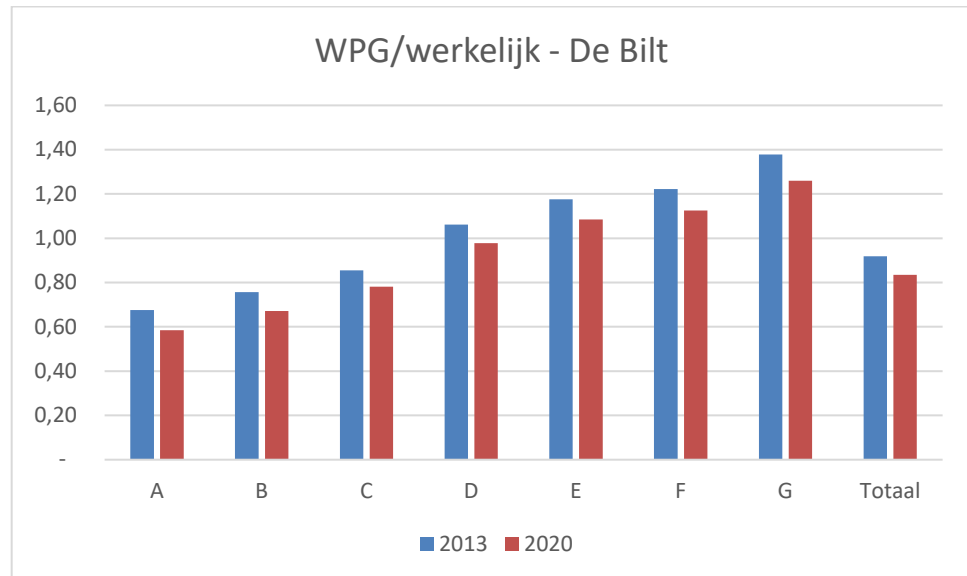
Figuur 17 Verhouding WPG/temperatuur gecorrigeerd gasverbruik. Voor: Maastricht.



Figuur 18 Verhouding WPG/temperatuur gecorrigeerd gasverbruik. Voor: Vlissingen.



Figuur 19 Verhouding WPG/temperatuur gecorrigeerd gasverbruik. Voor: De Kooy.



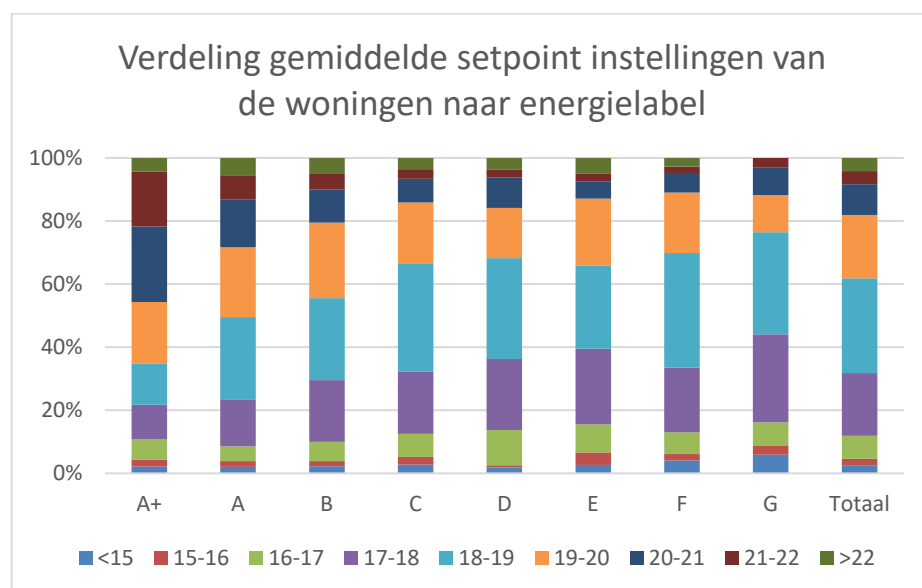
Figuur 20 Verhouding WPG/temperatuur gecorrigeerd gasverbruik. Voor: De Bilt.

3.6 Effect van setpoints binnen labels op het gasgebruik

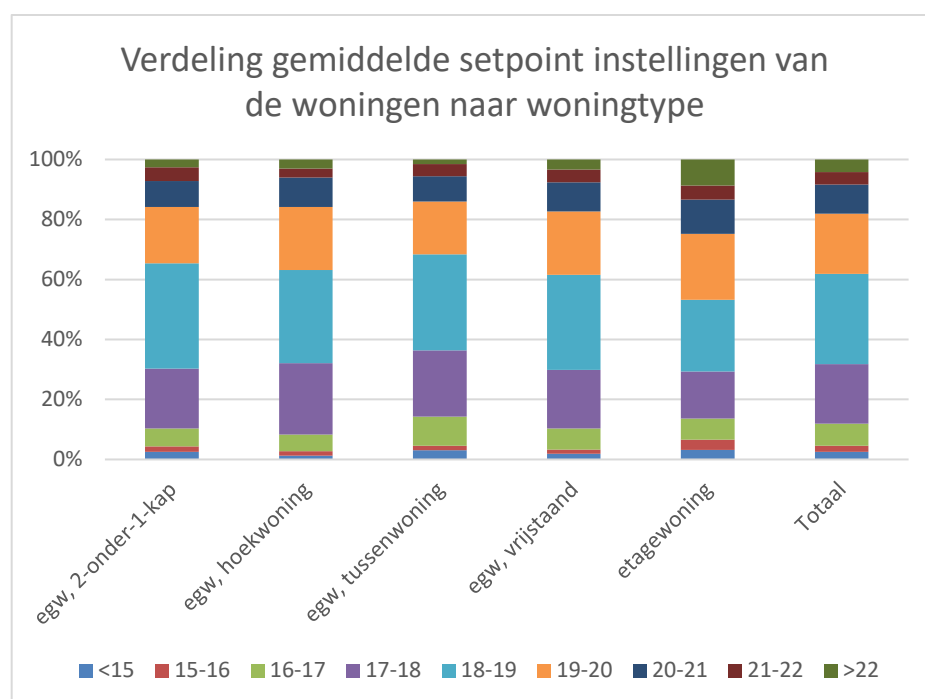
Naast het energielabel heeft het setpoint een belangrijke invloed op het gasgebruik voor ruimteverwarming. Een hoger setpoint leidt tot meer gasgebruik. Dit kan mogelijk deels verklaren waarom het gasgebruik van slechte labels wordt overschat en dat van goede labels onderschat. De verdeling van gemiddelde setpoint instellingen van de woningen zijn weergegeven in Figuur 21. Hierbij staat de afkorting 'egw' voor eengezinswoning. Een etagewoning is een meergezinswoning.

Een setpoint tussen 17 en 20 graden komen het meest voor. Bij goede labels (A, A+) komen hogere setpoints relatief vaker voor waarmee een deel van het hogere werkelijke verbruik bij deze labels verklaard kan worden. Voor slechte labels vice versa.

In Figuur 22 is de verdeling van gemiddelde setpoint instellingen van de woningen aangegeven per woningtype. In tussenwoningen komen lagere gemiddelde setpoints (onder de 19 graden) relatief het meest voor. In etagewoningen staat de thermostaat daarentegen gemiddeld vaker hoger ingesteld.



Figuur 21 Verdeling gemiddelde setpoint instellingen over aantal woningen per labelklasse in de WoOn populatie.



Figuur 22 Verdeling gemiddelde setpoint instellingen over aantal woningen per woningtype in de WoOn populatie

De WPG komt op een *totaal* lager totaal gasgebruik uit voor de woningpopulatie dan de graaddagenmethodiek. Dat ligt aan de labelverdeling waar relatief meer goede labels in zitten; 72% van de woningen heeft namelijk label C of beter, waardoor er relatief meer onderschattingen van het aardgasgebruik voorkomen in de onderzochte woningpopulatie.

4 Conclusie en discussie

4.1 Conclusie

Het doel van deze studie was om na te gaan tot welke verschillen in aardgasgebruik voor ruimteverwarming voor woningen de TNO Warmteprofielengenerator (WPG) komt in vergelijking tot de graaddagenmethode die gebruikt wordt voor klimaatcorrecties. Dit is bekeken voor 5 verschillende weerstations en een warm (2020) versus koud jaar (2013) qua aantal graaddagen over de afgelopen 10 jaar.

De resultaten laten zien dat naar verhouding (wanneer het relatieve gasgebruik in De Bilt als 100% wordt beschouwd) het naar een ander weerstationslocatie gecorrigeerd gasgebruik “voor de woningpopulatie” enkele procenten verschilt tussen de WPG-correctie en de graaddagenmethode. Een afwijking van 2% in het relatieve aardgasgebruik ten opzichte van De Bilt treedt op in de methoden in het relatief warme jaar 2020. Voor het relatief koude jaar 2013 is de afwijking tussen de methoden wel iets groter, namelijk ten hoogste 4% afhankelijk van het weerstation.

Tabel 6: Vergelijking aardgasgebruik woningen ten opzichte van De Bilt. Verschilfactor tussen weerstation en De Bilt volgens de WPG en graaddagencorrectie. (kopie van Tabel 2)

Verhouding ten opzichte van De Bilt	Eelde	Maastricht	De Bilt	De Kooy	Vlissingen
Warm jaar 2020					
WPG aardgas (m ³)	111%	99%	100%	98%	87%
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m ³)	111%	97%	100%	100%	89%
Koud jaar 2013					
WPG aardgas (m ³)	106%	102%	100%	96%	92%
Temperatuur gecorrigeerd aardgas (m ³)	106%	101%	100%	100%	95%

De resultaten liggen dus dicht bij elkaar. De WPG methode geeft wel een iets sterkere correctie t.o.v. De Bilt dan de graaddagencorrectie. Met andere woorden de WPG methode corrigeert het verbruik meer naar boven of naar beneden (enige uitzondering is Maastricht in 2020, de reden hiervoor is niet nader onderzocht. Naast het verloop van de buitentemperatuur zijn het de zoninstraling en bewolking die dit verschil moeten verklaren aangezien andere factoren gelijk zijn). Dit is vooral nog een constatering. Aan de correctheid van dit resultaat kunnen vooral nog geen verdere conclusies verbonden worden, omdat de WPG-methode eerst nog gevalideerd moet worden. De uitkomsten geven een indicatie dat warme locaties/jaren een andere correctiefactor opleveren als relatief koudere locaties/jaren.

Als er in de WPG onderscheid naar energielabel wordt gemaakt in de bepaling van de correctiefactor dan is het verschil met de graaddagenmethode ten hoogste 5%, afhankelijk van de weerstationslocatie en het energielabel. Bij de goede labels (A en B) wordt het energieverbruik in de WPG meer gecorrigeerd dan bij de slechtere labels (i.e. de correctiefactor ligt verder af van 1). Maastricht is hier de uitzondering

op in een warm jaar (2020), wat verklaard moet worden uit weersfactoren (temperatuur, zon, bewolking).

De verschillen in de correctiefactoren naar label kunnen (mogelijk) als volgt worden verklaard:

1. Dezelfde G-label woningen moet meer stoken in Eelde dan in De Bilt. De verwarming moet in G-label woning aan als het buiten (bijv.) 18 graden is, maar bij eenzelfde woning met D-label of A-label staat de kachel dan uit.
2. In een A-label woning moet de verwarming relatief nog wat vaker aan in Eelde dan in De Bilt omdat het kouder is in Eelde. In een verder dezelfde woning met D- en G-labels stond de verwarming echter al aan. Het gasgebruik in de A-label woning stijgt dus relatief meer dan in woningen met label D en G. Dat geldt voornamelijk in die maanden die aan de rand van het stookseizoen zitten of er anders net buiten zouden vallen (i.e. mei, september). *Opmerking: Dit verklaart de correctiefactor Eelde label G, echter bij andere weerstations is de correctie sterker voor de goede labels en neemt deze steeds verder af met een slechter energielabel volgens mogelijke verklaring 1).*

Dit zijn mogelijke verklaringen voor de verschillen. Meer onderzoek is nodig om de verschillen te verklaren uit model aannames in de WPG en het WPG-model te valideren. Dat viel buiten de scope van deze studie.

Opmerkelijk is wel dat bij uitzondering de richting van de WPG-correctiefactoren ten opzichte van de graaddagenmethode anders is (hoger i.p.v. lager dan 1 of juist omgekeerd). De richting van de klimaatcorrectie is dus niet overal in lijn met de graaddagenmethodiek, die een benadering is. Dat er verschil tussen de methoden zit is momenteel een constatering. Om de verschillen verder te verklaren is meer studie nodig naar de verschillen in aannames tussen beide methoden. Afgezien van het verloop van de buitentemperatuur zijn het de zoninstraling en bewolking die dit verschil moeten verklaren aangezien alle andere factoren gelijk zijn.

Geschiktheid van de WPG als alternatieve methode

De WPG-methode is mogelijk -na validatie van de WPG- geschikt als alternatief voor de graaddagenmethode. Het geeft gecorrigeerde verbruiken ten opzichte van De Bilt, gemodelleerd met weersfactoren (temperatuur, zon, bewolking) op uurbasis.

Het voordeel is dat de WPG methode kan worden toegepast om te corrigeren voor woningen met verschillende kenmerken zoals woningtype, bouwjaar, energielabel. De graaddagenmethode corrigeert immers met dezelfde correctiefactor voor alle woningen ongeacht deze kenmerken. Bij de goede labels (e.g. A, B) wordt zo in de WPG sterker gecorrigeerd voor de invloed van weersfactoren en leidt dit dus tot een juist nog hoger of juist nog lager verbruik ten opzichte van de graaddagenmethodiek. Dit bootst de buitentemperatuurgrens waarbij de verwarming daadwerkelijk aan gaat mogelijk beter na.

De WPG geeft ten hoogste 5% verschil in de correctiefactoren tussen de labels. In de Kooy 2013 is het verschil in correctiefactor tussen label A en G ongeveer 5%. Wanneer alle woningen met een A-label dus in de Kooy zouden staan dan is het verschil in totale gasgebruik van de voorraad met A-label ongeveer 5%. Doorgaans

is het verschil in correctiefactoren per energie label echter veel kleiner (slechts een paar procent). Het gebruik van de WPG-klimaatcorrectiefactoren zou daarom niet leiden tot een aanzienlijk ander *totaal* gasgebruik voor de gehele woningvoorraad. De resultaten tonen aan dat wanneer de WPG-locatie-energielabel afhankelijke correctiefactoren gebruikt zouden worden, er slechts een verschil van enkele procenten is met de graaddagenmethode voor het totale aardgasgebruik van de huishoudens en dat dit verschil groter is in een koud dan in een warm jaar.

4.2 Afwijking met werkelijk gebruik

De WPG laat een afwijking zien met het werkelijk gasgebruik. De WPG overschat het gemiddelde gasgebruik van woningen met slechte labels en onderschat het gasgebruik van woningen met goede labels. De mate van afwijking is ongeveer gelijk voor de 5 weerstations. In het warme jaar 2020 is het verschil bij de goede labels nog iets groter terwijl het verschil bij de slechte labels wat kleiner is.

De afwijking tussen WPG-berekend en gemeten (temperatuur gecorrigeerd) is niet nieuw in de wereld van de fysische energiemodellen voor modellering van verwarming in gebouwen. Verklaringen hiervoor zullen moeten worden gezocht in de modelaannames. Mogelijke verklaringen hiervoor zitten onder andere in gedragsfactoren. Daarbij is te denken aan het rebound effect wat leidt tot meer en/of op een hogere temperatuur stoken bij goede labels. Aan de andere kant is er juist sprake van selectief en minder stoken bij de slechte labels. Mogelijke andere factoren zoals afwijkingen van woningtype, bouwkundig en installatietechniek in de praktijk zijn niet onderzocht.

De WPG komt op een *totaal* lager totaal gasgebruik uit voor de woningpopulatie dan de graaddagenmethodiek. Dat ligt aan de labelverdeling waar relatief meer goede labels in zitten; 72% van de woningen heeft namelijk label C of beter, waardoor er relatief meer onderschattingen van het aardgasgebruik voorkomen in de onderzochte woningpopulatie.

Voor de WPG-correctiefactoren is het gegeven dat er een afwijking is met het werkelijke verbruik echter niet direct van belang. Het gaat namelijk om de verhouding in het gasverbruik tussen locaties. Om deze reden moeten de weerscorrectiefactoren voor specifieke locaties *relatief ten opzichte van De Bilt* worden bepaald.

4.3 Temperatuurcorrectiefactoren per locatie en energielabel-bouwjaar-woontype-combinaties

Voor specifieke weerstation locaties kunnen de WPG-correctiefactoren *relatief ten opzichte van De Bilt en voor de "gewenste" energielabel-bouwjaar-woontype-combinaties* worden berekend en vervolgens geïntegreerd in geografische energie-modellen. Deze referentie van De Bilt moet dan natuurlijk wel overeenkomen met (of 'representatief zijn voor') het werkelijke verbruik.

Aanbeveling

In het onderzoek is gebruik gemaakt van het gemeten aardgasgebruik van WoON2018. Deze dataset bestaat uit waarnemingen van één jaar. Hiermee is aangetoond dat er weinig verschil in geografische correctie is tussen GWP en de graaddagen methode als het over het totaal verbruik gaat. De GWP methode heeft echter wel andere correctiefactoren op energielabelniveau. In het onderzoek kon echter niet worden nagegaan of de GWP correctiefactoren beter zijn omdat de waarnemingen van slechts één jaar beschikbaar waren. Aanbevolen wordt om nader statistisch onderzoek te doen met waarnemingen over meerdere (koude en warme) jaren van het gemeten gasverbruik van woningen onderscheiden naar energielabels en woningtypen.