

# OPENINGSBOD

Achtergrondrapportage 2021 editie



## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	2
1. Inleiding .....	3
1.1. Aanleiding en doel .....	3
1.2. Relevantie van een nieuwe editie.....	3
1.3. Link met de activiteiten van de netbeheerder.....	3
1.4. Opbouw van achtergrondrapportage .....	4
2. Onderzoeksaanpak .....	5
2.1. Robuustheid .....	5
2.2. Drie modellen .....	5
2.3. Drie energietoekomst .....	5
2.4. Zichtjaar .....	6
2.5. Afstemming uitgangspunten .....	6
3. Modelling van het Openingsbod.....	7
3.1. Inputdata en uitgangspunten .....	7
3.2. Warmtetechnieken.....	9
3.3. Rekenmodellen.....	9
3.4. Beschikbaarheid van energie in 2050 .....	12
3.5. Gevoeligheidsanalyse .....	15
3.6. Robuustheidsscore per modeluitkomst.....	16
3.7. Uitkomsten samenvoegen en robuustheidsscore bepalen .....	16
3.8. Robuuste buurten bepalen.....	17
3.9. Verschillen en overeenkomsten met de methode en uitgangspunten van de Startanalyse .....	17
4. Resultaten .....	19
4.1. Wat is het resultaat van het Openingsbod? .....	19
4.2. Openingsbod in context.....	22
Bijlage A.....	26

# 1. Inleiding

De komende jaren gaat de gebouwde omgeving over op duurzame alternatieven voor aardgas. Deze warmtetransitie levert moeilijke vraagstukken op. Bijvoorbeeld voor gemeenten, die eind 2021 een Transitievisie Warmte gereed moeten hebben. En voor netbeheerders, die pas aan de slag kunnen gaan zodra er energiesysteemkeuzes zijn gemaakt. Het Openingsbod biedt ondersteuning door bij te dragen aan de besluitvorming over de warmtetransitie.

## 1.1. Aanleiding en doel

De warmtetransitie is de komende 30 jaar een enorme opgave voor netbeheerders en gemeenten. Er wordt volop gerekend aan de warmtetransitie, maar iedere aanpak is anders. Dit leidt tot verwarring en onzekerheid, wat het maken van keuzes bemoeilijkt. Anders dan andere analyses is het Openingsbod gericht op het reduceren van onzekerheid in de warmtetransitie. Dit door op zoek te gaan naar uitkomsten die onder allerlei omstandigheden hetzelfde blijven: robuuste uitkomsten. Het Openingsbod zet daartoe de Top 3 van energietransitiemodellen in, die elk voor alle buurten rekenen aan drie energietoekomst en vervolgens hun resultaten bundelen. Het uiteindelijke resultaat is één goed onderbouwde en gedragen uitkomst.

Buurten met robuuste uitkomsten lenen zich om op de korte termijn mee aan de slag te gaan. Geheel in lijn met het idee van een stapsgewijze warmtetransitie onderscheidt het Openingsbod zich zo doordat zij helpt bij het aanbrengen van een volgorde van buurten. Daar waar daadwerkelijk zekerheid geboden kan worden biedt het Openingsbod deze. In buurten waar definitieve keuzes nog niet in zicht zijn geeft het Openingsbod handelingsperspectief. Dit maakt de transitie planbaar maakt en zorgt ervoor dat de netbeheerder zijn infrastructuur optimaal kan inzetten en verantwoorde investeringsbeslissingen kan nemen.

## 1.2. Relevantie van een nieuwe editie

Het Openingsbod is erop gericht om de warmtetransitie gefaseerd aan te pakken door steeds met de bril van het moment naar de opgave te kijken. Die bril is een momentopname van bijvoorbeeld de prijzen en beschikbaarheid van energiedragers, maar ook van de stand van zaken van warmtetechnieken. Dergelijke uitgangspunten zijn met onzekerheid omgeven, wat ertoe leidt dat voor een hoop buurten geen robuuste keuzes kunnen worden gemaakt. Met de tijd kunnen de uitgangspunten geactualiseerd en aangescherpt worden. Daardoor kan de poule met robuuste buurten beetje bij beetje worden aangevuld en is de puzzel van de warmtetransitie stap voor stap te leggen.

Parallel aan dit proces van actualiseren loopt het verbeteren van de kwaliteit van het Openingsbod. Deze kwaliteit wordt met name verbeterd dankzij de feedback van interne en externe gebruikers. In het Openingsbod dat voor ligt is hierin een flinke slag geslagen, onder andere door aquathermie mee te nemen, door het beschouwen van een scenario waarin warmtebronnen onbeperkt aanwezig zijn en door het handelingsperspectief voor gemeenten concreter en veelomvattender te maken. Naast deze nieuwe features zijn in het huidige Openingsbod de nodige updates van de modellen zelf meegenomen.

## 1.3. Link met de activiteiten van de netbeheerder

Het Openingsbod vergroot de planbaarheid van de warmtetransitie voor netbeheerders. Allereerst doet zij dit door in kaart te brengen wat vanuit verschillende perspectieven gezien de meest voor de hand liggende warmtetechnieken zijn, op buurtniveau in de verzorgingsgebieden van Stedin, Enduris en Capturam. Maar, belangrijker nog, brengt het Openingsbod zekerheid op die plekken waar de uitkomsten robuust zijn. Dit is essentiële input voor de activiteiten van de netbeheerder en helpt de opgave voor de komende jaren te concretiseren.

Naast het Openingsbod biedt netbeheerder Stedin een toolkit vol met andere hulpmiddelen die gemeenten ondersteunen in de warmtetransitie. Zo helpen Kansencarten bij het geven van inzicht in de beschikbare capaciteit in het netwerk, en rekt de Quickscan de concrete plannen van gemeente door. Op deze manier maken we samen werk van de energietransitie.

#### 1.4. Opbouw van achtergrondrapportage

De technische opbouw en uitvoering van het Openingsbod wordt chronologisch besproken in deze rapportage. Deze rapportage vervult daarmee de rol van een 'achtergrondrapportage' die aan gebruikers inzicht geeft in de technische details van het Openingsbod. Er komen onderwerpen aan bod die antwoord geven op vragen zoals: 'Hoe wordt de warmtetechniek van een buurt bepaald door de modellen?', en, 'hoe wordt de robuustheid van een warmtetechniek in een buurt bepaald?'. Gebruikers kunnen met behulp van deze achtergrondrapportage specifieke resultaten in buurten verklaren en duiden. De lezer die enkel geïnteresseerd is in de resultaten en de interpretatie ervan verwijzen we door naar de meer toegankelijke beschrijving van het Openingsbod via de websites van Stedin en Capturam.

Deze achtergrondrapportage is opgebouwd aan de hand van drie kernonderdelen. In hoofdstuk 2 'onderzoeksapproak' wordt de hierboven beschreven 'nut en noodzaak' van robuuste resultaten voor de warmtetransitie vertaald naar een onderzoeksapproak die globaal de kenmerken van het Openingsbod beschrijft. Hoofdstuk 3, 'Modellering van het Openingsbod', omvat een technische detaillering van de onderzoeksapproak. Dit hoofdstuk geeft chronologisch invulling aan de modelberekeningen die het Openingsbod presenteert - van het verzamelen van de data voor de modelberekeningen tot het bepalen van de robuuste buurten op basis van de modelresultaten. Tot slot wordt in hoofdstuk 4, 'Resultaten', beschreven hoe de resultaten die volgen uit het Openingsbod geduid dienen te worden. Het Openingsbod wordt daarbij in context geplaatst naast andere warmtetransitie-studies zoals de Startanalyse. Tevens wordt hier ingegaan op de verschillen tussen het eerdere Openingsbod en het actuele Openingsbod.

## 2. Onderzoeksaanpak

Als het gaat om de toekomstige verwarming van de gebouwde omgeving is er nog veel onzeker. Gaan we duurzaam gas gebruiken of toch de elektrische warmtepomp? Welke warmtebronnen zijn of komen er in een regio? Welke technologieën en brandstoffen zijn beschikbaar en hoe duur worden die? Wat uiteindelijk de beste oplossing is voor een buurt hangt af van het antwoord op deze vragen. Het Openingsbod zoekt de buurten waar we zo zeker mogelijk zijn van de technologie om over te gaan op duurzame verwarming. Dit zijn de buurten waar er als eerst gestart zou kunnen worden met de warmtetransitie.

### 2.1. Robuustheid

In het Openingsbod zoeken we naar buurten waar we zo zeker mogelijk zijn van de technologie. Dit zijn buurten waar de aanbevolen technologie, ofwel de 'voorkeursoptie', voor verwarmen onder zoveel mogelijk verschillende omstandigheden hetzelfde is. Dat doen we de door met drie verschillende modellen te rekenen (zie paragraaf 2.2). Deze drie modellen rekenen elk aan drie 'energietoekomst' - beelden van hoeveel energie er in de toekomst beschikbaar is (zie paragraaf 2.3). Daarnaast geven de modellen elk voor zich aan hoe robuust een uitkomst is. Buurten waar de aanbevolen techniek niet of nauwelijks verandert in de verschillende berekeningen hebben een hoge robuustheidsscore, en noemen we robuust.

De robuuste buurten in het Openingsbod beslaan ongeveer 20% van de woningequivalenten (WEQ)<sup>1</sup>. Alle andere buurten krijgen op dit moment nog een 'onzekere' uitkomst (in de tool ook wel 'overige resultaten' genoemd). Door het Openingsbod periodiek te herhalen en steeds rekening te houden met de buurten waar al definitieve keuzes zijn gemaakt, verwachten we de komende jaren voor steeds meer buurten een robuuste uitkomst. Zo kan er naarmate de warmtetransitie vordert voor steeds meer buurten een uitspraak gedaan worden.

Het Openingsbod onderscheidt zich door de uitgebreide aanpak waarmee de robuustheid van de warmtetechnologie bepaald wordt: er is gerekend met drie verschillende modellen en er is gekeken naar drie verschillende energietoekomst.

### 2.2. Drie modellen

Er is een groot aanbod aan energietransitie-modellen. Ieder van die modellen heeft zijn eigen expertise en zwakke plekken. Zodoende kunnen verschillende modellen verschillende resultaten bieden voor één buurt. Om de onzekerheid die hierdoor ontstaat te verminderen zet het Openingsbod meerdere modellen in, namelijk de drie meest gebruikte energietransitie-modellen voor de gebouwde omgeving:

- **Vesta MAIS** model van het Planbureau voor de Leefomgeving (toegepast door Ecorys)
- **CEGOIA** van CE Delft
- **Energietransitiemodel-warmtemodule** van Quintel Intelligence

### 2.3. Drie energietoekomst

Het resultaat van het Openingsbod is afhankelijk van factoren die in de toekomst kunnen veranderen. Deze factoren zijn onzeker en kunnen we niet voorspellen. Belangrijke factoren die onzeker zijn voor de toekomst zijn de beschikbaarheid van duurzaam gas en warmtebronnen. De drie energietoekomst van Openingsbod verschillen daarom in de hoeveelheid duurzaam gas en warmtebronnen die beschikbaar is. Het Openingsbod richt zich op het warmtegebruik in de gebouwde omgeving en niet op de beschikbaarheid of verduurzaming van het elektriciteitsaanbod. In de drie energietoekomst wordt daarom verondersteld dat elektriciteit ongelimiteerd beschikbaar is voor de gebouwde omgeving. Details over de aangenomen beschikbaarheid van duurzaam gas en warmte staan in paragraaf 3.4.

- **Ruim warmte en ruim gas**  
In deze energietoekomst is duurzaam gas (groen gas of waterstof) ruim beschikbaar voor de gebouwde omgeving. Voor warmtenetten zijn geothermie, restwarmte (LT en MT/HT)<sup>2</sup> en TEO en TEA<sup>3</sup> ruim beschikbaar.

<sup>1</sup> Eén woningequivalent is één woning of 130 m<sup>2</sup> utiliteitsbouw.

<sup>2</sup> LT betekent laagtemperatuur, MT/HT betekent middentemperatuur/hogetemperatuur.

<sup>3</sup> TEO betekent thermische energie uit oppervlaktewater, TEA betekent thermische energie uit afvalwater.

- **Ruim warmte en beperkt gas**

In deze energietoekomst is groen gas beperkt beschikbaar en waterstof niet beschikbaar voor de gebouwde omgeving. Voor warmtenetten zijn geothermie, restwarmte (LT en MT/HT) en TEO en TEA ruim beschikbaar.

- **Beperkt warmte en beperkt gas**

In deze energietoekomst is groen gas beperkt beschikbaar en waterstof niet beschikbaar voor de gebouwde omgeving. Voor warmtenetten zijn geothermie, restwarmte (LT en MT/HT) en TEO en TEA beperkt beschikbaar.

## 2.4. Zichtjaar

Het Klimaatakkoord geeft 2050 als eindpunt van de warmtetransitie. In dat jaar moet de gebouwde omgeving in Nederland aardgasvrij zijn. Het Openingsbod zoekt buurten die nu over kunnen naar een warmtetechniek die voor de lange termijn geschikt is. Immers, we willen voorkomen dat de warmtetechniek waar nu voor gekozen wordt, vóór 2050 alweer vervangen moet worden. Dat zou leiden tot hogere investeringskosten en een verhoogde druk op de uitvoeringscapaciteit. Daarom kijken we vooruit naar 2050. Dit houdt in dat we kijken naar welke warmtetechniek bij een buurt past in de context van Nederland in 2050, dus de energietoekomst en projecties van prijzen in 2050.

## 2.5. Afstemming uitgangspunten

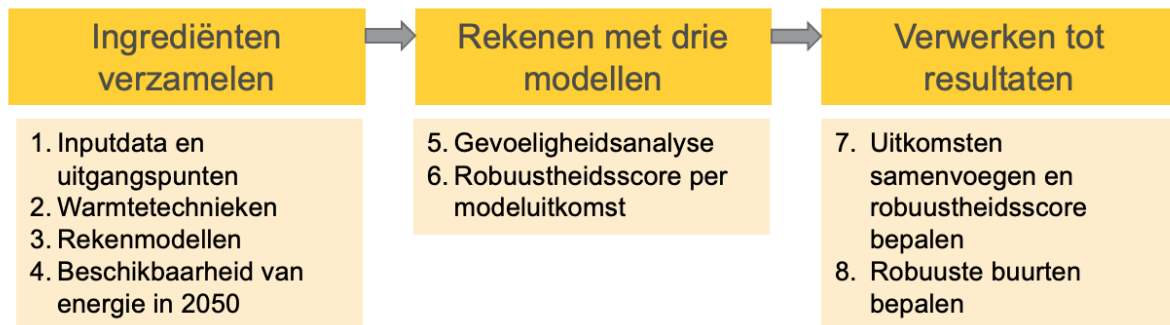
In het Openingsbod zijn de uitgangspunten voor de berekeningen van de modellen afgestemd. Dit is bijvoorbeeld gedaan voor veel invoerdata, zoals de bestaande bebouwing en ligging van bestaande warmtenetten. Dit trekken we gelijk voor alle modellen. Veelal sluiten we hierbij aan bij de Startanalyse van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Ook kiezen we ervoor om onderling naar dezelfde warmtetechnieken te kijken en dezelfde aannames te doen voor de ontwikkeling van energieprijzen. Dit maakt de resultaten van de modellen onderling vergelijkbaar.

De drie gebruikte modellen hebben elk hun eigen modelfilosofie en berekeningsmethodiek. Zo rekent Vesta MAIS met de laagste nationale meerkosten voor de buurten. CEGOIA minimaliseert de totale nationale kosten en de ETM-warmtemodule beredeneert welke techniek past bij een buurt op basis van de bestaande panden. Hierin zit de kern en kracht van de drie-modellen-aanpak. Op sommige punten trekken we de modellen gelijk, dit geldt bijvoorbeeld voor de gehanteerde rentevoet en het kostenvoordeel voor bestaande warmtenetten. Op andere punten houden we de verschillen in stand, wanneer deze verschillen voortkomen uit de modelfilosofie.

### 3. Modelling van het Openingsbod

In het Openingsbod is gezocht naar de buurten waar op korte termijn gestart kan worden met de warmtetransitie. Voor elke buurt wordt er berekend welke toekomstige warmtetechniek passend is én hoe robuust deze uitkomst is. Zo wordt duidelijk welke buurten het meest robuust zijn. In figuur 1 hieronder is te zien welke stappen hiervoor zijn gezet. In dit hoofdstuk worden de stappen nauwgezet uitgelegd.

Figuur 1 - Modellerstappen



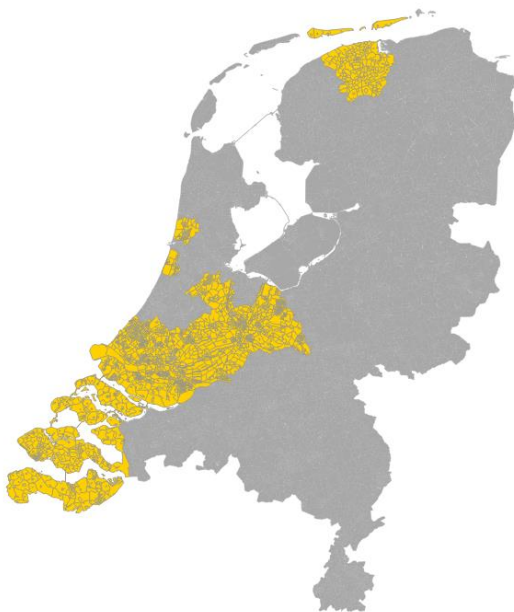
#### 3.1. Inputdata en uitgangspunten

De manier waarop modellen ingesteld zijn heeft invloed op de uitkomsten. Het gaat daarbij zowel om de huidige situatie als om aannames over de toekomst. Daarom is het belangrijk om te weten welke aannames en uitgangspunten gebruikt zijn in de berekeningen. Deze zijn hieronder terug te vinden.

##### Rekengebied

Het Openingsbod berekent en presenteert haar resultaten op het niveau van de individuele buurten. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de buurten die vallen onder het leveringsgebieden van Stedin, Enduris en Capturam. In figuur 2 is te zien welke buurten onder deze leveringsgebieden vallen. De berekeningen en de resultaten volgen de CBS-buurtindeling van 2019.

Figuur 2 - Rekengebied



### Gebouwenvoorraad per buurt

De gebouwenvoorraad waar modellen mee rekenen heeft invloed op zowel het huidige energieverbruik als op de warmtetechniek waar zij zich het meest voor lenen. Voor het aantal woningen en de oppervlakte aan utiliteit per buurt is de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van 1 januari 2020 gebruikt.

### Energieverbruik gebouwde omgeving

In de basis gaan we ervan uit dat de energiebehoefte in de toekomst gelijk is aan die van vandaag. Het energieverbruik voor ruimteverwarming, warm water en kracht & licht komt in de berekeningen van de ETM-warmtemodule en van Vesta MAIS overeen met het energieverbruik in de Startanalyse. CEGOIA gebruikt voor energieverbruik van woningen een methode op basis van gemeten data.

### Isolatie

Isolatie van panden is een belangrijk onderdeel van de warmtetransitie. Isolatie zorgt ervoor dat de warmtevraag daalt. In het Openingsbod kijken we hoeveel isolatie optimaal is. De aanpak per model verschilt:

- CEGOIA: op basis van kosteneffectiviteit (maatschappelijke rentevoet).
- ETM-warmtemodule: op basis van heuristieken (vast en optimaal isolatieniveau per uitkomst).
- Vesta MAIS : op basis van kosteneffectiviteit (maatschappelijke rentevoet).

Globaal genomen maken we gebruik van drie uitgangspunten:

- Voor lagetemperatuurtechnieken hebben woningen minimaal schillabel B nodig, anders worden de woningen niet comfortabel warm op koude dagen.
- Voor middentemperatuur- en hogetemperatuurtechnieken hebben woningen minimaal schillabel E nodig, anders worden de woningen niet comfortabel warm op koude dagen.
- Er wordt alleen geïsoleerd als de kosten van isolatie zich terugverdienen door lagere energiekosten.

### Bestaande warmtenetten

#### Bijstook

Voor warmtenetten is er een hoofdbron voor basislast. Voor pieklevering wordt gebruikt gemaakt van bijstook. Deze bijstook kan op verschillende manieren worden ingevuld, bijvoorbeeld elektrisch, met groen gas of waterstof. Omwille van het ontbreken van stelregels voor de invulling van bijstook, wordt in Openingsbod geen uitspraak gedaan over de exacte invulling van bijstook. Wel wordt er bijgehouden hoeveel bijstook er nodig is.

#### Leidinglengtes

De modellen nemen in berekeningen van gas en warmte leidinglengtes mee als input. Alle drie de modellen in het Openingsbod maken gebruik van de leidinglengtes van Vesta MAIS die ook in de Startanalyse zijn gebruikt.

### Gehanteerde energieprijzen

De energieprijzen voor energiedragers zijn belangrijke kostencomponenten van de warmtetechnieken. Hoe de energieprijzen zich ontwikkelen richting 2050 is onzeker. PBL heeft een studie uitgevoerd naar de ontwikkeling van het toekomstige energiesysteem in de Klimaat en Energieverkenning (KEV). Het Openingsbod maakt gebruik van de projecties uit de KEV 2019 om de toekomstige prijzen voor elektriciteit, groengas mee te nemen in de afweging van de warmtetechnieken. De energieprijzen voor waterstof voor Vesta zijn gebaseerd op de notitie 'Waterstof voor de gebouwde omgeving; Operationalisering in de Startanalyse 2020' notitie van PBL<sup>4</sup>. De energieprijzen voor waterstof voor CEGOIA zijn gebaseerd op de 'Waterstof in Vesta-MAIS notitie van CE Delft'. De energieprijzen representeren groothandelsprijzen voor klein-, midden- en grootgebruikers. De kosten van waterstof en groen gas zijn in alle energietoekomstige gelijk en dus niet gekoppeld aan beschikbare volumes. De gehanteerde energieprijzen (voor het zichtjaar 2050) zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 - Energieprijzen 2050

Aardgas [EUR/m <sup>3</sup> ]	Groen gas [EUR/m <sup>3</sup> ]	Elektriciteit [EUR/kWh]	Waterstof Vesta MAIS [EUR/KG]	Waterstof CEGOIA [EUR/KG]
0,37	0,75	0,08	3,61	2,55

<sup>4</sup> De KEV 2019 en PBL notitie presenteren toekomstige energieprijzen voor het jaar 2030. Het Openingsbod rekent voor zichtjaar 2050. Hierbij wordt aangenomen dat de prijzen in 2030 ook van toepassing zijn voor het zichtjaar 2050.



## 3.2. Warmtetechnieken

Voor elke buurt in het Openingsbod-gebied willen we een voorkeurstechneek bepalen. Hierbij kiezen we uit een viertal warmtetechnieken. Het Openingsbod maakt onderscheid tussen lage-, en midden-/hogetemperatuurwarmtetechnieken op basis van afgiftetemperaatuur. De vier warmtetechnieken zijn als volgt:

- Lagetemperaatuurwarmtetechnieken (LT)
  - All-electric: lucht- of bodemwarmtepomp
  - LT-warmtenet: gevoed door restwarmtebronnen met 30 graden afgiftetemperaatuur en lager
- Middentemperaatuur- en hogetemperaatuurwarmtetechnieken (MT/HT):
  - Duurzaam gas (groen gas / waterstof): HR-ketel en hybride warmtepomp (i.c.m. elektriciteit)
  - MT/HT-warmtenet gevoed door geothermie/restwarmtebronnen vanaf 50 graden afgiftetemperaatuur of TEO/TEA vanaf 30 graden afgiftetemperaatuur i.c.m. bijstook<sup>5</sup>

Het Openingsbod presenteert de resultaten aan de hand van deze vier warmtetechnieken. Echter, de individuele modellen rekenen ook met de achterliggende subcategorieën.

## 3.3. Rekenmodellen

De robuustheid van buurten wordt getest aan de hand van het gebruik van drie modellen. Dit verkleint de onzekerheid die ontstaat door de 'blinde vlekken' van elk model. De drie modellen waarmee gerekend wordt zijn:

- Vesta MAIS van PBL, ingezet door Ecorys
- CEGOIA-model van CE Delft
- ETM-warmtemodule van Quintel

### 3.3.1 Vesta MAIS

Sinds 2011 werkt het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) aan een geavanceerd energierekenmodel voor de gebouwde omgeving om beleidsmakers inzicht te verschaffen in de effecten van de warmtetransitie in termen van energieprestaties, kosten en CO<sub>2</sub>-emissies. Dit model, genaamd het Vesta MAIS model, berekent het techno-economische potentieel van de belangrijkste warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving.

Allereerst is Vesta MAIS een technisch model. Dit betekent dat het rekening houdt met de technische randvoorwaarden van de warmtetransitie. Daarbij kijkt het model naar randvoorwaarden als 'waar is er restwarmte beschikbaar' en 'waar is er potentie om warmte uit oppervlaktewater (TEO) te winnen'. Deze technische randvoorwaarden schetsen de contouren van wat mogelijk is om de warmtevoorziening te verduurzamen. Daarnaast is Vesta MAIS een economisch model. Middels een kosten-batenanalyse (optimalisering) berekent het model, binnen de contouren van de technische mogelijkheden, wat de totale integrale kosten zijn voor de maatschappij om een alternatieve warmtevoorziening te realiseren. De totale integrale kosten van de verschillende alternatieve warmtevoorzieningen worden met elkaar vergeleken om vervolgens de voorkeursoptie te presenteren - de alternatieve warmtevoorziening met de laagste kosten voor de maatschappij.

Het model is in staat om de techno-economische potentie ruimtelijk door te rekenen. Dit betekent dat ruimtelijke factoren - bijvoorbeeld de locaties van warmtebronnen die van invloed zijn op de transportkosten van warmte - worden meegenomen in de kosten-baten afweging van de alternatieven op aardgas. De berekeningen van het model worden uitgevoerd op buurtniveau, waarbij rekening wordt gehouden met de lokale kenmerken van de buurt.

Vesta MAIS is opensource en wordt voortdurend geüpdatet op basis van voortschrijdend inzicht en trends. PBL zoekt aansluiting met de meest recent beschikbare datasets. Zo is in de laatste versie van het model onder andere het volgende geüpdatet: bebouwingsdata op basis van de Basisadministratie Adressen en Gebouwen van het Kadaster, energieverbruiksdata van CBS en energieprijzen uit de Klimaat- en Energieverkenning 2020. Voor het Openingsbod is

<sup>5</sup> Temperatuurindeling TEO/TEA op basis van advies Netwerk Aquathermie

gerekend met de Startanalyse-versie van Vesta MAIS 5.0, uitgebracht in September 2020. Ecorys voert voor het Openingsbod de doorrekening met Vesta MAIS uit.

### **3.3.2 CEGOIA**

CEGOIA is ontwikkeld om beleidsmakers, planners en bestuurders inzicht te geven in de mogelijke ontwikkeling van het warmtevraagstuk in de gebouwde omgeving (woningen en utiliteitsbouw). Het model berekent de totale integrale kosten van de warmtevoorziening (collectief én individueel), rekening houdend met productie, transport, consumptie en besparing en biedt daarmee overheden, corporaties, energiebedrijven en netbeheerders inzicht in de kansen voor de warmtevoorziening in Nederland.

Het model geeft inzicht in de mogelijke eindbeelden van de warmtevoorziening. Voor alle buurten van een regio laat het model zien wat de kosten zijn van een grote diversiteit aan warmteopties, van individuele warmtepompen tot grootschalige geothermie, industriële restwarmte of aquathermie. Hiermee ondersteunt het model de lange termijn visievorming voor veranderingen van de gebouwde omgeving.

CEGOIA berekent de integrale kosten waarbij een onderverdeling wordt gemaakt naar de kosten voor het gebouw, de techniek, de infrastructuur, de energiedrager en de bron. De berekeningen worden gedaan op buurtniveau: in haar berekeningen neemt het model de vele kenmerken van elke buurt mee, zoals het huidige isolatieniveau, de dichtheid van de bebouwing en het type bebouwing. Door middel van een kostenoptimalisatie wordt, gegeven de randvoorwaarden (zoals de beschikbaarheid van energiedragers en bronnen), het eindbeeld van de warmtevoorziening bepaald. CEGOIA berekent welke energievoorziening in de gebouwde omgeving (woningen en utiliteitsbouw) de laagste kosten voor de maatschappij heeft, nu en in de toekomst.

CEGOIA heeft een grote update gehad sinds afgelopen jaar. In deze update zijn alle kentallen en berekeningsmethodieken tegen het licht gehouden en bijgewerkt naar de laatste inzichten. Een belangrijke modelaanpassing is de herziening van de isolatiekosten en resulterende energiebesparing van woningen. Hiervoor is een studie uitgevoerd door adviesbureau Merosch. De isolatiekosten zijn een belangrijk discussiepunt in de warmtetransitie. De isolatiekosten worden vaak onderschat, terwijl de energiewinst wordt overschat. Met deze studie en nieuwe cijfers wordt er een belangrijke stap gemaakt om het vertrouwen in de cijfers te geven dat nodig is.

### **3.3.3 ETM-warmtemodule**

De ETM-warmtemodule bepaalt aan de hand van de samenstelling van de gebouwenvoorraad per buurt welke warmtetechniek de voorkeur heeft. De gedachte achter deze methode is dat de samenstelling van de gebouwenvoorraad een belangrijke factor is in het bepalen van de warmtetechniek. Daarnaast is de woningvoorraad een relatief stabiel gegeven te midden van alle onzekerheden over de warmtevoorziening (zoals prijsontwikkelingen, efficiënties en de beschikbaarheid van warmtebronnen) richting 2050.

De ETM-warmtemodule bepaalt de voorkeurstechiek per buurt volgens twee hoofdstappen. In stap 1 wordt vanuit de buurten gekeken hoe goed de verschillende warmtetechnieken passen bij de buurt. Dit resulteert voor elke buurt in een robuustheidsscore per warmtetechniek. Vervolgens worden in stap 2 schaarse bronnen toebedeeld volgens deze robuustheidsscore. Buurten met de hoogste robuustheidsscore voor een schaarse bron krijgen deze als eerste toebedeeld.

In het eerste deel van stap 1 wordt er naar de bestaande gebouwenvoorraad in de buurt gekeken. Op basis van het bouwjaar en woningtype/utiliteitstype van de gebouwenvoorraad wordt er bepaald welke warmtetechnieken passen bij deze buurt (zie Tabel 2 en Tabel 3). Iedere combinatie van woningtype/utiliteitstype en bouwjaarklasse heeft een voorkeur voor een bepaalde warmtetechniek. Een totale robuustheidsscore van 100% wordt zo verdeeld over de drie mogelijke technieken. Als uitkomst van deze stap is er een lijst met warmtetechnieken en bij elke techniek een percentage dat aangeeft hoe hoog deze voorkeur is.

In het tweede deel van stap 1 wordt gecheckt of een buurt wel of niet geschikt is voor LT-warmtenetten. Dit wordt bepaald middels een extra matrix in de ETM-warmtemodule (zie Tabel 4 en Tabel 5). Als hieruit volgt dat de voorkeur voor LT-warmtenetten hoger is dan 50%, dan wordt deze buurt aangemerkt als geschikt voor LT-warmtenetten. We geven in deze stap de buurten wel of geen vinkje voor geschiktheid voor LT-warmtenetten. De exacte score uit de LT-matrix wordt niet verder meegenomen.

In stap 2 wordt de voorkeur vanuit de buurten afgezet tegen het beschikbare aanbod (restwarmte, geothermie, TEO, duurzaam gas, waterstof). De buurten met de hoogste voorkeur voor een bepaalde techniek krijgen de bijbehorende bron als eerste toebedeeld. Het voorkeurspercentage van die techniek is dan de robuustheidsscore. De bronnen worden toebedeeld totdat een bron op is. Op dat moment schakelen de buurten over naar hun tweede keuzes. In het geval van een tweede keuze heeft de buurt een lagere robuustheidsscore dan wanneer een buurt haar eerste techniekkeuze toebedeeld heeft gekregen.

#### Rekenvoorbeeld:

- We nemen een fictieve buurt die enkel bestaat uit woningen. Deze bestaan voor 75% uit vrijstaande woningen van vóór 1946 en voor de 25% uit appartementen na 2010.
- Stap 1a: uit tabel 2 volgt dan een voorkeur voor duurzaam gas (75%) en in veel mindere mate een voorkeur voor all-electric.
- Stap 1b: uit tabel 4 volgt dat deze buurt voor 25% geschikt is voor LT-warmtenetten. Dit is lager dan 50%, de buurt wordt dus niet aangemerkt als geschikt voor LT-warmtenetten.
- Stap 2b: de voorkeur van deze buurt is duurzaam gas. Als er nadat gas is toebedeeld aan buurten met een nog grotere voorkeur voor duurzaam gas nog voldoende gas over is, dan komt deze buurt uit op duurzaam gas met een robuustheidsscore van 75%. Als er nadat gas is toebedeeld aan buurten met een nog grotere voorkeur voor duurzaam gas niet meer voldoende gas beschikbaar is dan komt deze buurt uit op all-electric met een robuustheidsscore van 25%.

Tabel 2 – Matrix woningen voor MT/HT-warmtenetten (MT/HT), duurzaam gas (G) en all-electric (E)

Woningen	< 1946	1946-1974	1975-1990	1991-2000	2001-2010	> 2010
Appartement	W_MTHT: 100%	W_MTHT: 67%, G: 33%	W_MTHT: 67%, G: 33%	W_MTHT: 33%, G: 67%	G: 33%, E: 67%	E: 100%
Rijtjeshuis	W_MTHT: 67%, G: 33%	W_MTHT: 67%, G: 33%	W_MTHT: 33%, G: 67%	G: 67%, E: 33%	G: 33%, E: 67%	E: 100%
Twee-onder- één-kap huis	G: 100%	G: 100%	G: 100%	G: 33%, E: 67%	G: 33%, E: 67%	E: 100%
Vrijstaand huis	G: 100%	G: 100%	G: 100%	G: 67%, E: 33%	G: 33%, E: 67%	E: 100%

Tabel 3 - Matrix utiliteit voor MT/HT-warmtenetten (MT/HT), duurzaam gas (G) en all-electric (E)

Utiliteit	<1990	1991-2000	>2000
< 200 m <sup>2</sup>	Volg uitkomst woningen	Volg uitkomst woningen	E: 100%
200 - 2000 m <sup>2</sup>	Volg uitkomst woningen	Volg uitkomst woningen	E: 100%
> 2000 m <sup>2</sup>	W_MTHT: 100%	W_MTHT: 67%, E: 33%	E: 100%

Tabel 4 – Matrix woningen voor LT-warmtenetten (LT)

Woningen	< 1946	1946-1974	1975-1990	1991-2000	2001-2010	> 2010
Appartement				W_LT: 33%	W_LT: 67%	W_LT: 100%
Rijtjeshuis					W_LT: 33%	W_LT: 67%
Twee-onder-één-kap huis						
Vrijstaand huis						

Tabel 5 – Matrix utiliteit voor LT-warmtenetten (LT)

Utiliteit	<1990	1991-2000	>2000
< 200 m <sup>2</sup>			W_LT: 50%
200 - 2000 m <sup>2</sup>			W_LT: 100%
> 2000 m <sup>2</sup>		W_LT: 33%	W_LT: 100%

### 3.4. Beschikbaarheid van energie in 2050

Om woningen te verwarmen is energie nodig. Deze kan uit verschillende bronnen komen, zoals bijvoorbeeld elektriciteit of aardgas. In de toekomst is er misschien groen gas of waterstof. Ook kunnen er warmtenetten komen, waar warmte van een centrale bron naar de afnemers wordt vervoerd. Aardgas, groen gas, waterstof warmte en elektriciteit noemen we energiedragers.

De beschikbaarheid van energiedragers in 2050 is onzeker. Tegelijkertijd hangen de modeluitkomsten hier sterk vanaf: een buurt kan niet verwarmd worden met een energiedrager die niet beschikbaar is. De onzekere beschikbaarheid pakken we aan door gebruik te maken van zogenaamde energietoekomst - toekomstbeelden van hoeveel energie er beschikbaar zal zijn. De modellen hanteren verschillende methodes om beschikbare energie toe te kennen aan buurten. Meer informatie over de modellen staat in 3.3.

In elk van de energietoekomst gaan we uit van een aardgasvrije warmtevoorziening. Ook gaan we uit van een duurzame opwekking van elektriciteit. Voor groen gas, waterstof en warmtebronnen hebben we drie energietoekomst opgesteld.

#### 3.4.1 Overzicht beschikbare energie

De energietoekomst beantwoorden de volgende vragen:

1. Wat als duurzaam gas (groen gas of waterstof), warmte uit warmtebronnen en elektriciteit allen ruim aanwezig zijn?
2. Wat als duurzaam gas (groen gas of waterstof) slechts beperkt beschikbaar is?
3. Wat als zowel duurzaam gas als warmte uit warmtebronnen beperkt beschikbaar zijn?

Tabel 6 - Schematisch overzicht van de energietoekomst

		Beschikbaarheid GAS voor gebouwde omgeving	
		Beperkt	Ruim
Beschikbaarheid WARMTEBRONNEN voor gebouwde omgeving	Beperkt	3	-
	Ruim	2	1

Hiervoor zijn ook aannames nodig van wat 'ruim' en 'beperkt' betekent. Daarvoor baseren we ons op verschillende bronnen. De onderstaande tabel geeft een samenvatting van de aannames die voor verschillende energiedragers en warmtebronnen zijn gebruikt. In de Openingsbod Visualisatietool is te zien waar de warmtebronnen zich bevinden.

Tabel 7 - Samenvatting van aannames in energietoekomst

		Aanname beperkt	Aanname ruim	Bron
Gas	-	Groen gas: 0,7 bcm (NL) Waterstof niet beschikbaar	Groen gas: 1,5 bcm (NL) Waterstof onbeperkt beschikbaar	CE Delft (2020) Startanalyse
Warmtebronnen	HT-restwarmte	Bron beschikbaar >3 MW Schaling: scenario laag <sup>6</sup>	Bron beschikbaar >3 MW Schaling: scenario hoog <sup>5</sup>	Startanalyse / Warmteatlas / RES-regio R'dam DH
	LT-restwarmte	TEA beschikbaar >20 MW Andere bronnen niet beschikbaar	Alle bronnen beschikbaar >3 MW	Startanalyse / Warmteatlas
	Geothermie	Bron beschikbaar >20 MWth	Bron beschikbaar >5 MWth	Thermogis
Elektriciteit	-	Onbeperkt beschikbaar	Onbeperkt beschikbaar	-

### 3.4.2 Details duurzaam gas

De beschikbaarheid van groen gas in de energietoekomst met beperkt gas is gebaseerd op de studie "Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas" (CE Delft, 2020). We gaan uit van scenario D, met matig ondersteunend beleid en een sterke opkomst van nieuwe technieken en schaalvergroting. Het scenario sluit aan bij de breder gedragen perceptie over het beleid en de technische ontwikkeling rondom groen gas. Dit scenario heeft landelijk 0,69 bcm groen gas beschikbaar. Dit landelijke cijfer wordt toegekend aan het leveringsgebied van Stedin, Enduris en Capturam op basis van huidig gasverbruik.

Voor wat betreft waterstof wordt er in de energietoekomst met ruime beschikbaarheid van duurzaam gas een onbeperkte beschikbaarheid aangenomen. Dit hebben we gedaan om de uiterste hoeken van het speelveld op te zoeken voor deze

<sup>6</sup> Schaling van warmtebronnen wordt toegelicht in paragraaf 3.4.3

energiedrager die met meer onzekerheid is omgeven dan andere energiedragers. In de energietoekomst met beperkte beschikbaarheid van duurzaam gas is er geen waterstof.

### 3.4.3 Details MT-/HT-restwarmte

Alle warmtebronnen (>3 MWth) in het Stedin- en Enduris en Capturagebied en in een straal van 5 km daaromheen zijn meegenomen in de analyse. Net als in de Startanalyse is als bron de Warmteatlas gebruikt. Hiernaast is binnen het Openingsbodtraject aan gemeentes de mogelijkheid geboden om zelf warmtebronnen aan te dragen. Enkele gemeentes hebben hier gebruik van gemaakt.

De ETM-warmtemodule en CEGOIA werken met een vaste reikwijdte per bron. Deze reikwijdte is gebaseerd op het huidige vermogen van de warmtebron. Indien het vermogen van de bron aansluit bij de vraag van een buurt, zal de buurt gebruik maken van de restwarmtebron. Vesta MAIS berekent dit anders. Dit model berekent op basis van een kosten-baten analyse of een aansluiting met een restwarmtebron de gewenste voorkeurst technologie is (ten opzichte van de andere opties).

De beschikbaarheid van MT/HT-restwarmte in het Openingsbod is gebaseerd op de methode die gebruikt wordt in het "[Basisdocument regionale energiestrategie regio Rotterdam Den Haag](#)" (pagina 26). De huidige beschikbaarheid wordt geschaald met een sectorafhankelijke factor (zie onderstaande tabel). De vermindering van beschikbaarheid van restwarmte komt door efficiëntere technologieën en eventuele krimp van sectoren in de toekomst.

Het Openingsbod houdt geen rekening met de beschikbaarheid in de ondergrond voor warmteleidingen. Er is verkend of er algemene stelregels voorhanden zijn met betrekking tot deze beschikbaarheid. Dit blijkt (nog) niet het geval te zijn. De beschikbaarheid in de ondergrond dient op projectbasis geanalyseerd te worden. Dit geldt ook voor warmtenetten op LT-restwarmte (3.4.4) en geothermie (3.4.5).

Tabel 8 - Schalingsfactoren ten opzichte van huidige beschikbaarheid van MT/HT-restwarmte per sector voor zowel 'ruime' als 'beperkte' beschikbaarheid van restwarmte

	Ruim	Beperkt
Afvalverwijdering, energiesector	60%	30%
Raffinaderijen	30%	0%
Chemische en overige Industrie	40%	20%
Bouw, Handel, Landbouw	0%	0%

### 3.4.4 Details LT-restwarmte

Ook de beschikbaarheid van LT-restwarmtebronnen is gebaseerd op de data uit de Warmteatlas, met een straal van 5 kilometer om het leveringsgebied heen. In energietoekomst met ruime beschikbaarheid van warmte zijn alle bronnen >3 MWth meegenomen. Dit zijn met name rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's, ookwel TEA genoemd) en datacenters. In de energietoekomst met beperkte beschikbaarheid van warmtebronnen zijn alleen grote RWZI's (>20 MWth) meegenomen (TEA). Alle LT-restwarmtebronnen in het Stedin- en Endurisgebied in een straal van 1 km daaromheen zijn meegenomen in de analyse. De ETM-warmtemodule en CEGOIA werken met een vaste maximale reikwijdte per bron van 1 km. Vesta MAIS berekent dit anders: dit model berekent op basis van een kosten-baten analyse of een aansluiting met een restwarmtebron de gewenste voorkeurst technologie is (ten opzichte van de andere opties).

### 3.4.5 Details geothermie

In overleg met Platform Geothermie is besloten voor het Openingsbod de ThermoGIS-kaartlaag technisch potentieel te gebruiken. We nemen hierbij de drempelwaardes in acht zoals weergegeven in tabel 9. De drempelwaarde van >5 MWth wordt ook door de Startanalyse aangehouden. Indien een geothermiebron de drempelwaarde in de energietoekomst overtreft, kan gebruik gemaakt worden van de betreffende geothermiebron inclusief het bijbehorende vermogen.

Tabel 9 - Drempelwaarden voor het gebruik van de geothermiebronnen

Beschikbaarheid geothermie	Ruim	Beperkt
Geothermie (HT, MT & LT)	> 5 MWth	> 20 MWth

### 3.5. Gevoeligheidsanalyse

Naast de hoofdberekeningen hebben de modellen gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Bij CEGOIA en Vesta MAIS zijn de gevoeligheidsanalyses onderdeel van de robuustheidsbepaling. Bij de ETM-warmtemodule dienen deze als een check op de robuustheid van de uitkomsten.

#### 3.5.1 CEGOIA en Vesta MAIS

Sommige parameters en modelinstellingen hebben meer invloed op de modeluitkomsten dan andere. Ook rondom invloedrijke parameters en instellingen kan onzekerheid bestaan. Dit vangen we op door gevoeligheidsanalyses uit te voeren. In een gevoeligheidsanalyse wordt een instelling of parameter in het model veranderd en gekeken wat de invloed daarvan op de modeluitkomsten is. Komen de uitkomsten voor beide instellingen overeen? Dan is de zekerheid groter. Dit laten we terugkomen in de robuustheidsscore van de modeluitkomsten per model.

We hebben een selectie van parameters en instellingen gekozen die gevarieerd zullen worden in de gevoeligheidsanalyses. Dit zijn de parameters en instellingen, waarvan we weten dat de modellen daarvoor gevoelig zijn. In de tabel 10 zijn deze weergegeven.

Tabel 10 - Aanpassingen gevoeligheidsanalyses

	Aanpassing	CEGOIA	Vesta MAIS
<b>Zichtjaar</b>	<p>In deze gevoeligheidsanalyse is het zichtjaar aangepast van 2050 naar 2030. Het aanpassen van het zichtjaar heeft invloed op twee aspecten: de kostenreductie door leereffecten en de energieprijzen. Het Openingsbod wil inzicht geven in waar er op korte termijn gestart kan worden aan de warmtetransitie. Daarbij is het een groot voordeel als de warmtetechniek ook op kortere termijn al tot lage kosten leidt als gevolg van leereffecten. Daarnaast kan de doorrekening van 2030 gezien worden als een variatie in energieprijzen. De ontwikkeling van de energieprijzen is onzeker, de projecties voor 2030 en 2050 verschillen. Door met beide zichtjaren te rekenen, krijgen we inzicht in wat variaties in energiekosten doen met de modeluitkomsten.</p> <p>In de Startanalyse wordt ook gerekend voor zichtjaar 2030, waarmee deze gevoeligheidsanalyse nauwer aansluit bij de uitgangspunten van de Startanalyse. De gevoeligheidsanalyse veronderstelt geen wijzigingen in de beschikbaarheid van warmte of duurzaam gas. De gevoeligheid van de beschikbaarheid wordt ondervangen door de toekomstscenario's.</p> <p>In 2030 rekenen we met lagere prijzen voor elektriciteit en groengas. Wel verwachten we dat warmtepompen nog verder ontwikkelen richting 2050, in kosten dan wel prestaties. Daarom kan er een midden- en hogetemperatuurwarmtetechnieken. Lagetemperatuur-warmtetechnieken worden minder aantrekkelijk omdat in zichtjaar 2030 slechts beperkte kostenreducties als gevolg van leercurves worden behaald.</p>	+	+

<p><b>Minimaal isolatieniveau</b></p>	<p>In deze gevoeligheidsanalyse is een minimaal isolatieniveau aan de woningen opgelegd. In het Klimaatakkoord wordt gesproken van de isolatiestandaard. Mogelijk wordt er in de toekomst een minimaal isolatieniveau opgelegd of aanbevolen voor woningen. In de Startanalyse wordt daarom gerekend met een minimaal label D of B. Het effect van een minimaal isolatieniveau is dat LT-oplossingen relatief aantrekkelijker worden. Voor LT-oplossingen is geen additionele isolatie meer nodig, een groot deel van de investeringen is al gedaan. Voor HT-warmtelevering wordt de business case lastiger, omdat er een lagere warmtevraag is. In deze gevoeligheidsanalyse is gerekend met LT-niveau (warmtevraag van 50 kWh/m<sup>2</sup>/jaar). Dit is vergelijkbaar met schillabel B.</p> <p>Een minimaal isolatie niveau zorgt voor een verschuiving naar lagetemperatuurwarmtetechnieken. LT-warmtetechnieken worden aantrekkelijker omdat het hoge minimum isolatieniveau woningen geschikt maakt voor deze technieken.</p>	<p>+</p>	<p>+</p>
<p><b>Energieprijzen</b></p>	<p>Zoals hier boven aangegeven is de ontwikkeling van de energieprijzen onzeker. Daarom is in Vesta MAIS een aanvullende analyse gedaan, waarbij de energieprijzen zijn gevarieerd door ze 10% te verhogen en 10% te verlagen. Met de gevoeligheidsanalyse kunnen we onderzoeken of er verschuivingen optreden van warmtetechnieken als gevolg van een verandering in de kosten voor energiegebruik.</p> <p>Energieprijzen zijn een substantiële kostenpost voor individuele warmtetechnieken dan voor collectieve warmtetechnieken. Collectieve warmtetechnieken hebben namelijk hogere infrastructuurkosten. Hogere energieprijzen zorgen ervoor dat individuele warmtetechnieken minder aantrekkelijk worden dan collectieve warmtetechnieken. Andersom, bij lagere energieprijzen zijn individuele warmtetechnieken aantrekkelijk dan collectieve warmtetechnieken.</p>	<p></p>	<p>+</p>

### 3.5.2 ETM-warmtemodule

De belangrijkste onzekerheid van de ETM-warmtemodule zijn de voorkeursmatrices. In de onzekerheidsanalyses zijn voor alle drie de energietoekomst de resultaten berekend met vier variaties op de standaard voorkeursmatrices. Deze variaties hebben een sterkere voorkeur voor all-electric, duurzaam gas, MT/HT-warmtenet en LT-warmtenet. Van de 1000 buurten met de hoogste robuustheid komen slecht 3% van de buurten in één of meer variaties en in één of meer energietoekomst op een andere uitkomst uit. Bij buurten met een lagere robuustheid is dit percentage hoger, namelijk 30% van alle buurten.

## 3.6. Robuustheidsscore per modeluitkomst

Voor iedere buurt is een warmtetechniek bepaald. Daar wordt een indicatie aan toegevoegd hoe robuust deze uitkomst is. Dit is een score tussen de 0 en 100%. Elk van de drie modellen bepaalt de voorkeurstechneik en de robuustheid op eigen wijze. Voor de uitkomsten van Vesta MAIS en het CEGOIA-model is de robuustheid bepaald op basis van een kostenanalyse en gevoeligheidsanalyse. De kostenanalyse en gevoeligheidsanalyse wegen ieder 50% mee in de robuustheidsscore per modeluitkomst.

In de kostenanalyse is gekeken naar de jaarlijkse kosten van de gekozen warmtetechniek en de kosten van de alternatieve technieken. Wanneer de voorkeurstechneik een groot kostenvoordeel geeft ten opzichte van haar alternatieven, krijgt de techniek een hoge robuustheidsscore voor het kostenanalyse deel (max 50%). De berekeningen van de gevoeligheidsanalyse zijn gedaan onder verschillende modelinstellingen, zie hiervoor paragraaf 3.5. Buurten waarvoor de voorkeurstechneik onder (vrijwel) alle modelinstellingen gelijk blijft krijgen een hogere robuustheidsscore voor het gevoeligheidsanalyse deel (max 50%).

De ETM-warmtemodule bepaalde de robuustheidsscore op een andere manier. Hier wordt de robuustheid bepaald met de type-bouwjaar-matrix, zie hiervoor paragraaf 3.3.3.

## 3.7. Uitkomsten samenvoegen en robuustheidsscore bepalen

We bepalen per energietoekomst de voorkeurstechneik. Dit doen we door voor elke buurt de drie modeluitkomsten naast elkaar te leggen. De modellen komen voor sommige buurten alle drie met dezelfde techniek en voor sommige buurten zijn



er verschillen. Vervolgens berekenen we de totale robuustheidsscore per techniek door de gemiddelde score te nemen van de drie uitkomsten. De techniek met de hoogste robuustheidsscore wordt de voorkeurstechiek.

In de volgende stap wordt er één voorkeurstechiek per buurt opgesteld, ongeacht de energietoekomst. Hiervoor leggen we de drie energietoekomst over elkaar. Dit gebeurt op dezelfde manier als eerder voor de buurtuitkomsten per energietoekomst is gedaan. Nu hebben we voor elke buurt één voorkeurstechiek met één robuustheidsscore.

Rekenvoorbeeld:

- **Energietoekomst 1:**  
CEGOIA: E 90%, ETM: E 90%, VESTA: G: 30% →  
uitkomst: E met  $(90\% + 90\%)/3 = 60\%$   
want G heeft  $30\%/3 = 10\%$  en overige technieken 0%
- **Energietoekomst 2:**  
CEGOIA: E 18%, ETM: G 40%, VESTA: G: 20% →  
uitkomst: G met  $(40\% + 20\%)/3 = 20\%$   
want E heeft  $18\%/3 = 9\%$  en overige technieken 0%
- **Energietoekomst 3:**  
CEGOIA: E 9%, ETM: G 60%, VESTA: G: 90% →  
uitkomst G met  $(60\% + 90\%)/3 = 50\%$   
want E heeft  $9\%/3 = 3\%$  en overige technieken 0%
- **Totaaluitkomst:**  
G met  $(20\% + 50\%)/3 = 23\%$

### 3.8. Robuuste buurten bepalen

Uit de eerdere stappen is een voorkeurstechiek en robuustheidsscore per buurt gekomen. Uiteindelijk willen we de meest robuuste buurten selecteren en presenteren. Dit wordt gedaan op basis van de totaalscore. De buurten met de hoogste robuustheidsscore zijn robuust en de rest heeft een onzekere uitkomst. Hierbij hanteren we als grens dat 20% van alle woningequivalenten in het verzorgingsgebied met de hoogste robuustheidsscore worden gecategoriseerd als 'robuust'. De overige 80% omvat alle andere buurten die op dit moment nog 'onzeker' zijn.

### 3.9. Verschillen en overeenkomsten met de methode en uitgangspunten van de Startanalyse

De grootste overeenkomst tussen de beide studies is de inzet van Vesta MAIS 5.0. In het Openingsbod is dit model ingezet als één van de drie modellen. Ook zijn de inputwaarden van de Startanalyse overgenomen, daar waar dit niet in strijd was met de aanpak van het Openingsbod. Dit geldt bijvoorbeeld voor de warmtebestanden (MT-restwarmtebronnen, LT-restwarmtebronnen, WKO, geothermie en aquathermie). Ook wordt in beide studies dezelfde basis voor de panden (BAG 2020) gebruikt.

Belangrijk hierbij is te vermelden dat de omvang en de selectie warmtebronnen in het Openingsbod verschillen per energietoekomst. Ondanks dat het Openingsbod en de Startanalyse dezelfde inputwaarden voor de warmtebronnen hanteert, verschillen de uitgangspunten van de energietoekomst in het Openingsbod van de uitgangspunten van de Startanalyse.

De belangrijkste verschillen in de methode op hoofdlijnen zijn opgesomd in tabel 11. De verschillen in specifieke aannames zijn te vinden in tabel 12. Voor meer informatie over hoe de het CEGOIA-model en de ETM-warmtemodule verschillen van het Vesta MAIS model zoals gebruik in de Startanalyse, zie bijlage A.

Tabel 11 – Belangrijkste verschillen in de methode tussen het Openingsbod en de Startanalyse

Openingsbod	Startanalyse 2020
Drie energietoekomst	Eén energietoekomst
Drie verschillende, erkende modellen	Eén erkend model
Robuustheid geven aan waar nu begonnen kan worden	Maatschappelijke kosten per techniek per buurt geeft inzicht
Zichtjaar 2050	Zichtjaar 2050 (met kostenontwikkeling tot en met 2030)
Schillabel wordt per woning bepaald door middel van een maatschappelijke kosten afweging	Alle woningen hebben in 2050 minimaal schillabel B of D
Inzet waterstof als onderdeel van energietoekomst	Waterstof doorgerekend, inzet niet opgenomen vanwege onzekerheid in beschikbaarheid

Tabel 12 – Verschillen en overeenkomsten in specifieke aannames in het Openingsbod en de Startanalyse

Wijziging	Openingsbod	Startanalyse
<b>GeoThermie Contourset</b>	ThermoGIS 2.1 technisch potentieel: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ruim = vanaf 5 MWth</li> <li>Beperkt = vanaf 20 MWth</li> </ul>	ThermoGIS 2.1 technisch potentieel: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vanaf 5 MWth</li> </ul>
<b>MT puntbronnen</b>	NL totaal – SDLeidraad: <ul style="list-style-type: none"> <li>Geknipt op gebied Stedin/Enduris + Westland Infra + buffer 20 km</li> <li>Capaciteit bron ingeschat voor 2050 met schalingfactor scenario's hoog/laag</li> </ul>	NL totaal – SDLeidraad: <ul style="list-style-type: none"> <li>Geknipt op gebied heel NL</li> <li>Capaciteit bron zoals nu beschikbaar</li> </ul>
<b>LT puntbronnen</b>	NL totaal – SDLeidraad: <ul style="list-style-type: none"> <li>Geknipt op gebied Stedin/Enduris + Westland Infra + buffer 5km</li> <li>Ruim = alle mogelijke bronnen &gt;3 MWth</li> <li>Beperkt = enkel TEA &gt;20 MWth</li> </ul>	NL totaal – SDLeidraad: <ul style="list-style-type: none"> <li>Geknipt op gebied heel NL</li> <li>Alle mogelijke bronnen (zonder minimaal benodigd vermogen)</li> </ul>
<b>Buurtenkaart</b>	CBS buurtenkaart 2019	CBS buurtenkaart 2019
<b>Beschikbaarheid groen gas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruim = 1,5 miljard m<sup>3</sup>/jaar (NL)</li> <li>Beperkt = 0,7 miljard m<sup>3</sup>/jaar (NL)</li> </ul> <p>De landelijke beschikbaarheid van groen gas is geschaald naar beschikbaarheid in Stedin en Enduris gebied inzet waar het meest waardevol is</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,5 miljard m<sup>3</sup>/jaar (NL)</li> <li>Inzet waar het meest waardevol is</li> </ul>
<b>Waterstof</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruim = onbeperkte beschikbaarheid</li> <li>Beperkt = geen beschikbaarheid</li> </ul>	Volledig doorgerekend, maar niet gepresenteerd in de kostenafweging met andere technieken (beschikbaarheid onzeker)
<b>Zichtjaren</b>	Zichtjaar 2050	Zichtjaar 2050 (met kostenontwikkeling tot en met 2030)
<b>Isolatie niveau</b>	Isoleren op basis van: <ul style="list-style-type: none"> <li>ETM-warmtemodule ☒ Op basis van heuristieken</li> <li>CEGOIA ☒ Op basis van kosteneffectiviteit (maatschappelijke rentevoet)</li> <li>Vesta MAIS ☒ Op basis van kosteneffectiviteit (maatschappelijke rentevoet)</li> </ul>	Standaardisolatie niveau Label B en D.

## 4. Resultaten

Uit de besproken aanpak in hoofdstuk 3 en de modellering uit hoofdstuk 4 volgen de resultaten van het Openingsbod. Het Openingsbod presenteert de robuuste warmtetechnieken per buurt in het verzorgingsgebied van Stedin, Enduris en Capturam. De resultaten zijn ontsloten in een visualisatietool, waarbij de gebruiker de resultaten per buurt kan inzien. Naast het Openingsbod zijn er ook andere studies uitgevoerd naar de energietransitie in de gebouwde omgeving. Om de resultaten van het Openingsbod in context te plaatsen bekijken we hoe de resultaten van het Openingsbod zich verhouden tot die van andere studies.

### 4.1. Wat is het resultaat van het Openingsbod?

#### Robuuste voorkeursopties per buurt

Het Openingsbod presenteert haar resultaten middels twee kenmerken: de voorkeursoptie en de robuustheid van die voorkeursoptie. Dit gebeurt voor alle buurten in het verzorgingsgebied van Stedin, Enduris en Capturam.

- De voorkeursoptie van een buurt omvat de warmtetechniek die een buurt krijgt toegewezen door de modellen. De modellen bepalen een voorkeursoptie op verschillende manieren. CEGOIA en Vesta MAIS wijzen een voorkeursoptie toe op basis van de laagste nationale kosten. Het ETM wijst een voorkeursoptie toe op basis van wat het beste aansluit bij de karakteristieken van een buurt. Deze voorkeursoptie kan bestaan uit de volgende warmtetechnieken: all-electric (E), een MT/HT-warmtenet (MT/HT), een LT-warmtenet (LT) of een duurzaam gas (G). Indien een buurt in het Openingsbod de voorkeursoptie all-electric krijgt toegewezen, betekent dit dat de all-electric warmtetechniek in deze buurt kostenoptimaal is voor de maatschappij en goed aansluit op de karakteristieken van de buurt ten opzichte van de andere mogelijk warmtetechnieken.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de voorkeursoptie bij CEGOIA en Vesta MAIS met de laagste nationale kosten niet per definitie gelijk is aan de warmtetechniek met de laagste kosten voor eindgebruikers (zoals woningeneigenaren). Het verschil tussen nationale kosten en eindgebruikerskosten wordt verklaard door onder andere overheidsbeleid in de vorm van subsidies (verlaging van eindgebruikerskosten) en belastingen (verhoging van eindgebruikerskosten). Nationale kosten kijken niet naar subsidies en belastingen. Subsidies en belastingen zijn 'transfers' of verschuivingen van kosten van de ene actor naar de andere actor. Vanuit een maatschappelijk perspectief hebben deze verschuivingen netto geen impact op de nationale kosten voor de maatschappij in zijn totaliteit.

- De robuustheid van de voorkeursoptie van een buurt presenteert de mate van verandering in de voorkeursoptie wanneer omstandigheden veranderen. Het Openingsbod presenteert resultaten voor het zichtjaar 2050. Tussen nu, 2021, en 2050 zitten veel onzekerheden die invloed kunnen hebben op het resultaat. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld de onzekere ontwikkelingen in de energieprijzen en in de kostenontwikkelingen van warmtetechnieken. Verschuivingen in onzekere ontwikkelingen kunnen leiden tot een andere warmtetechniek als voorkeursoptie. Om dit te ondervangen berekent het Openingsbod haar resultaat met drie verschillende modellen en drie verschillende energietoekomst (drie uiteenlopende perspectieven omtrent energiesystemen in 2050). Indien de voorkeursoptie van een buurt niet of weinig verandert op basis van verschillende modellen en energietoekomst noemen we de voorkeursoptie robuust. Een voorkeursoptie van een buurt die daarentegen zeer veranderlijk is wordt gecategoriseerd als onzeker of overig.

#### Wat kan ik met het resultaat?

In de komende decennia zal aardgas uitgefaseerd en vervangen worden voor duurzame alternatieven. Dit heeft ook invloed op de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving. Het Openingsbod presenteert welk alternatief voor aardgas een buurt krijgt. Deze alternatieve warmtetechniek voor een buurt heeft lage nationale kosten voor de maatschappij en sluit goed aan bij de karakteristieken van de buurt ten opzichte van andere mogelijke warmtetechnieken. Het Openingsbod presenteert daarmee hoe de warmtetransitie in de gebouwde omgeving (kosten)efficiënt ingevuld kan worden.

Tevens kan de robuustheid gebruikt worden bij de fasering van de warmtetransitie. Een buurt met een robuust resultaat is interessant om op de korte termijn aardgasvrij te maken, omdat de kans dat het resultaat nog verandert in de toekomst (onder de geteste omstandigheden) relatief klein is. Een buurt met een overig resultaat is minder interessant om op de korte termijn mee aan de slag te gaan, omdat de kans dat het resultaat nog verandert in de toekomst gemiddeld tot groot is.

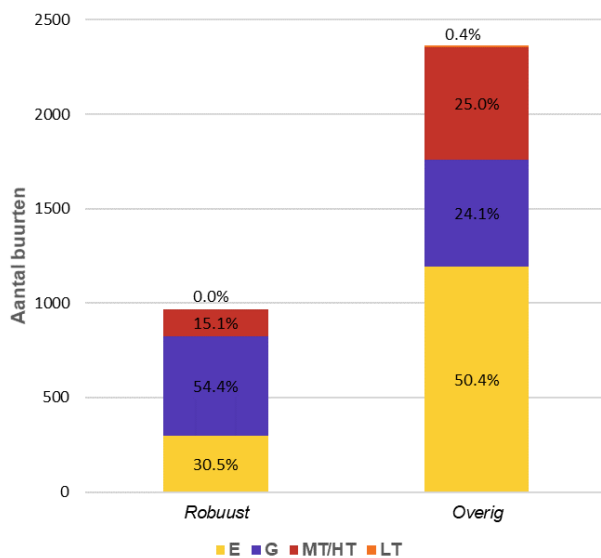
De voorkeursoptie en robuustheidsindicatie in de resultaten van het Openingsbod kunnen gebruikt worden door gemeenten bij het opstellen van hun Transitievisie Warmte.

### Wat zijn de resultaten?

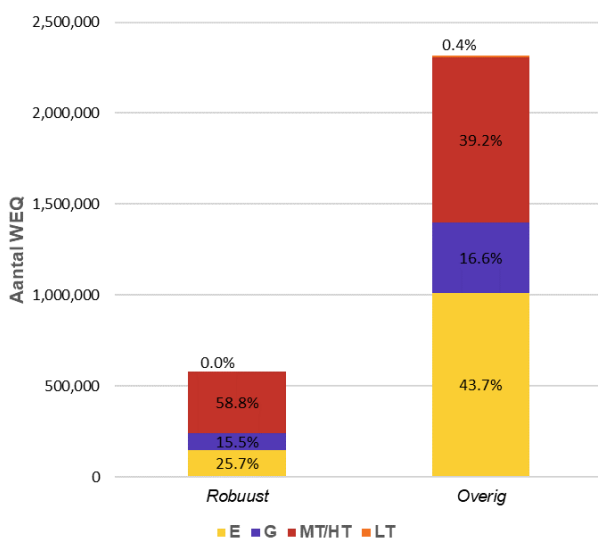
Figuren 3 en 4 presenteren de resultaten van het Openingsbod voor het gehele verzorgingsgebied van Stedin, Enduris en Capturam. De resultaten zijn gecategoriseerd per voorkeurstechologie en per robuustheidsindicatie.

Figuur 3 illustreert het aantal en aandeel van de voorkeursopties van buurten per robuustheidsindicatie. Wat opvalt is dat duurzaam gas de warmtetechniek is met het grootste aandeel van de robuuste buurten, gevolgd door all-electric. Bij de overige buurten komt de uitkomst all-electric het vaakste voor.

Figuur 3 - Resultaten buurten



Figuur 4 - Resultaten WEQ



Figuur 4 illustreert het aantal en aandeel van de voorkeursoptie van de WEQ per robuustheidsindicatie. Hier zien we een andere samenstelling. Het valt op dat de uitkomst MT/HT-warmtenetten het grootste aandeel beslaat - dit in tegenstelling

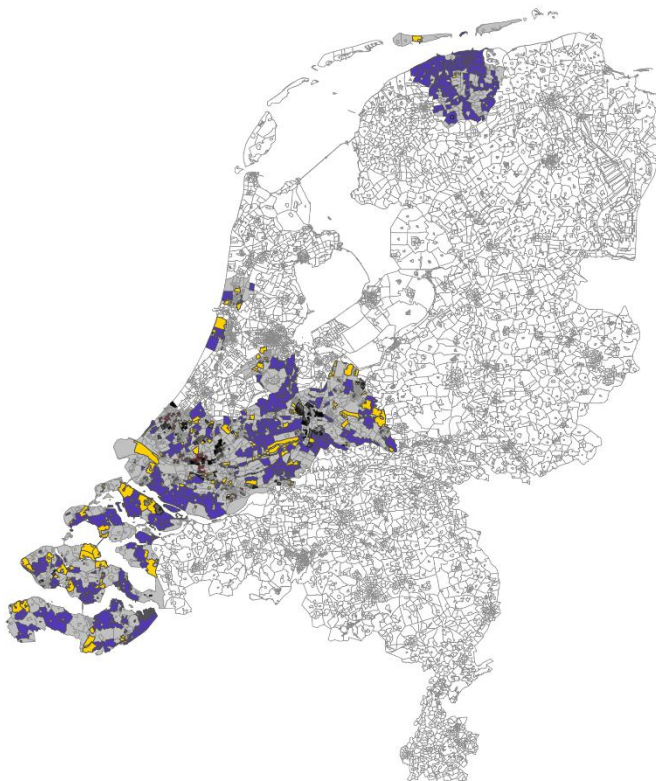
tot het kleine aandeel van MT/HT-warmtenetten in de resultaten uitgedrukt in aantallen buurten . Dit kan verklaard worden doordat de (beperkte hoeveelheid) robuuste buurten met de MT/HT-optie buurten relatief veel WEQ hebben. Dit zijn onder andere dichter bevolkte buurten in binnensteden. Het Openingsbod heeft dus een voorkeur om buurten met veel WEQ een collectieve warmtenet als voorkeursoptie toe te wijzen (indien een warmtebron beschikbaar is).

Een tegenovergesteld beeld zien we bij de voorkeursoptie duurzaam gas, en in minder mate ook bij de voorkeursoptie all-electric. De voorkeursoptie duurzaam gas beslaat het grootste aandeel van de robuuste buurten. Echter wanneer we kijken naar het aandeel robuuste WEQ zien we dat dit aandeel aanzienlijk kleiner is. Dit kan verklaard worden doordat de (grote hoeveelheid) robuuste buurten met duurzaam gas als voorkeursoptie weinig WEQ hebben. Dit zijn onder andere dunner bevolkte buurten in het buitengebied. Het Openingsbod heeft dus een voorkeur om buurten met minder WEQ een individuele warmtetechniek als voorkeursoptie toe te wijzen. De verdeling van de warmtetechnieken is terug te vinden in figuur 5, maar ook de interactie kaart van de visualisatietool.

#### **Werken met de Openingsbod Visualisatietool**

Voor het inzien van de resultaten van specifieke buurten of gemeenten kan gebruik worden gemaakt van de Openingsbod Visualisatietool. De tool biedt inzicht in de voorkeurstechneik voor duurzame verwarming per individuele buurt, daar waar deze voldoende robuust is. Het stap voor stap doorlopen van de tool helpt om dit resultaat en de onderbouwing ervan goed te begrijpen. Met behulp van een kaart navigeer je naar het gebied waarvan de uitkomsten wilt zien. Op de kaart zijn de grenzen van buurten, gemeenten, provincies en RES-regio's (Regionale Energiestrategieën) weergegeven. Zo kan de tool gebruikt worden op verschillende ruimtelijke niveaus. De gebruiksinstructies vind je in de tool door met de muis over het informatie symbool te bewegen. Voor meer informatie over de werking van de tool verwijzen we je naar [de bijbehorende website](#).

*Figuur 5 Ruimtelijke verdeling van warmtetechnieken*



## 4.2. Openingsbod in context

Naast het Openingsbod zijn er andere studies uitgevoerd naar de warmtetransitie in de gebouwde omgeving. Een van de meest bekende studies is de Startanalyse. In deze paragraaf kijken we naar de verschillen tussen het Openingsbod en de Startanalyse. Deze editie van het Openingsbod is een vernieuwde versie van de studie die uitkwam in 2020. Daarom kijken we ook naar de verschillen tussen deze twee edities van het Openingsbod.

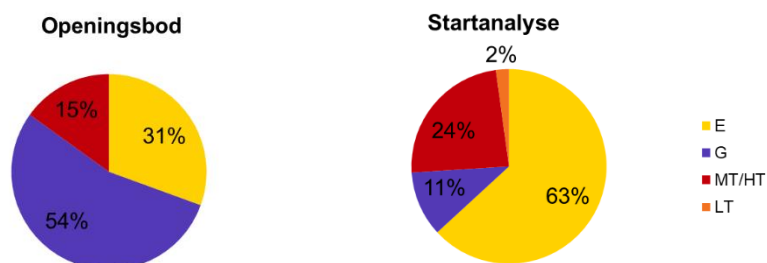
### 4.2.1 Vergelijking met Startanalyse 2020

De Startanalyse is een studie naar de warmtetransitie in de gebouwde omgeving, uitgevoerd door PBL, als onderdeel van de Leidraad Transitievisie Warmte. Net als het Openingsbod kijkt de Startanalyse per buurt wat de voorkeursoptie is op basis van de laagste nationale kosten voor de maatschappij. De Startanalyse is uitgevoerd met het Vesta MAIS model.

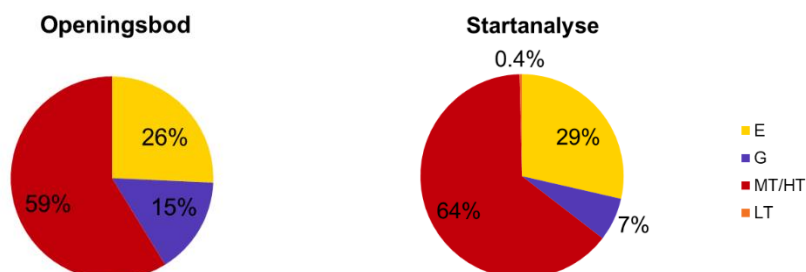
Op het eerste gezicht lijken het Openingsbod en de Startanalyse eenzelfde resultaat te presenteren. Er is echter een belangrijk verschil. Het Openingsbod presenteert naast een voorkeursoptie op basis van laagste nationale kosten, ook de robuustheid van het resultaat. Dit doet het Openingsbod middels het rekenen met drie verschillende modellen en drie verschillende energietoekomst. De Startanalyse werkt met het Vesta MAIS model, één van de drie modellen waarmee gerekend wordt in het Openingsbod. Daarnaast rekt de Startanalyse met één energietoekomst, waar het Openingsbod gebruik maakt van drie verschillende energietoekomst. Het gebruik van drie verschillende modellen met drie verschillende toekomstbeelden stelt het Openingsbod in staat om de robuustheid van de gepresenteerde voorkeursopties per buurt te presenteren. De Startanalyse doet dit niet en laat zien hoe gevoelig onzekere factoren (zoals energieprijzen) zijn middels gevoeligheidsanalyses. Meer informatie over verschillen en overeenkomsten tussen het Openingsbod en de Startanalyse staat in paragraaf 3.9.

Figuren 6 en 7 presenteren de robuuste resultaten voor buurten en voor WEQ's. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de Startanalyse geen robuuste resultaten presenteert. Om toch een vergelijking te kunnen maken hebben we voor de buurten die door het Openingsbod zijn gekenmerkt als buurten met een robuust resultaat, de Startanalyse en het Openingsbod onderling vergeleken.

Figuur 6 – Robuuste buurten Openingsbod vs Startanalyse



Figuur 7 - Robuuste WEQ Openingsbod vs Startanalyse



Deze figuren leiden tot de volgende observaties:

- De resultaten op buurt niveau zijn verschillend tussen het Openingsbod en de Startanalyse. Echter, de WEQ resultaten presenteren een overeenkomst resultaten.

- Waar het Openingsbod een groot aandeel van de buurten de voorkeursoptie duurzaam gas geeft, in combinatie met een relatief klein aandeel in WEQ, kent de Startanalyse hetzelfde fenomeen bij all-electric.
- In de Startanalyse is een MT/HT-warmtenet vaker de voorkeursoptie, bij het vergelijken op basis van zowel buurten als WEQ.

Er zijn verschillende verklaringen voor deze observaties:

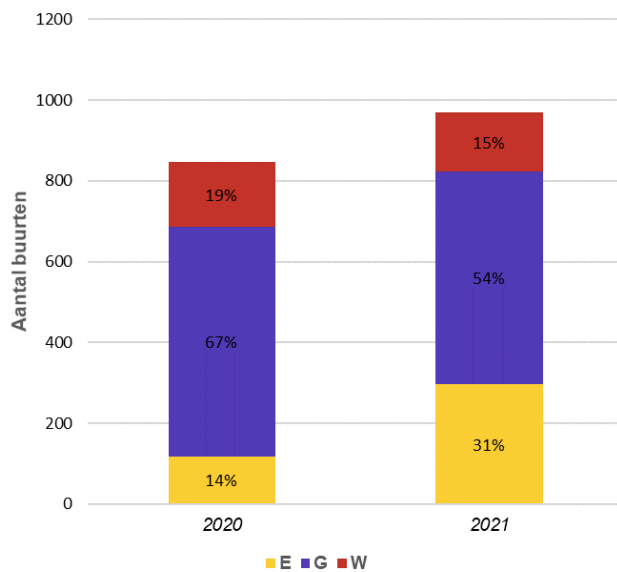
- Het gebruik van verschillende modellen en verschillende energietoekomst leidt tot verschuivingen in de voorkeursopties van de studie.
- Ook de manier waarop Vesta MAIS is gebruikt in het Openingsbod verschilt van de Startanalyse. Dit komt door gebruik van andere uitgangspunten in de studies. Enkele belangrijke verschillende uitgangspunten zijn (welke ook van toepassing zijn op het gebruik van het CEGOIA en de ETM-warmtemodule in het Openingsbod):
  - Zo is er een verschil in gebruik van de capaciteiten van restwarmtebronnen en potentie van geothermie. De Startanalyse is optimistischer over de beschikbare capaciteit van restwarmte uit puntbronnen. Ook is de Startanalyse optimistischer over de bodemgeschiktheid voor warmtelevering uit geothermiebronnen. Dit betekent dat de Startanalyse de bodem eerder als geschikt beschouwt voor geothermie. Dit verklaart waarom in de Startanalyse meer buurten en WEQ zijn met de HT/MT- en LT-opties.
  - Vervolgens wordt een verschillende beschikbaarheid voor groen gas en waterstof verondersteld. Zo gaat de Startanalyse uit van een nationale beschikbaarheid van 1,5 miljard m<sup>3</sup>/jaar. Het Openingsbod gaat uit van een nationale beschikbaarheid van 0,7 miljard m<sup>3</sup>/jaar in de 'beperkte' energietoekomst, en van een nationale beschikbaarheid van 1,5 miljard m<sup>3</sup>/jaar in de 'ruime' energietoekomst. Andersom werkt het bij waterstof: het Openingsbod maakt gebruik van onbeperkte waterstof beschikbaarheid in de 'ruime' energietoekomst, terwijl de Startanalyse geen gebruik maakt van waterstof. Ondanks de lagere beschikbaarheid van groen gas in de 'beperkte' energietoekomst, zorgt de onbeperkte beschikbaarheid van waterstof in de 'ruime' energietoekomst ervoor dat het Openingsbod duurzaam gas vaker toebedeelt aan buurten en WEQ dan de Startanalyse.
  - Tot slot is er een verschil in de methodiek van isoleren. De Startanalyse legt een minimum schillabel B of D op aan de gebouwde omgeving. Dit is dus een eis waaraan alle gebouwen moeten voldoen. Het Openingsbod gaat niet uit van een minimum schillabel. In het Openingsbod isoleren gebouwen naar een hogere schillabel indien dit voor de maatschappij rendabel is (laagste nationale kosten). Dit zorgt ervoor dat gemiddeld gezien de isolatiegraad in de Startanalyse hoger is dan in het Openingsbod. Als gevolg hiervan zijn lage-temperatuurwarmtetechnieken aantrekkelijker voor buurten in de Startanalyse dan in het Openingsbod. Als gevolg hiervan zien we dat de Startanalyse de all-electric alloceert aan veel dunbevolkte buurten (buurten met weinig WEQ), in plaats van duurzaam gas in het Openingsbod.

#### 4.2.2 Vergelijking met de vorige editie van het Openingsbod

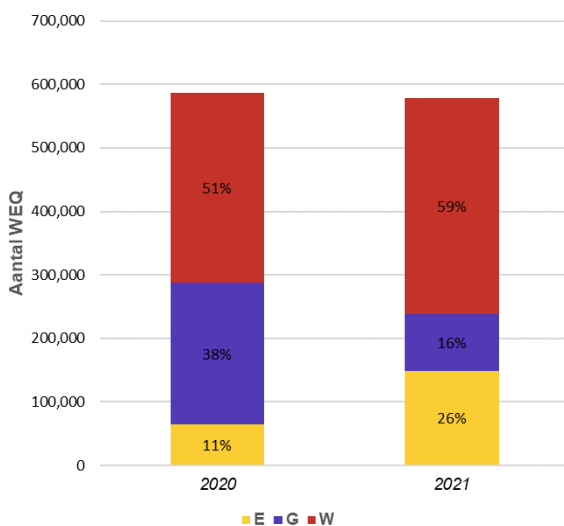
Deze nieuwe editie van het Openingsbod is een vernieuwd ten opzichte van het Openingsbod dat uitkwam in 2020. In beide edities van het Openingsbod is het doel om op zoek te gaan naar de robuuste warmtetechnieken per buurt. Echter, er zijn ook aanpassingen en toevoegingen aan de vorige editie die in sommige gevallen leiden tot resultaten die afwijken van de eerdere versie.

Figuren 8 en 9 presenteren de robuuste resultaten voor buurten en voor WEQ. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de resultaten in het Openingsbod 2020 op een andere manier werden gepresenteerd dan in het Openingsbod 2021. Zo maakte het Openingsbod 2020 nog geen onderscheid in het type warmtenet (HT/MT/LT). Verder maakte het vorige Openingsbod onderscheid in 'zekere' en 'indicatieve' buurten, wat niet meer wordt gedaan in het Openingsbod 2021. Om de resultaten tussen beide versies onderling te kunnen vergelijken, worden de resultaten in het Openingsbod van 2021 met de HT/MT- en LT-opties samengevoegd tot een W-optie (warmtenet) resultaat. 'Zekere' en 'indicatieve' resultaten in het vorige Openingsbod worden samengevoegd tot een 'robuust' resultaat.

Figuur 8 - Robuuste buurten Openingsbod 2020 vs 2021



Figuur 9 - Robuuste WEQ 2020 vs 2021



Uit deze figuren kunnen we de verschillende observaties maken en verklaren, ingedeeld op een verschuiving in robuustheid en warmtetechniek. Tabel 13 geeft een samenvatting van de belangrijkste verschillen tussen de twee versies.

#### Verschuiving in robuustheid

Uit de figuren maken we de volgende observatie betreft de verschuiving van de robuustheid:

- Het aantal robuuste buurten is toegenomen in 2021, terwijl het aantal robuuste WEQ ongeveer gelijk is gebleven<sup>7</sup>.

Er zijn twee belangrijke verklaringen voor deze observatie.

- De methodiek is aangepast voor de categorisering van robuuste resultaten.
- De omstandigheden in de gevoeligheidsanalyses als gevolg van individuele modelupdates zijn veranderd.
- De CBS-buurtindeling is gewijzigd. Dit resulteert erin dat het Openingsbod rekent met andere samenstellingen van buurten dan het Openingsbod 2020, wat resulteert in een verandering in de robuustheidscores van de buurten.

#### Verschuiving in warmtetechniek

Uit de figuren maken we de volgende observaties betreft de verschuiving van de warmtetechniek:

<sup>7</sup> In 2021 zijn iets minder WEQ robuust dan in 2020, ondanks dat hetzelfde criterium van 20% robuuste WEQ wordt gehanteerd. Dit verschil kan verklaard worden door het afkappunt van robuuste buurten. Buurten worden niet gesplitst omwille van dit 20% criterium. Aangezien we kijken naar gehele buurten betekent dit dat niet precies 20% van de WEQ als robuust wordt gekenmerkt, wat het verschil tussen 2021 en 2020 verklaard.



- Het aandeel buurten met de duurzaam gas is verlaagd in 2021. Voor het aandeel WEQ dat duurzaamgas krijgt is dat nog sterker gedaald in 2021.
- Het aandeel buurten met een warmtenet is verlaagd in 2021. Wanneer we kijken naar het aandeel WEQ's valt op dat het aandeel warmtenet juist is toegenomen. Dit betekent dat het warmtenet selectiever wordt aangewezen aan buurten met veel WEQ in 2021. De daling in het aandeel WEQ's met duurzaam gas wordt deels opgevangen door deze stijging in warmtenet WEQ's.
- Het aandeel buurten en WEQ's met all-electric stijgen in 2021. De daling in het aandeel buurten en WEQ's met duurzaam gas wordt deels opgevangen door deze stijging in E-optie.

Er zijn verschillende verklaringen voor deze observaties:

- Allereerst zijn de individuele modellen die gebruikt zijn in het Openingsbod geüpdatet. Zo is bijvoorbeeld de methodiek voor de aanleg van warmtenetten aangepast in Vesta MAIS en de kengetallen voor infrastructuurkosten veranderd in CEGOIA. Deze modelupdates zijn doorgevoerd op basis van de laatste inzichten in warmtetechnieken. De updates kunnen leiden tot lichte verschuivingen in de uitkomsten van de individuele modellen.
- Vervolgens zijn de gaslimieten voor groen gas aangepast. In deze editie van het Openingsbod is de beschikbaarheid van duurzaam gas verlaagd. Dit leidt ertoe dat er minder duurzaam gas beschikbaar is voor de gebouwde omgeving. In combinatie met de hogere infrastructuur kostenkengetallen voor waterstof (wat duurzaam gas minder aantrekkelijke maakt) kan hiermee de daling in duurzaam gas verklaard worden. Hierdoor worden warmtenetten en all-electric aantrekkelijker.
- Tot slot zijn de capaciteiten van warmtebronnen geüpdatet. Deze capaciteiten hebben impact op de allocatie en gebruik van de warmte in de buurten. In combinatie met de verandering in methodiek voor de aanleg van warmtenetten zorgt deze verandering ervoor dat warmte selectiever gealloceerd wordt naar buurten met veel WEQ buurten (o.a. dicht bevolkte buurten).

Tabel 13 - Verschillen Openingsbod 2020 vs 2021

Wijziging	Openingsbod 2020	Openingsbod 2021
<b>Buurtindeling</b>	CBS buurtindeling 2017	CBS buurtindeling 2019
<b>Beschikbaarheid groengas*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruim = 1,7 Miljard m3/jaar</li> <li>• Beperkt = 1,7 miljard m3/jaar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruim = 1,5 Miljard m3/jaar</li> <li>• Beperkt = 0,7 miljard m3/jaar</li> </ul>
<b>Beschikbaarheid waterstof*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruim = onbeperkt beschikbaar</li> <li>• Beperkt = geen beschikbaarheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruim = onbeperkt beschikbaar</li> <li>• Beperkt = geen beschikbaarheid</li> </ul>
<b>Capaciteit warmtebronnen</b>	MT/LT puntbronnenbestand SDLeidraad2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MT/LT puntbronnenbestand SDLeidraad2020</li> </ul>
<b>Model updates**</b>	CEGOIA: 1.0 (2019) ETM-warmtemodule: v2019 Vesta MAIS: Leidraad2019 (v4.0)	CEGOIA: 2.0 (2020) ETM-warmtemodule: v2020 Vesta MAIS: Leidraad2020 (v5.0)

\* De veranderingen in de beschikbaarheid van duurzaam gas (groengas en waterstof) is ingedeeld in 'ruim' en 'beperkt' conform de toekomstbeelden indeling.

\*\* De model updates omvatten de veranderingen in het model die (o.a.) de economisch en technische kengetallen en rekenmethodiek in lijn brengen laatste inzichten.

## Bijlage A

### Verschillen en overeenkomsten tussen de Startanalyse en CEGOIA/de ETM-warmtemodule

Het Openingsbod is een meerdere-modellenstudie. De inzet van meerdere modellen is een van de krachten van het Openingsbod. Zo worden de blinde vlekken en zwakke plekken in het ene model, opgevangen door de anderen. De modellen zijn alleen op hoofdpunten gelijkgetrokken met de Startanalyse, maar niet overal. Dit is naar ons idee passend bij de filosofie van het Openingsbod.

#### **CEGOIA – additionele toelichting**

CEGOIA heeft een grote update gehad sinds afgelopen jaar. Een belangrijke modelaanpassing is een herziening van de isolatiekosten en resulterende energiebesparing van woningen. Hiervoor is een studie uitgevoerd door adviesbureau Merosch. De isolatiekosten zijn een belangrijk discussiepunt in de warmtetransitie. De isolatiekosten worden vaak onderschat, terwijl de energiewinst wordt overschat. Met deze studie en nieuwe cijfers hebben we een belangrijke stap gemaakt om het vertrouwen te geven in de kentallen dat nodig is.

Ten grondslag aan deze modelupdate staan de kentallen van Vesta MAIS 3.5. De nieuwe versie van CEGOIA heeft gedeeltelijk deze kengetallen overgenomen. Vesta MAIS 3.5 heeft dezelfde kentallen als Vesta MAIS 4.0, een versie die specifiek voor de Startanalyse 2019 is uitgebracht. Inmiddels is Vesta MAIS 5.0 verschenen voor de Startanalyse 2020. De kentallen uit versie 3.5 zijn vaak hetzelfde als 5.0. De belangrijkste aanpassingen van 3.5 naar 5.0 zijn aangegeven in de release notes. De release notes zijn niet uitputtend, maar geven de veranderingen van belang.

Niet alle kentallen uit Vesta MAIS zijn overgenomen. Hiervoor zijn drie redenen. i) Voor sommige kentallen geldt dat deze niet voorkomen in of niet vergelijkbaar zijn met Vesta MAIS. Dit komt omdat de berekeningsmethodes tussen de modellen verschillen. Dit geldt bijvoorbeeld voor WKO-installaties en hybride warmtepompen. ii) Voor andere kentallen is gekozen deze niet over te nemen vanwege een verschil in inzichten over wat de meest realistische waarde is. iii) Een laatste reden is dat de Vesta MAIS-waarden nog niet beschikbaar waren ten tijde van de berekeningen.

Onderdeel van de update was ook een herziening van de methode voor het bepalen van netverzwaring. Alhoewel de methodes voor de berekening van de kosten voor netverzwaring verschillen, zijn de kentallen zo gekozen dat de resultaten zoveel mogelijk aansluiten bij de resultaten van de Startanalyse. Ook zijn de kosten van waterstofnetten herzien. Ook hier zijn de berekeningsmethodes verschillend, maar de kentallen zijn zo gekozen dat de resultaten zoveel mogelijk aansluiten bij de resultaten van de Startanalyse.

Specifiek voor dit project zijn de energieprijzen en de rentevoeten aangepast, om aan te sluiten bij de Startanalyse. Een belangrijk verschil tussen beide modellen is dat CEGOIA rekent met de totale nationale kosten, waar Vesta MAIS kijkt naar de meerkosten. Een ander verschil is dat CEGOIA de nationale kosten voor een gebied optimaliseert, waar Vesta MAIS per buurt de goedkoopste optie kiest. De laatste genoemde benadering leidt niet altijd tot de laagste nationale kosten voor het hele gebied.

CEGOIA maakt gebruik van een ouderdomsfactor voor de kosten in oude buurten. Dit geldt zowel voor woningisolatie bij buurten met veel woningen van voor 1900 als voor de infrastructuurkosten in oudere buurten. Op deze manier komen we tegemoet aan bijvoorbeeld oude binnensteden met historische panden waar de kosten voor woningaanpassingen en infrastructuur aanzienlijk hoger zijn dan in nieuwe buurten.

#### **ETM-warmtemodule – additionele toelichting**

De ETM-warmtemodule is niet een kosten-optimaliserend model. Omdat de methodiek van de ETM-warmtemodule veel verschilt van de methodiek van Vesta MAIS is gelijktrekking van technieknaamnames slechts gedeeltelijk relevant. Aannames over bijstook, voordeel voor buurten met bestaand warmtenet, minimaal isolatieniveau voor een techniek zijn gelijkgetrokken. Ook zijn de energieverbruiken voor woningen en utiliteit overgenomen uit Vesta MAIS.

