



Achtergrondstudies

VESTA RUIMTELIJK ENERGIEMODEL VOOR DE GEBOUWDE OMGEVING DATA EN METHODEN

Vesta ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving Data en methoden

Rob Folkert
Ruud van den Wijngaart

Vesta ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving. Data en methoden

©Planbureau voor de Leefomgeving

ISBN: 978-90-78645-96-2

PBL-publicatienummer: 500264001

Eindverantwoordelijkheid

Planbureau voor de Leefomgeving

Contact

rob.folkert@pbl.nl

Auteurs

Rob Folkert, Ruud van den Wijngaart

Met dank aan

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft het Vesta-model in samenwerking met CE Delft en Object Vision in Amsterdam ontwikkeld. Vanuit het PBL hebben,

naast de hoofdauteurs, Bas van Bommel en Bart Rijken een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van het model en Barry Zondag heeft documentatie geleverd over de regionale trendprognose van bevolking, huishoudens en arbeidsplaatsen.. Cor Leguijt van CE Delft heeft het functionele model opgesteld, en energiegegevens en documentatie geleverd. Maarten Hilferink en Martin van Beek hebben vanuit Object Vision de software ontworpen en gebouwd.

Redactie figuren

Jos Diederiks

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL, Den Haag

Opmaak

Martin Middelburg, Uitgeverij RIVM, Bilthoven

U kunt de publicatie downloaden via de website www.pbl.nl.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Folkert, R. & R.A. van den Wijngaart (2012), *Vesta ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving. Data en methoden*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

Samenvatting

Vesta is een ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. Met dit model kunnen het energiegebruik en de CO₂-uitstoot van deze sectoren regionaal en nationaal worden verkend. Vesta kan de effecten laten zien van energiemaatregelen in gebouwen, zoals energie-isolatie en zonneboilers, en in gebieden, bijvoorbeeld de levering van restwarmte uit de industrie en aardwarmte uit de diepe ondergrond. De effecten van de energiemaatregelen worden doorgerekend in termen van vermeden CO₂-uitstoot, energiegebruik, investeringskosten en energie-inkoopkosten. Het model kan de rentabiliteit van lokale gebiedswarmtelevering in kaart brengen, in combinatie met gebouwmaatregelen. In dit rapport worden de data en methoden besproken die zijn gebruikt voor het ruimtelijk energiemodel Vesta. Het gaat hierbij om data en methoden voor het gebruik van ruimtelijke gegevens over de bestaande en toekomstige voorraad van woningen, utiliteitsgebouwen en glastuinbouwarealen. Ook bespreken we de energiekentallen en -prijzen van de energievraag en de uitgangspunten van de gebouwmaatregelen op gebouwniveau en van gebiedsmaatregelen voor warmtelevering aan gebouwen. Het model bevat ook sociaaleconomische karakteristieken van bewoners van de bestaande woningen, en bedrijfseconomische karakteristieken van de utiliteits- en glastuinbouwsector. De lokale energievraag, de lokale energiemaatregelen en de lokale sociaaleconomische en bedrijfseconomische

gegevens kunnen ruimtelijk worden gekoppeld. Hierbij is het mogelijk om selecties van bepaalde groepen gebruikers te maken die bepaalde energiemaatregelen wel of niet treffen.

Inleiding

In dit rapport worden de data en methoden besproken die zijn gebruikt voor het ruimtelijk energiemodel Vesta. Het gaat hierbij om Brondata versie 2, Data and Model Server versie 1930 en Executabel versie 5.98. Vesta is een ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving en berekent het energiegebruik en de CO₂-uitstoot voor de gebouwde omgeving. Daarnaast kan het model de effecten berekenen van gebouwmaatregelen en gebiedsmaatregelen voor warmtelevering in termen van vermeden CO₂-uitstoot, energiegebruik, investeringskosten en financiële opbrengsten. Het model kan de rentabiliteit van warmtelevering in kaart brengen, in combinatie met gebouwmaatregelen voor energiebesparing. Het model kan ook maatregelen beperken tot bepaalde groepen op basis van sociaaleconomische kenmerken van bewoners of kenmerken van de utiliteits- en de glastuinbouwsectoren. Het model is zo opgezet dat gebruikers de ingevoerde data en relaties kunnen aanpassen of vervangen door bijvoorbeeld specifiekere gegevens, nieuwe inzichten en ontwikkelingen.

We beschrijven in dit rapport allereerst de data en methoden van ruimtelijke gegevens over de bestaande en toekomstige voorraad woningen, utiliteitsgebouwen en glastuinbouwarealen. Daarna worden de energiekentallen besproken voor het berekenen van de energievraag. Vervolgens presenteren we de energie- en kostengegevens voor gebouwmaatregelen en gebiedsmaatregelen als restwarmte, geothermie en warmte-koudeopslag (WKO). Ook gaan we in op de

sociaaleconomische karakteristieken van bewoners en de bedrijfseconomische karakteristieken van de sectoren utiliteit en glastuinbouw zoals gebruikt voor selecties in Vesta. Tot slot vergelijken we de uitkomsten van het model met landelijke metingen voor energie. De werking van Vesta en het functionele model staan beschreven in Leguijt en Schepers (2011).

Ruimtelijke gegevens

In dit hoofdstuk bespreken we de ruimtelijke gegevens die in het Vesta-model worden gebruikt. Het gaat hierbij om de fysieke kenmerken van woningen, utiliteitsgebouwen en glastuinbouwkassen. Deze gegevens vormen de basis voor het berekenen van de energievraag. Er zijn ruimtelijke gegevens van de huidige situatie voor het basisjaar en er zijn prognoses voor toekomstige ontwikkelingen. Deze gegevens worden hier apart besproken.

2.1 Woningen

2.1.1 Basisjaar

Voor het basisjaar zijn als ruimtelijke gegevens van woningen het type woning en het bouwjaar opgenomen. De energievraag wordt berekend door kentallen van het energiegebruik per type woning en bouwjaar te koppelen aan de ruimtelijke gegevens van de woningen. De kentallen van het energiegebruik per type woning en bouwjaar worden besproken in paragraaf 3.1. Hier bespreken we de ruimtelijke gegevens. Voor de bestaande woningvoorraad is het Geomarktprofiel gebruikt voor 2006 (Wegener Direct Marketing 2010). Dit bestand bevat gegevens over het aantal huishoudens, het bouwjaar en het type woningen. Daarnaast bevat dit bestand een aantal sociaal-economische gegevens over de bewoners, zoals de huishoudensgrootte, het inkomen en de eigendomsverhoudingen.

Dataland bouwt de Geomarktprofiel database op basis van de gemeentelijke basisadministratie (GBA) waarvoor gemeenten gegevens aanleveren; 80 procent van de gemeenten levert gegevens aan, de overige gegevens worden uit andere bronnen en enquêtes verkregen. Het Geomarktprofielbestand bevat 7,14 miljoen woningen en 16.537.231 inwoners; een huishouden telt gemiddeld 2,32 inwoners. Dit wijkt licht af van gegevens van het CBS voor 2006: 7,02 miljoen woningen of wooneenheden, 16,33 miljoen inwoners en 2,26 inwoners per huishouden (CBS 2010a). De kleine verschillen komen waarschijnlijk door interpretatieverschillen, bijvoorbeeld bij recreatiewoningen en wonen in instellingen (volgens het CBS (2010b) telde Nederland in 2006 zo'n 97.000 recreatiewoningen en 347.000 verblijfplaatsen in instellingen (CBS 2010b).

Het Geomarktprofiel bevat dominante woningtypen en dominante bouwjaren op 6-positie postcodeniveau (4 cijfers en 2 letters). 'Dominant' betekent dat het meest voorkomende woningtype en bouwjaar op 6-positie postcodeniveau de classificatie bepaalt. Dit postcodeniveau omvat gemiddeld circa 15 woningen, en komt vaak overeen met een straat of een deel van een straat. Op dit niveau zijn de woningen vaak van hetzelfde type en in dezelfde periode ontwikkeld. Afwijkingen treden vooral op in oudere binnensteden, waar bouwjaren en woningtypen op 6-positie postcodeniveau meer uiteenlopen. Hier komt dan ook vaak het type 'divers' voor. Er is gebruikgemaakt van het Geomarktprofiel uit 2006 in plaats van het recentere bestand uit 2008 (zie tabel 2.1 en 2.2). In tegenstelling tot het bestand uit 2008,

Tabel 2.1
Type woningen in Vesta en Geomarktprofiel, 2006

Woningtype Vesta en Geomarktprofiel		Aantal PC06-punten	Aantal huishoudens	Percentage huishoudens van totaal
1	Vrijstaand/bungalow	79.947	1.019.494	14%
2	Twee-onder-een-kap	51.778	847.471	12%
3	Rijtjeshuis/eengezins	158.064	2.849.233	40%
4	Flat met 4 of minder verdiepingen	33.088	757.020	11%
5	Flat met meer dan 4 verdiepingen	14.186	373.036	5%
6	Etagewoning/maisonnette	20.524	406.446	6%
7	Etage/flat grachtenpand	1.933	41.666	1%
8	Herenhuis grachtenpand	6.014	104.910	1%
9	Zelfstandige bejaardenwoning	7.099	182.812	3%
10	Boerderij/tuinderij	13.351	139.304	2%
11	Studentenwoning/flat	2.366	41.465	1%
12	Divers of onbekend (in berekeningen omgezet naar rijtjeshuis/eengezins)	69.836	367.194	5%
Woningtype Geomarktprofiel				
13	Woonboot	415	6.966	0,1%
14	Woonwagen	240	3.084	0,04%
Totaal	Aantal Geomarktprofiel	458.841	7.140.101	100%

Bron: Wegener Direct Marketing (2006)

Tabel 2.2
Bouwjaarklassen in Vesta en Geomarktprofiel, 2006

Code Bouwjaar	Bouwperiode	Aantal huishoudens	Percentage huishoudens van totaal
1	Voor 1800	50.526	0,7%
2	Tussen 1800 en 1889	112.822	1,6%
3	Tussen 1900 en 1919	301.477	4,2%
4	Tussen 1920 en 1939	740.498	10,4%
5	Tussen 1940 en 1959	794.016	11,1%
6	Tussen 1960 en 1969	1.029.199	14,4%
7	Tussen 1970 en 1979	1.239.802	17,4%
8	Tussen 1980 en 1989	968.128	13,6%
9	Tussen 1990 en 1994	494.898	6,9%
10	Tussen 1995 en 1999	331.255	4,6%
11	Later dan 2000	254.551	3,6%
12	Loopt erg uiteen of onbekend (omgezet naar bouwperiode 1970-1979)	822.929	11,5%

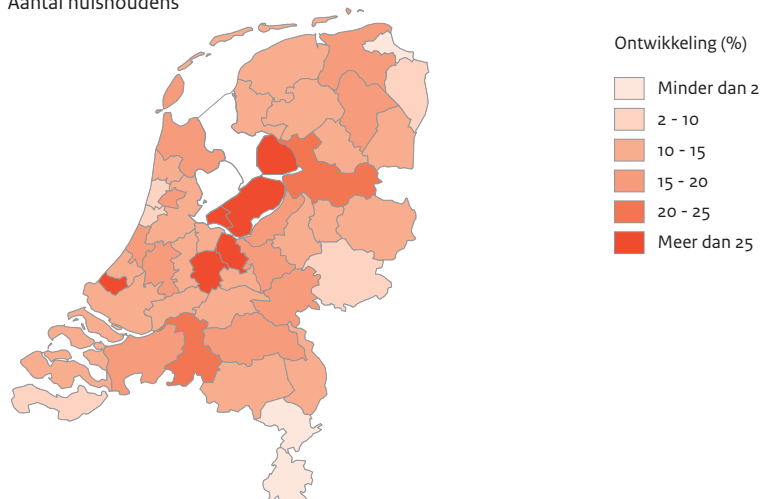
Bron: Wegener Direct Marketing (2006)

wordt in het 2006-bestand wel onderscheid gemaakt in flats met meer of minder dan vier verdiepingen. Dit onderscheid is nodig voor het nauwkeuriger kunnen bepalen van het dakoppervlak per woning, dat wordt gebruikt voor het berekenen van het potentieel voor PV-panelen en zonneboilers.

Een deel van de woningen in het Geomarktprofiel bevat een categorie 'onbekend' (2 procent) of 'divers' (3 procent). Het gaat hier om straten met onbekende woningen en om straten met een wisselende samenstelling van huizen zonder echt dominant woningtype. Deze categorie is omgezet naar het meest

Figuur 2.1
Huishoudensontwikkeling per COROP, trendprognose 2008-2040

Aantal huishoudens



Bron: PBL

voorkomende woningtype (rijtjeshuizen/eensgezins) met het meest voorkomende bouwjaar (1970-1979). Hetzelfde is gedaan bij de classificatie ‘onbekend’ en ‘loopt erg uiteen’ voor het bouwjaar, door dit om te zetten naar de bouwperiode 1970-1979. Geomarktprofiel onderscheidt als woningtypen ook woonboot en woonwagen, maar deze typen worden in Vesta niet gebruikt, omdat hiervoor geen energiekentallen zijn en de groep te verwaarlozen is. Het gaat hier namelijk om een kleine groep van 6.966 woonboten en 3.084 woonwagens.

2.1.2 Prognose

Het rekenmodel stelt een prognose samen voor de toekomstige woningvoorraad op basis van de gegevens uit het Geomarktprofiel, de verandering van de woningvoorraad uit TIGRIS en de Ruimtescanner en het slooptempo van woningen uit de studie *Welvaart en Leefomgeving* (WLO) (CPB et al. 2006).

De ontwikkeling van de woningvoorraad in Vesta is gebaseerd op de regionale trendprognoses op basis van het TIGRIS-landgebruikmodel (zie bijlage 1). Het TIGRIS-model maakt een prognose tot 2040 voor de regionale ontwikkeling van het aantal huishoudens (figuur 2.1) en de netto verandering van de woningvoorraad op het niveau van 47 regio's (COROP47). Om maatregelen tot 2050 te kunnen doorrekenen, is in Vesta het aantal woningen in 2050 gelijk gehouden aan 2040. Tussen 2040 en 2050 worden bestaande woningen nog wel vervangen door nieuwbouwwoningen, maar hierdoor verandert het aantal woningen dus niet.

De regionale opgaven voor wonen uit TIGRIS XL zijn omgezet naar een grondvraag en, in combinatie met claims uit andere sectoren, opgenomen in de Ruimtescanner als zogenoemde ruimtelijke claims. In de Ruimtescanner wordt de ruimtevraag naar wonen ruimtelijk nader toegewezen via geschiktheidscriteria en ruimtelijke restricties. De Ruimtescanner bepaalt nieuwe locaties voor het plaatsen van nieuwbouwwoningen (Kuiper & Bouwman 2009). Vesta gebruikt de gegevens over nieuwe locaties buiten bestaand stedelijk gebied (uitleglocaties). Voor uitleglocaties gaat het om een landsdekkend grid met cellen van 1 bij 1 hectare uit de Ruimtescanner. Elke cel bevat informatie over hoeveel woningen er ten opzichte van het basisjaar in een cel bij komen. Hierbij worden in de Ruimtescanner drie woonmilieutypen onderscheiden. Het gaat om de volgende typen, gerangschikt op basis van een hoge naar lage woningdichtheid:

- *centrumstedelijk en buiten centrum*: de centra van steden en de wijken die op een wat grotere afstand van het centrum liggen;
- *groenstedelijk en centrumdorps*: wijken in een lagere dichtheid dan centrumstedelijk en buiten centrum, en dorpen met een hogere dichtheid dan landelijk of met meer voorzieningen;
- *landelijk wonen*: dorpen met een lage dichtheid en weinig voorzieningen en woningen in het landelijk gebied.

Deze woonmilieutypologie van de Ruimtescanner komt niet overeen met de woningtypologie uit het

Tabel 2.3

Verband tussen woningmilieutype volgens Ruimtescanner en woningtype Vesta

Woonmilieutype Ruimtescanner	Vesta woningtype
Centrumstedelijk en buiten centrum	Flats met meer dan 4 verdiepingen
Groenstedelijk en centrumdorps	Rijtjeshuizen/eengezins
Landelijk wonen	Vrijstaand/bungalows

Bron: PBL

Tabel 2.4

Netto verandering woningvoorraad in Nederland volgens trendprognose 2008-2050 (2050=2040)

Verandering woningvoorraad (aantallen woningen)		2008-2020	2008-2050
Inbreiding	Herstructurering	67.540	313.358
Uitleg	Flatwoningen	151.413	274.521
	Rijwoningen	239.370	421.651
	Vrijstaand	81.801	128.403
Totaal		540.124	1.137.933

Bron: PBL

Geomarktprofiel en is daarom omgezet naar een passend woningtype uit het Geomarktprofiel. Centrumstedelijk en buiten centrum worden volledig omgezet in het type 'flat met meer dan vier verdiepingen', groenstedelijk en centrumdorps in het type 'rijtjeswoning' en landelijk wonen in het type 'vrijstaande woning' (zie tabel 2.3).

Naast het woningtype wordt ook het bouwjaar (of beter: de bouwperiode) gespecificeerd. De volgende categorieën worden onderscheiden in Vesta:

- 2000-2010
- 2010-2020
- 2020-2030
- 2030-2040
- 2040-2050

Hiermee wordt, naast de verdeelsleutel voor woningtypen, de informatie over de Vesta-woningtypen en bouwjaaren in Vesta ingelezen.

Vesta gebruikt daarnaast de resultaten uit de Ruimtescanner over de aantallen woningen die er in bestaand stedelijk gebied bij worden gebouwd per woningmarktregio. Hierbij worden de woningtypen afgeleid van de bestaande voorraad. De methode voor allocatie van deze woningen binnen bestaand stedelijk gebied (inbreidingslocaties) wordt hierna toegelicht.

Onttrekking, vervanging en inbreiding van woningen

TIGRIS geeft informatie over de netto verandering van het aantal woningen in een woningmarktregio in bestaand stedelijk gebied volgens de grenzen in het jaar 2006. 'Netto' betekent dat het verschil wordt genomen

van het aantal nieuwbouwwoningen en het aantal gesloopte woningen in bestaand stedelijk gebied. Als er minder woningen worden gebouwd dan er worden gesloopt, dan is er een netto afname van de woningvoorraad, ofwel een 'netto onttrekking' van woningen binnen bestaand stedelijk gebied. Als het aantal nieuw gebouwde woningen gelijk is aan het aantal gesloopte woningen, dan is er een stilstand in het aantal woningen binnen bestaand stedelijk gebied. Er is dan alleen sprake van 'vervanging' van woningen. Als er meer woningen worden gebouwd dan gesloopt, dan is er een netto toename van het aantal woningen binnen bestaand stedelijk gebied.

Omdat TIGRIS werkt met netto veranderingen per woningmarktregio, heeft het geen informatie over het aantal woningen dat wordt gesloopt en in dezelfde aantallen wordt 'vervangen' door nieuw gebouwde woningen. Informatie hierover is belangrijk, omdat de energieprestatie van een nieuwe (vervangen) woning beter is dan die van een bestaande woning. Tabel 2.4 presenteert de netto verandering in de woningvoorraad, waarbij de waarden uit de trendprognose nader zijn uitgesplitst naar woningtype en de omvang van de voorraad in 2050 gelijk is gesteld aan 2040.

Voor gegevens over het sloop tempo (vervanging) van woningen is daarom gebruikgemaakt van gegevens over de sloop van woningen uit de WLO-studie (CPB et al. 2006). In de WLO zijn gegevens over sloop van woningen op nationale schaal beschikbaar. In Vesta is aangenomen dat alle gesloopte woningen in Nederland worden vervangen door nieuwe woningen. In Vesta is

Tabel 2.5
Vervanging (slooptempo) van het aantal woningen per zichtjaar (cumulatief) in Vesta

Periode	Aantal woningen
2006-2010	95.556
2006-2020	334.444
2006-2030	624.444
2006-2040	914.444
2006-2050	1.204.444

Bron: PBL

verondersteld dat het slooptempo uit de WLO gelijk is aan het vervangings tempo. Voor Vesta zijn hiervoor de WLO-sloopaantallen van Transatlantic Market (TM) gebruikt (tabel 2.5) (CPB et al. 2006).

Vesta stelt een prognose samen van de woningvoorraad in 2050 op basis van netto veranderingen in de woonvoorraad op woningmarktniveau binnen bestaand stedelijk gebied, nationale sloopaantallen, gegevens over bouw binnen bestaand stedelijk gebied (inbreiding) en nieuwe locaties (uitbreiding). Vesta past hiervoor de omvang en samenstelling van de woningvoorraad uit 2006 aan om de woningvoorraad in 2050 te bepalen (figuur 2.2).

Hierbij vinden de volgende mutaties plaats:

1. Netto onttrekking in bestaand stedelijk gebied
 ->vermindering van het aantal woningen volgens TIGRIS per woningmarktregio in de woningvoorraad van 2006.
2. Vervanging in bestaand stedelijk gebied -> aanpassing van het bouwjaar van de aantallen te slopen woningen uit de WLO voor heel Nederland in de woningvoorraad van 2006.
3. Inbreiding -> vermeerdering met het aantal in te breiden woningen volgens de Ruimtescanner per woningmarktregio in bestaand stedelijk gebied in 2006.
4. Uitleg -> plaatsing van het aantal nieuwbouwwoningen volgens de Ruimtescanner op nieuwe stedelijke locaties per woningmarktregio.

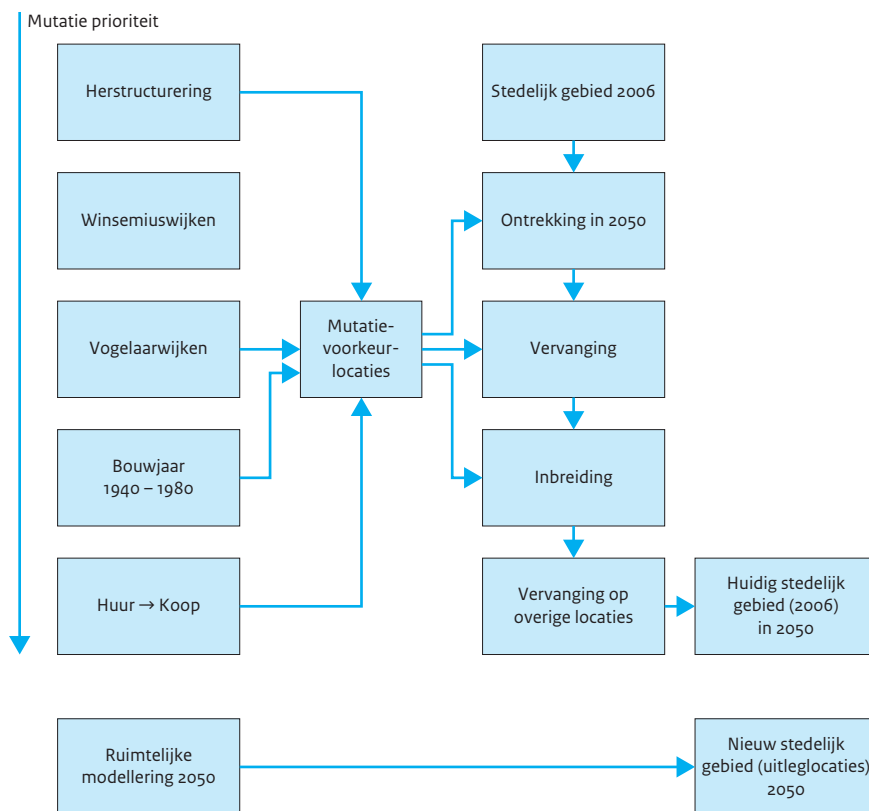
Belangrijk hierbij is waar precies welke woningen moeten worden onttrokken, vervangen of gebouwd. Hiervoor is een 'mutatierecept' opgesteld, dat aangeeft welke postcodegebieden (6-positie) met woningen op welke locaties worden onttrokken, worden vervangen door nieuwbouw en waar nieuwe woningen in bestaand stedelijk gebied worden gebouwd. Via een mutatierecept bepaalt Vesta de locaties van deze woningen. Het model biedt de mogelijkheid om andere inschattingen over sloop in te voeren. Door deze opzet kan het energetisch

effect van verschillende sloopstrategieën worden berekend.

Alleen bestaande woningen (Geomarktprofiel 2006) worden onttrokken of vervangen in Vesta. De toewijzing hiervan gebeurt op basis van gewogen criteria voor 1) het gebied waarin ze liggen; 2) het bouwjaar; en 3) de eigendomsverhoudingen. Gebieden die worden geherstructureerd, zoals de Vogelaar- en Winsemiuswijken en herstructureringsgebieden voor wonen (Nirov 2009), hebben een hoge kans op sloop. Er zijn geen gegevens bekend over bouwjaar en sloop, maar sloop zal vooral plaatsvinden bij huurwoningen die grootschalig zijn gebouwd in de jaren veertig tot zeventig en zeventig tot tachtig van de vorige eeuw. Deze bouwjaar zijn het eerst aan de beurt voor sloop (vervanging/onttrekking). Uit getallen van ABF (Systeem woningvoorraad (Syswov)) blijkt sloop daarnaast vooral bij huurwoningen plaats te vinden vanwege het strategische voorraadbeheer. De sociale huursector heeft een oplopend slooptempo van 0,5 procent in 2000 tot 1,06 procent in 2007. Sloop in de koopsector is ongeveer 0,12 procent per jaar. Deze argumenten zijn gebruikt voor het toekennen van gewichten voor prioriteit voor sloop op basis van ligging, gevolgd door bouwjaar en eigendom van een woning. Een hoge kans op toewijzing hebben dus woningen die liggen in een herstructureringswijk (volgens de Nieuwe Kaart van Nederland van het NIROV), Winsemiuswijk of een Vogelaarwijk met een bouwjaar tussen 1940 en 1970 of 1970 en 1980 en met een hoog aandeel huurwoningen (figuur 2.3). De gewichten zijn op basis van *expert judgement* gekozen. De prioriteit voor onttrekking of vervanging is om bovenstaande redenen de som van het gewicht van de volgende factoren:

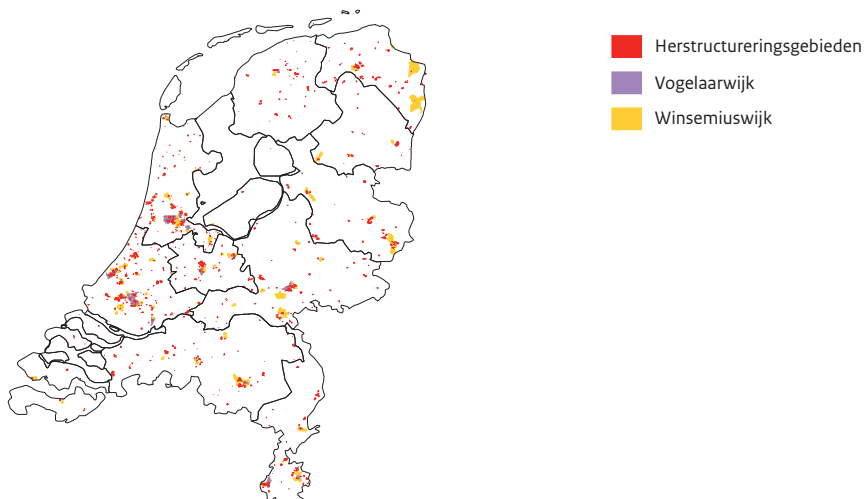
- Gebied:
1. in herstructureringsgebieden voor wonen: gewicht = 50;
 2. in Vogelaarwijken: gewicht = 40;
 3. in Winsemiuswijken: gewicht = 40.
- Bouwjaar:
4. tussen 1940 en 1970: gewicht = 30;
 5. tussen 1970 en 1980: gewicht = 10.
- Eigendom:

Figuur 2.2
Rekenschema voor de woningvoorraadprognose 2050



Bron: PBL

Figuur 2.3
Prioriteitsgebieden voor sloop



Bron: Nirov (2009); RIGO (2008)

Tabel 2.6
Deelsectoren in Vesta en aantal locaties en banen in LISA, 2008

Utiliteit	Aantal vestigingen	Aantal banen
Kantoren	128.492	2.242.269
Winkels	84.300	701.597
Groothandel	41.497	482.499
Autohandel en reparatie	18.627	144.604
Verpleging en verzorging	39.404	879.184
Ziekenhuizen	591	287.928
Onderwijs	11.940	450.943
Horeca	36.650	324.510
Overige dienstverlening	39.844	346.141
Totaal	401.345	5.859.675

Bron: LISA (2010)

- 6. allemaal huur: gewicht = 10;
- 7. vooral huur: gewicht = 8;
- 8. evenveel huur als koop: gewicht = 5;
- 9. vooral koop: gewicht = 2.

De woningen met de hoogste score worden eerst onttrokken of vervangen. Voor woningen met dezelfde score vinden onttrekking en vervanging random (stochastisch) plaats.

Volgens deze aanpak worden eerst de woningen voor netto onttrekking zoals afkomstig uit TIGRIS op regionaal woningmarktniveau verwijderd. Wegens het ontbreken van regionale prognoses over het aantal woningen dat moet worden vervangen, worden er woningen geselecteerd voor de vervangingsopgave op nationaal niveau. Hierbij worden er net zo lang woningen volgens de bepaalde prioriteit vervangen totdat de nationale aantallen zijn bereikt. Als laatste wordt de inbreidingsopgave gerealiseerd in woningmarktregio's waar er sprake is van een toename van de woningvoorraad binnen bestaand stedelijk gebied. Het bijplaatsen van woningen gebeurt per woningmarktregio allereerst op de locaties waar woningen zijn vervangen. Voorwaarde hierbij is dat de oorspronkelijke woningdichtheid maximaal mag verdubbelen. Er komen dan maximaal net zoveel woningen door inbreiding bij als dat er zijn vervangen. Als dit niet volstaat voor de inbreidingsopgave, dan wordt de resterende opgave per woningmarktregio gelijkmatig verdeeld over de overige, niet vervangen, woningen. Dit betekent dat bestaande postcodegebieden er een hoeveelheid woningen bij krijgen. Omdat het model werkt met dominante woningtypen en het om kleine aantallen woningen per postcodegebied gaat, krijgen deze woningen de energiekenmerken van de bestaande woningen. Omdat de warmtevoorziening van nieuwe woningen

energiezuiniger is dan die van de bestaande, zorgt dit voor een overschatting van het energiegebruik voor warmte. Hiervoor is energetisch gecorrigeerd door het aantal resterende woningen te schalen met de verhouding van de energieprestatie van een gemiddelde nieuwe woning ten opzichte van de gemiddelde bestaande voorraad (0,47). Dit heeft tot gevolg dat de elektriciteitsvraag voor deze woningen met een factor 2 wordt onderschat. Bij de huidige configuratie is de restopgave beperkt tot enkele duizenden woningen. Zolang het om kleine aantallen gaat voor de resterende opgave, levert deze aanpak geen grote energetische afwijkingen op.

2.2 Utiliteit

2.2.1 Basisjaar

Voor de berekening van de energievraag voor utiliteitsgebouwen is voor de locatie en de activiteiten van utiliteit gebruikgemaakt van het LISA-bestand (LISA 2008). Dit bestand bevat alle vestigingen in Nederland waar betaald werk wordt verricht, onder andere het adres, het aantal banen en het type activiteit (SBI-code). Voor het gebruik in het rekenmodel is een selectie gemaakt uit het LISA-bestand voor de utiliteitssector (tabel 2.6). Hierbij zijn alle bedrijven geselecteerd die onder de sector handel, diensten en overheid vallen (SBI-93 codes 50 tot en met 9900). Uit deze bedrijven zijn alle bedrijven zonder personeel (postbus BV's) en alle eenmansbedrijven verwijderd. Eenmansbedrijven betreffen vooral ZZP'ers. In de sector handel en diensten werken deze ZZP'ers vaak vanuit huis of bij een klant. Hun energiegebruik wordt dan al bij wonen of mogelijk bij andere utiliteitsgebouwen meegenomen. Consequentie is dat een aantal eenmanszaken met bedrijfsruimte niet worden meegenomen.

Tabel 2.7
Utiliteitssectoren in Vesta en SBI-codes

Utiliteitssector Vesta	SBI-93 codes	Omschrijving
Kantoren	60-62, 63, 64-67; 70-74;75	Vervoer over land, water en door lucht (exclusief brandstoffen), Dienstverlening voor het vervoer, Financiële instellingen; Verhuur van en handel in onroerend goed, verhuur van roerende goederen en zakelijke dienstverlening; Post en telecommunicatie, Overheid
Winkel	52	Detailhandel en reparatie van consumentenartikelen (geen auto's, motorfietsen en motorbrandstoffen)
Verpleging en verzorging	85	Gezondheids- en welzijnszorg
Wv Ziekhuis	8511	Ziekenhuizen en overige instellingen voor curatieve gezondheidszorg met overnachting
Onderwijs	801-803	Primair, Secundair, Tertiair onderwijs
Autohandel en reparatie	50	Reparatie in en reparatie van auto's en motorfietsen; benzineservice stations
Groothandel	51	Groothandel en handelsbemiddeling (niet in auto's en motorfietsen)
Horeca	55	Logies-, maaltijden- en drankenverstrekking
Overige dienstverlening	804; 90, 91,92,93,95, 99	Niet-gesubsidieerd onderwijs, Milieudienstverlening, werkgevers- en beroepsorganisaties, levensbeschouwelijke en politieke organisaties; overige ideële organisaties e.d.; Cultuur, sport en recreatie, overige dienstverlening, particuliere huishoudens met personeel, extraterritoriale lichamen en organisaties

Bron: PBL

De berekening van het energiegebruik bij utiliteit is gebaseerd op energiegebruik per eenheid vloeroppervlak (zie paragraaf 3.2). Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt naar bouwjaar, omdat deze gegevens ontbreken. Omdat informatie over het vloeroppervlak per adres en ook per deelsector ontbreekt, is het vloeroppervlak per werknemer geschat. Met het vloeroppervlak per werknemer kan per locatie het totale vloeroppervlak worden berekend. Het vloeroppervlak per werknemer is afgeleid van het gemiddelde energiegebruik per vloeroppervlak, het aantal banen (LISA-bestand) en het nationale energiegebruik per deelsector.

Het nationale energiegebruik voor deelsectoren is afkomstig uit de milieurekening van het CBS (2008). Het CBS geeft voor een aantal deelsectoren in de utiliteit het finale energiegebruik in 2008. Bij deze gegevens gaat het om energiegebruik van gas, elektra en warmte. Dit betreft namelijk de energie die binnen het gebouw wordt gebruikt. Andere energiedragers, zoals motorbrandstoffen, zijn buiten beschouwing gelaten, omdat die niet worden gebruikt voor de energiebehoefte in het gebouw. Omdat vervoer ook elektriciteit voor aandrijving gebruikt (5,8 petajoule (PJ) in 2008 (CBS 2010c)) is dit in mindering gebracht op het elektriciteitsverbruik. In Vesta gaat het namelijk alleen om energiegebruik in gebouwen.

De energiegebruikscijfers van deelsectoren van het CBS zijn zo samengevoegd dat ze overeenkomen met de indeling van de energiekentallen over het energiegebruik per vloeroppervlak van AgentschapNL (zie tabel 2.7). Zo is de deelsector 'kantoren' een samenstelling uit de CBS-sectoren voor: Vervoer over land, lucht, water, Dienstverlening ten behoeve van vervoer, Financiële en zakelijke dienstverlening en communicatie, Overheidsbestuur en sociale verzekeringen en defensie. Deze sectoren bestaan namelijk hoofdzakelijk uit kantoren (Arkel et al.1999). Voor ziekenhuizen zijn wel energiekentallen beschikbaar, maar er is geen landelijk verbruik bekend. In de landelijke verbruikscijfers van het CBS zijn ziekenhuizen een onderdeel van de deelsector gezondheids- en welzijnszorg. Voor ziekenhuizen kan dus niet worden bepaald hoeveel vierkante meter er per werknemer is. Voor het berekenen van dit getal is gebruikgemaakt van de verbruikscijfers van de zorg inclusief ziekenhuizen en zijn de gebruikscijfers per vloeroppervlak voor zorg en ziekenhuizen gemiddeld, omdat het totaalgebruik in dezelfde orde grootte ligt (Arkel et al. 1999). Dit betekent dat ziekenhuizen en zorg dezelfde hoeveelheid vloeroppervlak per werknemer kennen. De functionaliteit voor ziekenhuizen is zo wel apart opgenomen in het model, omdat dit een belangrijke sector is. Als er getallen voor ziekenhuizen beschikbaar komen dan kunnen die worden gebruikt.

Tabel 2.8

Finaal energiegebruik, gemiddeld vloeroppervlak per werknemer en totaal vloeroppervlak van utiliteitssectoren in Vesta

Vesta utiliteitssectoren		Finaal energiegebruik (in petajoule) op basis van de CBS-milieurekening 2008 (gecorrigeerd voor klimaatomstandigheden) ¹			
Utiliteitssector	Gas- en warmteverbruik (PJ)	Elektra (PJ)	BVO per werknemer (m ²)	Totaal BVO (miljoen m ²)	
Kantoren	62	40	56	126	
Winkels	15	14	44	31	
Verpleging en verzorging	43	10	46	22	
Wv Ziekhuis		nb	46	7	
Onderwijs	22	5	123	109	
Autohandel en reparatie	13	3	347	100	
Groothandel	19	13	256	115	
Horeca	35	9	171	55	
Overige diensten	48	16	275	95	
Totaal	258	110		660	

Bron: CBS (2008); Meijer Energie en Milieumanagement BV (2008); LISA (2010); Planbureau voor de Leefomgeving

¹ De klimaatcorrectie is gebaseerd op actueel gasgebruik voor ruimteverwarming. Dit wijkt af van de methode in hoofdstuk 7. De getallen zijn daardoor een fractie anders.

Het vloeroppervlak per werknemer is afgeleid van het gasgebruik per deelsector (en niet van het elektriciteitsverbruik), omdat ruimteverwarming het hoofdonderwerp is in het rekenmodel. De functionele vraag van het elektriciteitsverbruik is vervolgens geschaald met een correctiefactor om het totale energiegebruik per deelsector te laten overeenkomen met de cijfers van het CBS.

De energiekentallen voor het gebruik van energie per eenheid vloeroppervlak gelden voor standaardomstandigheden en zijn dus gecorrigeerd voor klimaatomstandigheden. Dit geldt niet voor de verbruikscijfers van het CBS voor 2008. De cijfers van het CBS zijn daarom gecorrigeerd via de graaddagenmethode (Spakman et al. 1997), zoals beschreven in paragraaf 3.4.

Tabel 2.8 geeft het finale energiegebruik per deelsector en het bruto vloeroppervlak (BVO) dat hieruit is berekend per werknemer. De laatste kolom geeft het totale vloeroppervlak dat is berekend door het vloeroppervlak per werknemer te vermenigvuldigen met het aantal werknemers per deelsector uit het LISA-bestand.

2.2.2 Prognose

Vesta stelt de toekomstige voorraad utiliteitsgebouwen samen op basis van de gegevens uit LISA, de verandering van de regionale werkgelegenheid uit de trendprognose op basis van TIGRIS XL en de nieuwe locaties voor werken uit de Ruimtescanner. Om praktische redenen vindt er in

het rekenmodel geen sloop plaats van bestaande utiliteitsgebouwen. Als alternatief corrigeert Vesta voor een toekomstig jaar het aantal banen in bestaande utiliteitsgebouwen uit het LISA-bestand van 2008 in het geval van een afname volgens TIGRIS. In het model betekent deze afname van het aantal banen een evenredige afname van het vloeroppervlak, en daarmee van het energiegebruik van de bestaande utiliteitsgebouwen per deelsector.

Voor de ontwikkeling van aantal werknemers op regionaal niveau maakt het rekenmodel gebruik van de trendprognoses uit het TIGRIS XL-landgebruiksmodel (zie figuur 2.4 en bijlage 1). In Vesta is, net als voor wonen, de trendprognose gebruikt. Het TIGRIS-model maakt tot 2040 prognoses voor de regionale ontwikkeling van werknemers in de klassen van de Bedrijfslocatiemonitor (BLM) (Traa & Declerck 2007). In Vesta is 2050 gelijk gehouden aan 2040. De gegevens uit TIGRIS worden in de Ruimtescanner ruimtelijk toegewezen via geschiktheidscriteria. De Ruimtescanner bepaalt bedrijfslocaties op bedrijventerreinen, zeehavens en locaties buiten bestaand gebouwd gebied (Kuiper & Bouwman 2009).

Als er sprake is van een toename van het aantal banen in een regio van de Ruimtescanner, dan plaatst Vesta deze werknemers op locaties die de Ruimtescanner heeft aangewezen voor nieuwe bedrijventerreinen (Kuiper & Bouwman 2009)). Net als bij wonen gaat het hierbij om een landsdekkend grid met cellen, waarbij is aangegeven

Tabel 2.9

Ontwikkeling van het aantal banen (x1.000) van 2008 tot 2050 in Vesta (2040=2050)

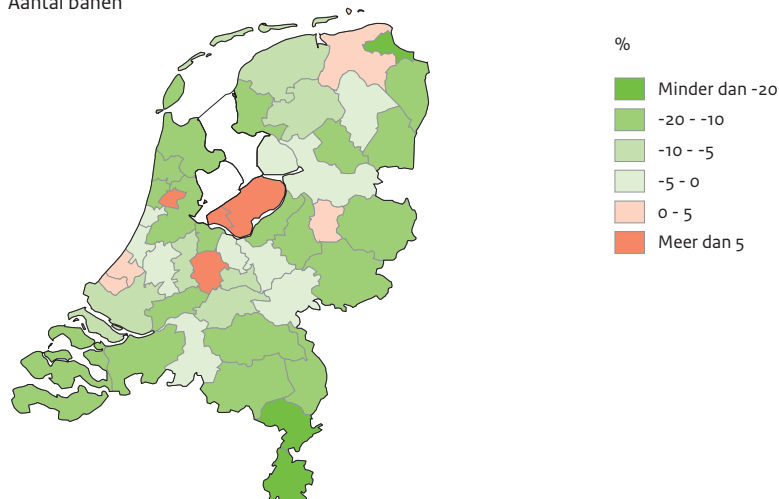
	2008-2020	2008-2050
Ontwikkeling aantal banen (x1.000) huidige werklocaties	-34,2	-215,4
Ontwikkeling aantal banen (x1.000) nieuwe werklocaties	539,6	636,1
Totaal	505,4	420,7

Bron: PBL

Figuur 2.4

Ontwikkeling van banen per COROP, trendprognose 2008-2040

Aantal banen



Bron: PBL

welke cel nieuwe bedrijventerrein bevat (1 hectare per cel). De banengroei per Ruimtescannerregio (COROP40) is afkomstig uit TIGRIS XL. De banengroei is opgedeeld in de volgende vier klassen van de BLM die onder de utiliteitssector vallen:

1. Consumentendiensten en overige dienstverlening;
2. Financiële en zakelijke dienstverlening;
3. Logistiek;
4. Overheid en quartaire dienstverlening.

De klassen nijverheid en landbouw (zie figuur B4 in de bijlage) zijn niet opgenomen omdat zij niet tot de utiliteitssector behoren. Hierdoor neemt de werkgelegenheid in Vesta toe met 420.000 banen in de utiliteitssector van 2008 tot 2050 (zie tabel 2.9) terwijl deze voor alle sectoren gezamenlijk afneemt.

De prognoses voor werken hebben dus een hoger aggregatieniveau dan de deelsectoren die Vesta gebruikt. Er is daarom een verdeelsleutel gemaakt om de klassen van de prognoses te vertalen naar de Vesta-utiliteitssectoren. Dit is gedaan op basis van de huidige

verdeling van de werkgelegenheid door gegevens over banen en type activiteit (LISA) en nadere informatie over de opbouw van de klassen van de BLM te koppelen. De BLM geeft per categorie een uitsplitsing naar activiteiten en naar SBI-code (Traa & Declerck 2007). Op basis hiervan is een koppeling gemaakt met de Vesta-utiliteitscategorïeën (zie bijlage 2). Zo is met behulp van de gegevens over activiteiten en banen uit het LISA-bestand per categorie het aantal banen in Vesta-sectoren afgeleid. Dit is voor elke regio in de Ruimtescanner gedaan. Voor elke Ruimtescannerregio is het aandeel banen per Vesta-utiliteitssector bepaald voor de vier klassen uit de BLM. Deze verhoudingen zijn gebruikt om de groei van banen in de prognose in een regio te verdelen over de Vesta-utiliteitssectoren. De verhoudingen uit 2008 zijn dus gebruikt om de banen uit de vier categorieën van de BLM verder uit te splitsen naar Vesta-subsectoren. Deze verhouding is constant gehouden voor alle zichtjaren. De mix aan banen die dit oplevert, is geplaatst op nieuwe bedrijventerreinen die door de Ruimtescanner zijn aangewezen. Omdat er geen

Tabel 2.10

Areaal glastuinbouw in Nederland voor verschillende gewassen en teeltmethodes

Areaal (in ha)	Totaal	Verwarming		Belichting	
		Warm	Koud	Belicht	Onbelicht
Glasgroenten	4.826	4.560	267	296	4.530
Bloemen en sierplanten	5.005	4.704	301	1.676	3.330
Bomen en vaste planten	432	190	242	-	432
Totaal	10.264	9.454	810	1.971	7.860

Bron: CBS (2010c)

informatie is over de locatie van deze activiteiten, zijn deze banen pragmatisch allemaal toegewezen aan nieuwe bedrijventerreinen. Dit betekent dat deze nieuwe uitleglocaties een mix aan activiteiten bevatten.

Deze aanpak zorgt ervoor dat de banen van groeiende sectoren worden geplaatst. Er zijn ook TIGRIS-sectoren waarin het aantal banen krimpt. Om ervoor te zorgen dat het totaal aan banen klopt met de prognose, wordt deze afname in mindering gebracht op het aantal banen in het LISA-bestand van 2008. Er worden geen utiliteitsgebouwen verwijderd, maar wel wordt het aantal banen teruggebracht. Veranderingen vinden hierbij plaats op het niveau van de indeling van TIGRIS XL. Alle subsectoren binnen de TIGRIS-indeling worden evenredig teruggebracht. De verdeling binnen de klassen wordt hierbij constant verondersteld.

Het vloeroppervlak van de nieuwe werklocaties wordt berekend zoals hiervoor beschreven. Het vloeroppervlak wordt verkregen door het aantal banen te vermenigvuldigen met het vloeroppervlak per baan voor de verschillende Vesta-sectoren.

2.3 Glastuinbouw

2.3.1 Basisjaar

Voor de berekening van de energievraag in de glastuinbouw is gebruikgemaakt van het gewas (groenten, bloemen en sierplanten, bomen en vaste planten) en het type teelt (belichting en verwarming) (tabel 2.10). Er zijn energiekentallen voor het energiegebruik per oppervlak per type gewas en type teelt (zie paragraaf 3.3). Voor het gewas en het type teelt is gebruikgemaakt van de landbouwtellingen van het CBS (2010c). De landbouwtellingen bevatten gegevens uit 2009 over het gewas en type teelt per gemeente voor:

- glasgroenten (belicht, onbelicht, koud, warm);
- bloemen en sierplanten (belicht, onbelicht, koud, warm);
- boomkwekerijen en vaste planten (koud en warm).

Hierbij is aangegeven of het om koude of verwarmde en belichte of onbelichte teelt gaat. Er zijn geen gegevens over de combinatie van verwarmen en belichten. Bij boomkwekerijen en vaste planten komt belichting niet voor. Hierdoor zijn er tien verschillende combinaties van gewas en type teelt in het rekenmodel.

De landbouwtellingen zijn per gemeente. Om de locaties van glastuinbouwgebieden binnen de gemeente te kunnen bepalen, is gebruikgemaakt van het Grondgebruiksbestand Nederland (LGN 6) (Hazeu et al. 2010). Dit is een rasterbestand van 25 bij 25 meter. De locaties voor glastuinbouw in dit bestand zijn omgezet naar een vlakkenbestand. Van deze landgebruiksvlakken zijn het oppervlak en het geometrisch middelpunt bepaald. Aan deze punten zijn de gegevens over gewassen en teelten van de CBS-landbouwtellingen gekoppeld op gemeenteniveau. Omdat er geen informatie is over de locatie van specifieke teelten, zijn alle teelten per gemeente naar rato van voorkomen (in eenheid oppervlak) toegekend aan alle puntlocaties. Als bijvoorbeeld de verhouding oppervlak glasgroenten koud versus glasgroenten warm 1 staat tot 2 is, dan is deze verhouding voor alle glastuinbouwgebieden binnen deze gemeente gehanteerd. Binnen de gemeente is de hoeveelheid glastuinbouw (in eenheid oppervlak) verdeeld over de glastuinbouwgebieden (vlakken) naar rato oppervlak van deze gebieden. De gegevens zijn vervolgens ingedeeld op 4-positie postcodeniveau. Het resultaat is een bestand waarin per postcodeniveau de glastuinbouwlocaties zijn weergegeven met hun typen teelt en oppervlak.

Door een mismatch tussen het LGN 6-bestand en de CBS-landbouwtellingen ontbreekt er 6 procent van de hoeveelheid hectares. Dit komt doordat er in het LGN 6-bestand glastuinbouwgebieden ontbreken die er wel zouden moeten zijn volgens het CBS-bestand (47 gemeenten), en vice versa, doordat er in het CBS-bestand gebieden ontbreken die er volgens het LGN 6-bestand wel zijn (enkele gemeenten). In Vesta ontbreekt hierdoor 7 procent van het totale CBS-areaal.

Tabel 2.11

Netto verandering van het areaal glastuinbouw in Nederland volgens de trendprognose 2008-2050 (2050=2040)

Verandering in areaal (in ha)	2006-2020	2006-2050
Herstructurering	-634	-1.270
Uitleg	961	2.075
Totaal	327	805

Bron: PBL

2.3.2 Prognose

In de trendprognose neemt de glastuinbouw met 7 procent toe (tabel 2.11). De ontwikkeling van het areaal glastuinbouw is overgenomen uit de Ruimtescanner (2011), zowel voor het bouwen van nieuwe locaties als voor het slopen van bestaande locaties. In de Ruimtescanner wordt het verdwijnen (herstructurering) van de glastuinbouw weergegeven in zogeheten afkaarten. Hiermee wordt de kaart voor bestaande glastuinbouw gecorrigeerd. Nieuwe uitleg van glastuinbouw is bepaald via geschiktheidscriteria. Het resultaat is een kaart van nieuwe uitleggebieden in gridcellen van 100 bij 100 meter voor de toename van het areaal glastuinbouw. De prognose in de Ruimtescanner loopt tot 2040. In Vesta is het areaal glastuinbouw voor 2050 gelijk gehouden aan dat van 2040. In de prognose is geen onderscheid gemaakt naar gewassen en teeltmethodes. De veranderingen in het areaal zijn gemaakt op basis van de bestaande verhoudingen tussen de gewassen en teeltmethodes.

Energievraag

3.1 Woningen

3.1.1 Bestaande woningbouw

In Vesta wordt de energie­vraag naar warmte en elektriciteit per woning berekend op basis van de functionele vraag (naar warm tapwater, ruimte­verwarming, koeling en elektrische apparatuur) en de energie­efficiency (van het gebouw, de installaties' en de elektrische apparatuur) (Leguijt 2011). Als basis voor het bepalen van de functionele warmte­vraag in woningen gebruiken we energie­kenn­ta­llen voor de functionele vraag naar warmte (aardgas) van voorbeeldwoningen van AgentschapNL (2011). Voor elektriciteit gebruiken we verbruiks­ge­gevens van het Nibud (2011). Het Nibud geeft elektriciteits­ver­bruik­scijfers per jaar per aantal personen van het huishouden.

De voorbeeldwoningen vertegenwoordigen een bepaald deel van de Nederlandse woning­voor­raad tot 2005. Het gaat hierbij om zeven typen woningen voor verschillende bouwperiodes. Deze combinaties zijn gekoppeld met de typen en bouwperiodes uit Geomarkt­pro­fiel (tabel 3.1). De ken­ta­llen van de voorbeeldwoningen van AgentschapNL zijn gebruikt tot de bouw­pe­riode 1995-2000, omdat de informatie voor het grootste deel in dit tijdvak valt. Voor het Geomarkt­pro­fiel­tijd­vak 2000-2010 is aangenomen dat er bij nieuwbouw 33 procent efficiency­ver­be­te­ring optreedt ten opzichte van de periode 1995-2000; dat wil zeggen dat de energie­pre­sta­tie­coëf­fi­ciënt (EPC) verlaagt van 1,2 naar 0,8. Deze verbetering komt door een efficiëntere ketel voor ruimte­ver­war­ming (HR-ketel107) en door een beter

geïsoleerd gebouw. Dit laatste is gemodelleerd door de functionele vraag naar ruimte­ver­war­ming te verlagen, omdat alle gebouwen in het basisjaar een gebouwefficiency(index) van 1,00 hebben.

De functionele vraag naar tapwater­ver­war­ming en elektriciteit is gelijk gehouden aan die van de woningen uit het tijdvak 1995-2000.

AgentschapNL heeft bij de voorbeeldwoningen de hoeveelheid gas­ge­bruik voor ruimte­ver­war­ming en warm tapwater op basis van een norm­ge­bruik berekend. Het gas­ge­bruik voor koken is niet in kaart gebracht. Omdat dit een gering aandeel (4 procent) heeft in het totale gas­ge­bruik (ECN 2009) nemen wij deze vraag niet apart mee in het rekenmodel. Omdat de voorbeeldwoningen de som van warm tapwater en ruimte­ver­war­ming geven, is de functionele vraag naar warm tapwater afgeleid uit Rooijers et al. (1993). Hiermee is de functionele vraag naar zowel ruimte­ver­war­ming als tapwater afgeleid. Uit berekeningen met Vesta bleek echter dat het gebruik van de voorbeeldwoningen leidde tot een overschatting (van 43 procent) van het energie­ge­bruik voor warmte in woningen (zie tekst­ka­der). Omdat de oorzaak hiervan onbekend is, is besloten de functionele vraag naar zowel ruimte­ver­war­ming als warm tapwater voor woningen hiervoor te corrigeren. De functionele vraag naar warmte voor ruimte­ver­war­ming en warm tapwater is daarom met eenzelfde percentage verminderd, zodat de uitkomsten van Vesta overeenkomen met de nationale energiestatistieken (zie bijlage 3, 4 en 5).

Tabel 3.1

Geomarktprofieltypen en overeenkomstige voorbeeldwoningen

Geomarktprofieltypen	Voor 1800 1800<=1900 1900<=1920 1920<=1940	1940<=1960	1960<=1970	1970<=1980	1980<=1990	1990<=1995 1995<=2000
Herenhuis grachtenpand	2 onder 1 kap < 1965	2 onder 1 kap < 1965	2 onder 1 kap 1965-1974	2 onder 1 kap 1975-1991	2 onder 1 kap 1975-1991	2 onder 1 kap 1992-2005
Boerderij/tuinderij	vrijstaand < 1965	vrijstaand < 1965	vrijstaand 1965-1974	vrijstaand 1975-1991	vrijstaand 1975-1991	vrijstaand 1992-2005
Vrijstaand/bungalows	vrijstaand < 1965	vrijstaand < 1965	vrijstaand 1965-1974	vrijstaand 1975-1991	vrijstaand 1975-1991	vrijstaand 1992-2005
Twee-onder-een-kap	2 onder 1 kap < 1965	2 onder 1 kap < 1965	2 onder 1 kap 1965-1974	2 onder 1 kap 1975-1991	2 onder 1 kap 1975-1991	2 onder 1 kap 1992-2005
Rijtjeshuis/eengezins	rijwoning < 1946	rijwoning < 1946-1965	rijwoning 1965-1974	rijwoning 1975-1991	rijwoning 1975-1991	rijwoning 1992-2005
Flat met 4 of minder verdiepingen	portiekwoning < 1946	portiekwoning 1946- 1965	portiekwoning 1965-1974	portiekwoning 1975-1991	portiekwoning 1975-1991	portiekwoning 1992-2005
Flats met meer dan 4 verdiepingen	galerijwoning < 1965	galerijwoning < 1965	galerijwoning 1965-1974	galerijwoning 1975-1991	galerijwoning 1975-1991	galerijwoning 1992-2005
Zelfstandige bejaardenwoning	flatwoning overig < 1965	flatwoning overig < 1965	flatwoning overig 1965-1974	flatwoning overig 1975-1991	flatwoning overig 1975-1991	flatwoning overig 1992-2005
Etagewoning/ maisonnette	maisonnette < 1965	maisonnette < 1965	maisonnette 1965-1974	maisonnette 1975-1991	maisonnette 1975-1991	maisonnette 1992-2005
Etage/flat grachtenpand	portiekwoning < 1946	portiekwoning 1946- 1965	portiekwoning 1965-1974	portiekwoning 1975-1991	portiekwoning 1975-1991	portiekwoning 1992-2005
Studentenwoning/flat	portiekwoning < 1946	portiekwoning 1946- 1965	portiekwoning 1965-1974	portiekwoning 1975-1991	portiekwoning 1975-1991	portiekwoning 1992-2005
Divers	rijwoning < 1946	rijwoning < 1946-1965	rijwoning 1965-1974	rijwoning 1975-1991	rijwoning 1975-1991	rijwoning 1992-2005
Onbekend	rijwoning < 1946	rijwoning < 1946-1965	rijwoning 1965-1974	rijwoning 1975-1991	rijwoning 1975-1991	rijwoning 1992-2005

Bron: PBL

De elektriciteitsvraag van apparatuurgebruik voor woningen is afgeleid van het gemiddelde elektriciteitsverbruik per persoon per huishouden (Nibud 2011) en de omvang van het gemiddelde huishouden van voorbeeldwoningen van AgentschapNL.

De efficiency van het gebouw in het basisjaar (2008) is geïndexeerd op 100 procent. Dit betekent dat de energiekwaliteit van het gebouw is verdisconteerd in de functionele vraag naar ruimteverwarming en dat alle verbeteringen ten opzichte van de huidige situatie worden bekeken. De efficiency van installaties op aardgas voor warm tapwater en ruimteverwarming is afgeleid van de typen zoals genoemd in de voorbeeldwoningen. In bijlage 6 is de efficiency voor ruimteverwarming weergegeven zoals deze wordt gebruikt in Vesta. De waarden zijn afgeleid op basis van het voorkomen van de verwarmingsketels in de woningen volgens AgentschapNL (2011). Voor warm tapwater is de efficiency voor alle installaties op 65 procent gesteld (CE Delft expertschatting). Omdat gegevens ontbreken, is voor

elektrische apparatuur de efficiency op 100 procent geïndexeerd. Dit betekent dat de energieprestatie is verdisconteerd in de functionele vraag en dat alle verbeteringen ten opzichte van de huidige situatie worden bekeken.

3.1.2 Prognose vanaf 2010

In het model zijn voor nieuwe woningen van na 2010 de functionele vraag, gebouwefficiency en installatie-efficiency gelijk gesteld aan de bouwperiode 2000-2010. Hierbij is verondersteld dat nieuwe woningen standaard de meest efficiënte ketel gebruiken (HR107). De aanname is dat de HR-verwarmingsketel is uitontwikkeld en er geen substantiële efficiencyverbetering van deze installatie meer plaatsvindt. Wel kunnen andere type installaties, zoals de elektrische warmtepomp, grootschalig hun intree doen, vooral onder invloed van extra beleid.

Zo kan de gebruiker van het model zelf het beleidsvoornemen voor de EPC=0 met maatregelen modelleren voor nieuwe woningen vanaf 2020. Dit kan

Overschatting van het energiegebruik van de voorbeeldwoningen (2011)

De kentallen van de woningtypen van de voorbeeldwoningen van 2011 zijn gekoppeld aan de woningvoorraad van het Geomarktprofiel. Op deze wijze berekent Vesta voor Nederland een energiegebruik van de warmtevoorziening van woningen dat 43 procent hoger is dan het gerealiseerde energiegebruik in 2008 volgens de energiestatistiek van het CBS. Hierbij is rekening gehouden met de invloed van de buitentemperatuur in het jaar van realisatie. Op dit moment is onbekend waardoor het energiegebruik wordt overschat. Twee mogelijke redenen voor de overschatting zijn:

- de energie-efficiency van de Voorbeeldwoningen 2011 is gebaseerd op de meest voorkomende woning, en niet op de gemiddelde;
- het gedrag van bewoners is onder standaardcondities verwerkt in de Voorbeeldwoningen 2011;

Ad a). De energie-efficiency van de voorbeeldwoningen (2011) wordt per woningtype bepaald door het wel of niet aanwezig zijn van onder andere isolatie (dak, gevel en vloer) en de efficiency van de verwarmingsketel. Deze aanwezigheid en efficiency zijn bepaald op basis van een steekproef van woningen met verschillende woningmarktkenmerken (prijs, grootte, inkomen, en dergelijke) (WoON 2006). Daarbij is gekeken naar de meest voorkomende situatie per karakteristiek (isolatiewaarde van dak, gevel en vloer; efficiency van de verwarmingsketel). Het energiegebruik van de meest voorkomende situatie bij verschillende woningmarktkenmerken kan echter afwijken van de gemiddelde situatie. Dit kan in sommige gevallen leiden tot een overschatting en in andere gevallen tot een onderschatting. Hoe dit uitpakt per woningtype en voor heel Nederland is onbekend.

Ad b). Een andere mogelijkheid is dat het gedrag van bewoners onder standaardcondities is meegenomen. De aanwezigheid van personen is een belangrijke gedragsfactor voor het energiegebruik. Hierbij gaat het om het aantal personen (omdat zij zelf warmte produceren), de aanwezigheid in de tijd (dag, week en maand) en het wel of niet verwarmen van binnenvtrekken. In de voorbeeldwoningen wordt, net als in veel andere studies, niet apart rekening gehouden met de aanwezigheid van personen, maar wordt deze meegenomen bij de gewenste binnentemperatuur. In een eerdere studie (Ham 2000) is dit gedaan door de binnentemperatuur te schatten voor verwarmde en niet-verwarmde vertrekken. Voor de gemiddelde binnentemperatuur is daar geschat:

Bouwperiode	Verwarmde zone	Niet-verwarmde zone
Bouwjaar t/m 1995	16°	11°
Bouwjaar na 1995	17°	17°

In de voorbeeldwoningen is geen onderscheid gemaakt in verwarmde en niet-verwarmde vertrekken, maar is gerekend met een gemiddelde binnentemperatuur van 16,5 °C voor alle woningtypen en bouwperiodes. Aangezien het grootste deel van de bestaande woningen is gebouwd voor 1995, leidt dit tot een overschatting van het nationale energiegebruik vergeleken met een berekening die zou worden gedaan met de schattingen van de gemiddelde binnentemperatuur van Ham (2000).

Mogelijk zijn er nog andere redenen die de overschatting kunnen verklaren, maar die zijn op dit moment niet bekend. Het is echter onwaarschijnlijk dat de onzekerheid in de CBS-energiestatistieken een belangrijke reden is. De onzekerheid over het gasverbruik van woningen in 2008 is namelijk 5 procent (tabel 2.2 in PBL 2009). Ook is het onwaarschijnlijk dat het aantal woningen van het Geomarktprofiel de oorzaak is, omdat dit minder dan 2 procent hoger ligt dan het aantal van het CBS (zie paragraaf 2.1). Daarnaast is de leegstand van woningen beperkt, zodat dit marginaal bijdraagt aan de overschatting.

Conclusie: op dit moment is onbekend waardoor het Vesta-model op basis van de kentallen van de voorbeeldwoningen (2011) in combinatie met het gebruik van het Geomarktprofiel het nationaal energiegebruik hoger inschat dan de realisatie volgens de CBS-energiestatistieken.

Tabel 3.2
Elektriciteitsverbruik naar grootte huishouden

Aantal personen in huishouden	Gemiddeld gebruik elektriciteit in kilowattuur per jaar
1	2.405
2	3.533
3	4.114
4	4.733
5	5.337
6	5.430

Bron: Nibud (2011)

Tabel 3.3
Efficiency van verwarmingsketels

Installatie	Efficiency voor ruimteverwarming
VR-ketel	80%
HR-ketel	90%
HR105-ketel	105%
HR107-ketel	107%

Bron: CE Delft (2011)

door enerzijds het aanbod aan te passen door het plaatsen van een zonneboiler voor warm tapwater en een elektrische warmtepomp plus zon-PV voor de ruimteverwarming, en anderzijds door maatregelen te treffen voor de warmtevraag door de gebouwefficiency en installatie-efficiency te verhogen (inclusief bijbehorende kostentoevoeging²). Het model kan zo verschillende alternatieven en kosten van deze alternatieven berekenen, zoals geothermie in plaats van individuele elektrische warmtepompen. Een andere optie is om de functionele vraag handmatig te verlagen; hierbij worden echter door het model geen kosten in rekening gebracht.

3.2 Utiliteit

Zoals weergegeven in het functioneel ontwerp (Leguijt 2011), wordt de energievraag van utiliteit berekend op basis van een functionele vraag (warm tapwater, ruimteverwarming, koeling en apparatuur), de efficiency van het gebouw, de warmte-installatie en apparatuur per oppervlakte eenheid. Bij utiliteit zijn de bouwjaren niet bekend. Er wordt bij utiliteit daarom slechts onderscheid gemaakt in bestaande bouw en nieuwbouw. Als basis voor het bepalen van de functionele vragen per deelsector gebruiken we de energievraag (gas en elektriciteit) per eenheid vloeroppervlak uit het energiekompas van AgentschapNL (Meijer Energie & Milieumanagement BV 2008) voor de verschillende

deelsectoren en functies (warm tapwater, ruimteverwarming, koeling en apparatuur) (zie bijlage 8). Voor de deelsector 'overige dienstverlening' zijn geen gegevens bekend; er is daarom verondersteld dat de energiekarakteristieken overeenkomen met die van kantoren.

Het energiegebruik per eenheid vloeroppervlak in het energiekompas is omgerekend naar een functionele vraag. Hierbij is aangenomen dat tapwaterverwarming en ruimteverwarming volledig met behulp van aardgas worden opgewekt, en koeling en apparatuur volledig met elektriciteit. Omdat elektriciteit in het energiekompas is weergegeven als primair energiegebruik, is dit omgerekend naar finaal energiegebruik met een gemiddeld centralerendement van 42,7 procent. Vanwege het ontbreken van gegevens over de efficiency van apparatuur, is deze op 100 procent geïndexeerd. De efficiency van de airco is 156 procent verondersteld, en voor de gemiddelde efficiency van ruimteverwarming met gas is 100 procent gekozen. Bij het voorzien van de functionele vraag door warmte is verondersteld dat dit zonder verliezen gebeurt (100 procent efficiency). Voor warmwaterinstallaties is een efficiency van 65 procent verondersteld.

3.2.1 Prognose vanaf 2010

In het model zijn de functionele vraag, gebouwefficiency en installatie-efficiency gelijk gesteld aan het gebruik in de huidige bestaande utiliteitsbouw. De gebruiker van het model kan zelf het beleidsvoornemen voor een EPC=0

(2030) met maatregelen realiseren voor nieuwe utiliteitsgebouwen. Dit kan door enerzijds het aanbod aan te passen door het plaatsen van een zonneboiler voor warm tapwater en een elektrische warmtepomp plus zon-PV voor de ruimteverwarming, en anderzijds door maatregelen te treffen voor de warmtevraag door de gebouwefficiëntie en installatie-efficiëntie te verhogen (inclusief bijbehorende kostentoevoeging). Een alternatief is om gebruik te maken van groen gas of collectieve warmte.

3.3 Glastuinbouw

Vesta berekent de energievraag van glastuinbouw op basis van een functionele vraag naar ruimteverwarming en apparatuur (belichting) per teelttype (bloemen, groente en vaste planten/bomen). De functionele vraag naar warm tapwater, koelen en elektrische apparatuur anders dan verlichting is verwaarloosd. Koeling wordt vooral toegepast bij productkoeling bij fruitteelt en bollenteelt, en niet zozeer bij glastuinbouw; het energiegebruik voor warm tapwater en elektrische apparatuur is verwaarloosbaar ten opzichte van de energievraag naar verwarmen en belichten. Op basis van de efficiëntie van het gebouw, de warmte-installaties en belichtingsapparatuur wordt het energiegebruik per oppervlakte eenheid berekend.

Bij glastuinbouw wordt functioneel onderscheid gemaakt in bestaande bouw en nieuwbouw, maar door gebrek aan informatie zijn de kentallen gelijk. De functionele vraag naar warmte en efficiëntie van gebouwen en warmte-installaties is gebaseerd op Rooijers et al. (1994) (zie bijlage 6). Deze vraag wordt analoog aan utiliteitsbouw ingevuld met installaties met een efficiëntie van 100 procent als gemiddelde tussen HR-en HR105-ketels. Voor warmwaterinstallaties is een efficiëntie van 65 procent verondersteld.

De functionele vraag naar elektriciteit is gebaseerd op de elektriciteitsconsumptie van de glastuinbouw. In 2009 bedroeg die 7,3 miljard kilowattuur (Velden & Smit 2010). In Vesta is deze elektriciteitsconsumptie volledig toegeschreven aan de belichte teelt, omdat assimilatiebelichting de belangrijkste elektriciteitsverbruiker is in de glastuinbouw. Vesta berekent dus alleen bij belichte teelt elektriciteitsverbruik. Het totale elektriciteitsverbruik in 2009 is hiervoor gedeeld door het totale areaal belichte teelt (1.971 hectare) (zie paragraaf 2.3). Omdat gegevens ontbreken voor de efficiëntie van belichting is deze op 100 procent geïndexeerd.

3.3.1 Prognose vanaf 2010

Voor nieuw te bouwen kassen zijn de energiekentallen per vierkante meter van de huidige kassen aangehouden. Dit is gedaan vanwege het ontbreken van gegevens

hierover. De functionaliteit hiervoor is wel ingebouwd in het model, maar is niet gevuld met de kentallen zoals hiervoor aangegeven. Het model biedt daarnaast de mogelijkheid voor gevoeligheidsanalyses om verbeteringen te simuleren door de functionele vraag te verminderen bij elk type vraag.

3.4 Klimaat effect op ruimteverwarming

De functionele energievraag naar ruimteverwarming voor woningen, utiliteit en glastuinbouw in het model is gebaseerd op langjarige gemiddelde klimatologische omstandigheden in De Bilt. Het gaat hierbij om het langjarige gemiddelde in De Bilt van 1975 tot 2005. De behoefte voor het verwarmen van gebouwen hangt samen met de buitentemperatuur en weersomstandigheden. De verwarmingsbehoefte hangt samen met het aantal graaddagen. Elke dag met een daggemiddelde temperatuur met x-aantal graden onder de 18 graden telt voor x-aantal graaddagen. Graaddagen worden vaak gebruikt om het gasgebruik van het ene jaar te vergelijken met dat van het andere jaar. Met graaddagen kan namelijk worden gecorrigeerd voor de invloed van de buitentemperatuur. Er is een direct lineair verband tussen het aantal graaddagen en de vraag naar ruimteverwarming.

Om verschil in energiegebruik af te leiden voor andere locaties dan De Bilt en voor toekomstige jaren, wordt de lokale functionele energievraag naar ruimteverwarming gecorrigeerd ten opzichte van de waarden in De Bilt. Dit is nodig, omdat het klimaat in Nederland in het zuidwesten warmer is dan in De Bilt en in het noordoosten juist kouder. Daarnaast warmt het klimaat in de toekomst naar verwachting op. De energievraag naar ruimteverwarming op een bepaalde locatie en bij een bepaald klimaatscenario wordt geschaald op basis van het aantal graaddagen op deze locatie ten opzichte van het langjarige gemiddelde over de periode 1976-2005 in De Bilt.

Het aantal graaddagen per locatie wordt afgeleid van de gemiddelde jaartemperatuur. Het aantal graaddagen in een jaar blijkt namelijk zeer sterk (correlatie -0,99) gecorreleerd te zijn met de jaargemiddelde temperatuur (Visser 2005): aantal graaddagen = $6.369 - 337^* \text{ jaargemiddelde temperatuur}$.

De correctie voor de geografische spreiding in temperatuur en graaddagen is gebaseerd op waarnemingen van 23 KNMI-weerstations over het tijdvak 1976-2005 (KNMI 2002, 2009). Op basis van deze waarden kan per station het aantal graaddagen worden afgeleid met bovenstaande formule. Door het aantal

Tabel 3.4

Gemiddelde jaartemperatuur (°C) in De Bilt in de referentieperiode 1976-2005 en voor twee klimaatscenario's

Waarneming/Scenario	1976-2005 Referentieperiode	1995-2009 Realisatie	2020 Scenario	2050 Scenario
G+	10,0	10,5	10,6	11,3
W	10,0	10,5	10,9	11,8

Bron: KNMI (2009)

Tabel 3.5

Procentuele afname van het aantal graaddagen in Vesta per jaar ten opzichte van de periode 1976-2005

Scenario	2010 Gemiddelde over periode 1995-2009	2020	2030	2040	2050
G+	6%	7%	9%	12%	15%
W	6%	10%	14%	17%	20%

Bron: Planbureau voor de Leefomgeving

graaddagen te delen door de waarde in De Bilt wordt de correctiefactor voor de functionele energievraag naar ruimteverwarming verkregen. Zo heeft Eelde voor het tijdvak 1976-2005 bijvoorbeeld 3.266 en De Bilt 2.969 graaddagen. De index voor Eelde is dan $3.266/2.969=1,1$. Hiermee moet de functionele vraag naar ruimteverwarming worden vermenigvuldigd.

Om een landsdekkend grid (100 bij 100 meter) met correctiefactoren te maken voor het hele grondgebied van Nederland, zijn ook meetgegevens in België (KMI 2010) en Duitsland (DWD 2010) gebruikt voor de interpolatie (Inverse Distance Weighting). Het gaat hierbij om jaargemiddelde temperaturen voor het tijdvak 1961-1990 voor Belgische en Duitse weerstations. Deze waarden zijn gecorrigeerd door het verschil in gemiddelde temperatuur (0,6 graden) in De Bilt van het tijdvak 1976-2005 met 1961-1990 bij te tellen (KNMI 1998, 2009).

Voor de mogelijke toekomstige ontwikkeling in graaddagen door klimaatverandering is gebruikgemaakt van klimaatscenario's van het KNMI. Hierbij is gebruikgemaakt van de stijging in de jaargemiddelde temperatuur. Er zijn twee middenscenario's beschikbaar: het G+-scenario en het W-scenario (KNMI 2009 (zie tabel 3.4)). In Vesta kunnen beide scenario's door de gebruiker worden gekozen. Standaard is het G+-scenario actief.

In de klimaatscenario's van het KNMI komt de temperatuurstijging in verschillende locaties in Nederland overeen met de temperatuurstijging in De Bilt. Er is verondersteld dat dit ook geldt voor grensplaatsen in België en Duitsland. Naast het langjarige gemiddelde van 1976-2005 is er ook een korte reeks gebruikt van 1995-2009 om bij de recentere opwarming aan te sluiten. Voor de basisjaren in het model (2006 en 2010) kan uit deze

twee reeksen worden gekozen. De waarden voor de klimaatscenario's tussen 2020 en 2050 zijn door interpolatie afgeleid. Op basis van de afgeleide jaargemiddelde temperaturen voor de verschillende zichtjaren is met behulp van bovenstaande formule de ontwikkeling in het aantal graaddagen berekend. Door het aantal graaddagen te delen door de waarde in De Bilt voor het basisjaar, wordt de correctiefactor voor de functionele energievraag naar ruimteverwarming verkregen voor de zichtjaren.

Deze methode leidt tot een afname van het aantal graaddagen voor de twee KNMI-scenario's tussen de 15 en 20 procent ten opzichte van 1990 in 2050 (zie tabel 3.5) en komt daarmee goed overeen met de resultaten van het KNMI. Het KNMI (2006) berekent namelijk een bandbreedte van circa 10 tot 20 procent voor deze scenario's in 2050. De iets grotere bandbreedte van het KNMI is te verklaren doordat het KNMI wel rekening houdt met verandering in variabiliteit (in plaats van een statistisch verband gebaseerd op variabiliteit uit het verleden), die een rol speelt in het G+-scenario. Daarnaast hanteert het KNMI een iets andere definitie voor graaddagen, omdat het KNMI het aantal graden onder de 17 graden in plaats van 18 telt.

Noten

- 1 Warmwaterinstallaties, ruimteverwarmingsinstallaties en koelingsinstallaties.
- 2 De *default*-kostengegevens voor woningverbetering zijn gebaseerd op het 'comfortpakket' voor de voorbeeldwoningen, waarmee ze in vrijwel alle gevallen op Label B komen. Voor verdere energetische verbetering van recente woningen die al een A-label hebben, zijn nog geen kostengegevens voorhanden.

Gebiedsmaatregelen

In dit hoofdstuk bespreken we de gegevens over gebiedsmaatregelen. In Vesta zijn vier gebiedsmaatregelen opgenomen. Het gaat hierbij om restwarmte, geothermie, warmte- en koudeopslag en warmtekrachtkoppeling in de wijk (Wijk WKK). In dit hoofdstuk beschrijven we alleen de invoergegevens over de hoeveelheid en beschikbaarheid van de bronnen. Omdat Wijk WKK in vrijwel heel Nederland beschikbaar is, wordt deze niet apart behandeld. De kosten voor de infrastructuur en gebruik van deze bronnen is beschreven in het functionele model (Leguijt & Schepers 2011).

4.1 Restwarmtebronnen

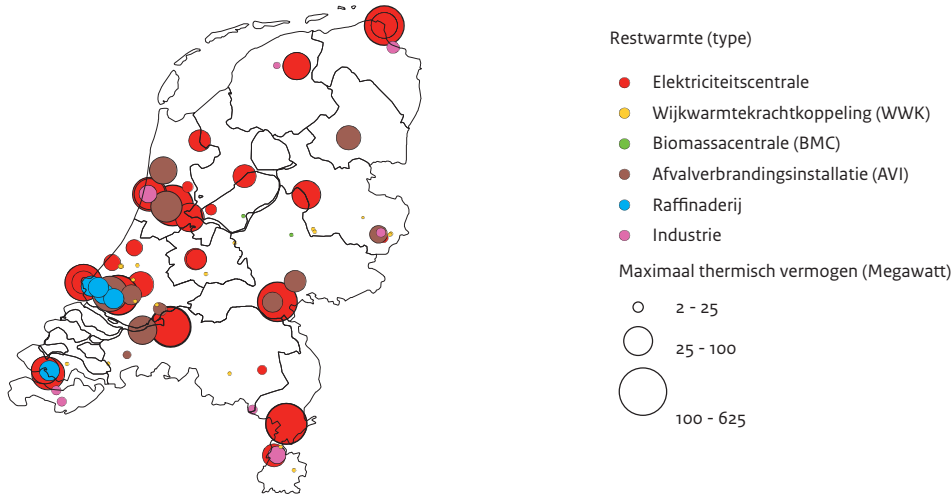
Bij de productie van elektriciteit en vele andere industriële processen komt warmte vrij als een rest- of afvalproduct. Deze warmte kan worden gebruikt voor ruimteverwarming in de gebouwde omgeving en glastuinbouw. In Vesta zijn gegevens opgenomen over het aanbod van restwarmte van elektriciteitscentrales, afvalverbrandingsinstallaties, raffinaderijen en een aantal grote industrieën. De bronnen zijn weergegeven in figuur 4.1. Het gaat hierbij om alle centraal opgestelde elektriciteitscentrales (Seebregts 2009), de raffinaderijen van Shell, Esso, Koch, BP en Kuwait in het Rijnmondgebied en Total in Vlissingen, de afvalverbrandingsinstallaties in Nijmegen, Duiven, Amsterdam, Rozenburg, Roosendaal, Alkmaar, Dordrecht (2x), Rotterdam, Wijster, Hengelo en Moerdijk (2x), en de industriële installaties van DSM Geleen, AKZO Nobel

Hengelo en Delfzijl, Tata Steel IJmuiden, Aldel Delfzijl, Nurstar Budel, Dow Chemicals Delfzijl en Terneuzen, Zeeland Aluminium Company Ritthem, Sabic Geleen en Yara in Sluiskil.

Hierbij is verondersteld dat maximaal 30 procent van het totale vermogen van een elektriciteitscentrale nuttig gebruikt kan worden als warmte. Voor raffinaderijen is een maximaal vermogen verondersteld van 125 megawatt, afgeleid van de Shell-raffinaderij in Gotenburg.

Vaak staan op één locatie meerdere installaties bij elkaar, bijvoorbeeld in de Eemshaven, waar zes installaties (turbines) bij elkaar staan. Om te voorkomen dat het model dit allemaal als afzonderlijke bronnen gaat behandelen, en dus voor elke installatie een aparte hoofdleiding berekent, zijn deze bronnen samengevoegd. Het aftappen van warmte bij een elektriciteitscentrale leidt tot een afname van de elektriciteitsproductie. Per afgetapte gigajoule warmte wordt 0,18 gigajoule elektriciteit minder geproduceerd. Voor eenzelfde productie moet de centrale meer energie gebruiken. De extra kosten en uitstoot die met de warmtelevering samenhangen, worden toegerekend aan deze warmtelevering. Voor industrie en raffinaderijen is aangenomen dat het voor die processen om pure restwarmte gaat en niet om aftapwarmte. De kostprijs wordt hier slechts bepaald door het verbruik van elektriciteit voor de pompen. De kostprijs per gigajoule bij industrie is een aanname van CE. Bij de AVI is er wel sprake van aftapwarmte. De investeringskosten en kostprijs per gigajoule zijn overgenomen van de

Figuur 4.1
Puntbronnen restwarmte 2012



Bron: PBL en CE Delft (2011)

aftapwarmte bij een kolencentrale. De kosten staan weergegeven in bijlage 9.

4.2 Geothermie

Met behulp van geothermie kunnen gebouwen via een warmtenet worden voorzien van warm tapwater en ruimteverwarming. In Vesta gaat het om collectieve systemen met een warmtenet op wijkniveau (4-positie postcodeniveau). Geothermie (of aardwarmte) is de warmte die in dieper lagen van de bodem aanwezig is. De temperatuur neemt als gevolg van natuurlijke nucleaire vervalprocessen in de kern van de aarde toe met de diepte, in Nederland met zo'n 31°C per kilometer (www.geothermie.nl). Het gaat bij geothermie volgens de mijnbouwwet om warmte in aardlagen dieper dan 500 meter. In de praktijk gaat het vaak om bodemlagen vanaf circa 1.500 meter. Niet overal in Nederland is de ondergrond geschikt voor winning van warmte door geothermie. De bodem moet voldoende waterdoorlatend zijn, voldoende dik en de temperatuur voldoende hoog zodat warmte kan worden gewonnen met een voldoende capaciteit. Daarnaast mogen er geen olie- of gasreservoirs aanwezig zijn. Uit de gegevens over de olie- en gasboringen heeft TNO kaarten opgesteld over de geschiktheid van de ondergrond voor warmtewinning door geothermie. Het gaat hierbij om kaarten die aangeven hoe groot de kans is op een succesvolle boring naar geothermie. Slechts op enkele locaties in Nederland is deze kans hoger dan 70 procent. Het gaat hierbij om

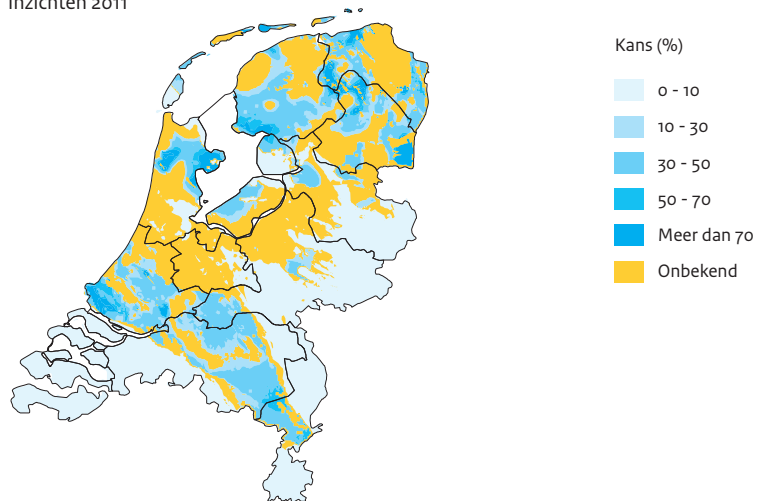
locaties bij Rotterdam, Alkmaar-Hoorn, en enkele gebieden in Groningen, Friesland en Drenthe (zie figuur 4.2). Buiten deze locaties zijn er echter ook succesvolle geothermieprojecten mogelijk. De kans op een succesvolle boring in deze gebieden als geheel is er echter kleiner of geheel onbekend. Het potentieel van deze locaties is beperkt. Bij de berekeningen voor geothermie is aangenomen dat de capaciteit in de ondergrond geen beperkende factor is om in de bovengrondse vraag te voorzien.

4.3 Warmte- en koudeopslag

Warmte- en koudeopslag (WKO) wordt toegepast in combinatie met een warmtepomp om gebouwen te verwarmen en te koelen. Bij WKO worden waterhoudende lagen in de bodem gebruikt om warmte en koude in op te slaan. De koude wordt in de zomer gebruikt voor het koelen en de warmte in de winter voor het verwarmen van gebouwen. In tegenstelling tot geothermie gaat het bij WKO om minder diepe ondergrond, tot enkele honderden meters diep. In Vesta gaat het om open WKO-systemen die geschikt zijn voor grote kantoren of huizenblokken. Een open WKO-systeem gebruikt grondwater als opslagmedium voor warmte en koude. De aanwezigheid van een watervoerende laag met een goede doorlatendheid is daarom de eerste vereiste om WKO te kunnen toepassen. In gestuwde gebieden kunnen scheefstaande, kleine gelaagdheden voorkomen die de grondwaterstroming

Figuur 4.2
Kans op aanwezigheid van te benutten geothermie

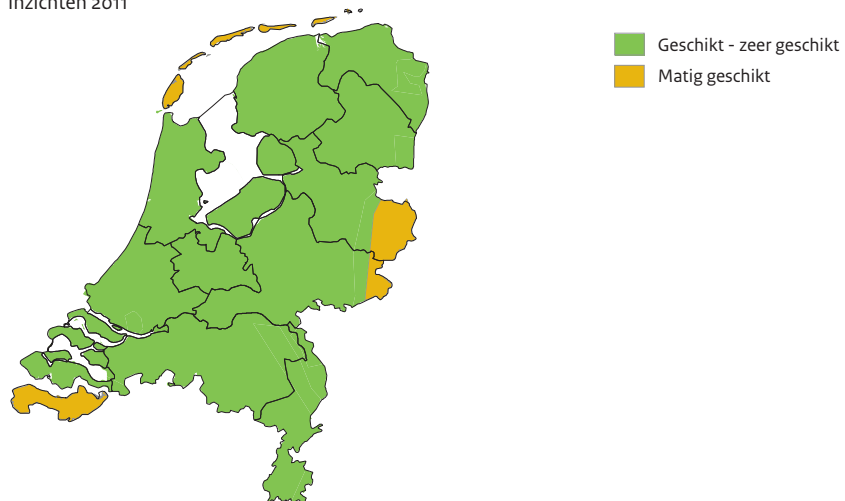
Inzichten 2011



Bron: TNO (2011)

Figuur 4.3
Geschiktheid van de ondergrond voor warmte-koudeopslag (WKO)

Inzichten 2011



Bron: AgentschapNL (2011b)

lokaal kunnen beïnvloeden. Het watergedrag in het gestuwde pakket is daardoor lastig te voorspellen. In Vesta is een geschiktheidskaart afgeleid van de WKO-kaart uit de warmteatlas van AgentschapNL (2011b). In de kaart van AgentschapNL is aangegeven waar de ondergrond zeer geschikt, geschikt en matig geschikt is. In Vesta zijn de categorieën 'zeer geschikt' en 'geschikt' gebruikt als 'geschikt gebied' en zijn 'matig geschikte gebieden' uitgesloten van WKO. Matig geschikte gebieden beperken zich tot Zeeuws-Vlaanderen, de Waddeneilanden en het Oostelijk deel van Twente (zie figuur 4.3). Bij de geschikte gebieden is aangenomen dat de capaciteit in de ondergrond geen beperkende factor is voor de vraag.

Gebouwmaatregelen

In dit hoofdstuk bespreken we de gegevens over gebouwmaatregelen, zoals energiebesparing en energieopwekking in en op het gebouw. Bij energiebesparing gaat het om isolatie en nieuwe installaties. Bij energieopwekking gaat het om zon-PV, de warmteboiler, micro-warmtekrachtkoppeling en de elektrische warmtepomp. De opties worden apart besproken voor wonen, utiliteit en glastuinbouw, omdat de berekeningen en kosten verschillen.

5.1 Energiebesparing op gebouwniveau

5.1.1 Wonen

De effecten op het energiegebruik en de kosten voor de maatregelen zijn afkomstig van de voorbeeldwoningen van AgentschapNL (2011). Voor verbetering van de efficiency van de woningschil (dak, vloer en gevel) en installaties (warm tapwater en verwarming) is het besparingspakket uit de voorbeeldwoningen van AgentschapNL als maximale verbetering van de efficiency voor de gebouwschil en apparatuur gebruikt. Dit pakket verbetert de woning gemiddeld naar een Label B-niveau. Voor het besparingspakket is de gebouwefficiency bepaald en zijn de bijbehorende investeringskosten weergegeven in bijlage 7, waarbij het gaat om kosten bij een individuele of projectmatige aanpak. Deze gebouwefficiency geldt hier als bovengrens (bij de huidige kennis). Het model kan lineair interpoleren tussen

maximale gebouwverbetering en geen verbetering. Dit is een benadering van de praktijk waarbij effecten en kosten van verbeteringen uiteraard sprongsgewijs optreden bij een individuele woning.

In het besparingspakket gaat het om combinaties van isolatiemaatregelen van de woning (dak-, vloer- en gevelisolatie) en verbetering van de efficiëntie van de installatie voor ruimteverwarming (HR107). Voor 2050 is hierbij verondersteld dat er geen autonome verbeteringen plaatsvinden van de energieprestatie van de schil van bestaande gebouwen. In werkelijkheid zullen er bij individuele verbouwingen wel verbeteringen zijn die een beperkt effect hebben op het totaal van een gebied. Wat betreft de isolatiemaatregelen is verondersteld dat hier geen substantiële efficiencyverbeteringen tegen dezelfde kosten plaatsvinden. Indien gewenst, kan de gebruiker van het model afwijken van deze aannames, zowel door te veronderstellen dat de gebouwen al beter zijn geïsoleerd, als dat er meer of goedkoper kan worden geïsoleerd. Wel is voor 2050 al verondersteld dat de HR107-ketel de standaard is en dat alle ketels zijn vervangen door dit type. Er zijn daarom geen meerkosten verbonden aan deze ketel, omdat dit bij het normale vervangingstempo gebeurt. Hierbij is verondersteld dat de HR-verwarmingsketel is uitontwikkeld en er geen substantiële efficiencyverbetering van deze installatie meer plaatsvindt. Wel kunnen andere type installaties grootschalig hun intree doen, vooral onder invloed van extra beleid.

In het Vesta-model kan dit worden bereikt door als alternatief te kiezen voor een zonneboiler en PV-panelen.

In de voorbeeldwoningen van AgentschapNL wordt dit het extra pakket genoemd. Andere alternatieven die in Vesta mogelijk zijn, zijn micro-warmtekrachtkoppeling (WKK) en bij nieuwbouw ook de elektrische warmtepomp. Deze technieken (zonneboiler, PV-panelen, micro-WKK en elektrische warmtepomp) zijn als maatregel opgenomen bij de aanbodopties (zie paragraaf 5.2). Deze technieken zijn niet als standaard opgenomen, omdat zij relatief hoge investeringskosten hebben. Indien gewenst kan de gebruiker deze gegevens zelf wijzigen.

De verbetering van elektrische apparatuur is niet opgenomen in kentallen vanwege het ontbreken van gegevens. Als er gegevens bekend zijn, dan kunnen die in het model worden opgenomen.

5.1.2 Utiliteit

Bij gebrek aan gegevens over het bouwjaar zijn in Vesta de energievraagkentallen voor utiliteit gevuld met data die onafhankelijk van het bouwjaar zijn. Het gaat hierbij om een gemiddelde van de huidige toestand van het gebouwenbestand. Omdat gegevens ontbreken voor verbeteringen in utiliteit, hebben we de kosten en energetische verbeteringen voor de gebouwschil afgeleid van de 'rijwoning 1965-1974' uit de voorbeeldwoningen van AgentschapNL (2011). De kentallen voor energiegebruik voor ruimteverwarming en vloeroppervlak van deze woning komen goed overeen met het energiegebruik voor verwarmen en vloeroppervlak van kantoren. De rijwoning 1965-1974 is een redelijke schatter voor de gezochte kentallen voor gebouwverbetering van de utiliteitsbouw. We zijn uitgegaan van kantoren, omdat dit de grootste groep is binnen de utiliteit en het gemiddelde gebruik per vloeroppervlak van energie voor ruimteverwarming van de utiliteit overeenkomt met het gebruik in kantoren.

Uit de gegevens van de voorbeeldwoning 'rijwoning 1965-1974' volgen de volgende verdere gegevens voor de verbetering van de efficiency van gebouwen: van 100 procent (kental huidig) naar 288 procent, doordat de energieprestatie van de woning door maatregelen van Label E naar Label B gaat. De investeringskosten van dat pakket zijn 9.550 euro (exclusief btw) bij een projectmatige aanpak in het geval van de genoemde woning. Omdat het gemiddelde utiliteitsgebouw qua grootte en bewerkelijkheid al snel vergelijkbaar is met een groot aantal woningen, zijn de investeringskosten van de projectmatige aanpak van deze woning als indicatie gebruikt voor de individuele (of particuliere) aanpak van de utiliteit. Omgerekend naar het vloeroppervlak zijn de investeringskosten van het pakket 94 euro per vierkante meter bruto vloeroppervlak (BVO) voor de utiliteit bij een individuele (of particuliere) aanpak. Bij de projectmatige aanpak is verondersteld dat grootschalige aanpak van meerdere utiliteitsgebouwen in de rest van Nederland

leidt tot halvering van de kosten, wat overeenkomt met 47 euro per vierkante meter BVO. Samen spannen deze kosten de bandbreedte voor kosten op.

Bij utiliteit is ook verondersteld dat de HR107-ketel de standaard is en dat alle ketels in 2050 door dit type vervangen zijn. Voor de HR107-ketel zijn daarom geen meerkosten berekend.

Bij utiliteit is alleen verbetering in de tapwaterefficiency mogelijk met zonneboilers. Dit is beschreven bij de aanbodmaatregelen (zie paragraaf 5.2).

Een verbetering van de koefficiency is mogelijk door isolatie van de gebouwschil. Er is verder geen informatie over de efficiency van koelapparatuur bekend. Het model kent wel de mogelijkheid om WKO toe te passen, maar dan op gebiedsniveau (6-positie postcodeniveau) en niet als gebouwverbetering, dit is beschreven bij de warmteopties (zie paragraaf 4.3)

De verbetering van elektrische apparatuur is om praktische redenen nog niet opgenomen in de kentallen, omdat de focus van het model ligt bij de warmtevraag en het warmteaanbod.

5.1.3 Glastuinbouw

In de huidige configuratie zijn bij gebrek aan bruikbare gegevens geen besparingsmaatregelen geïmplementeerd voor kassen.

5.2 Energieopwekking op gebouwniveau

Als gebouwopties voor het energieaanbod zijn zon-PV (elektriciteitopwekking op gebouwen), de zonneboiler (warm tapwater), de micro-WKK (HR-ketel die ook elektriciteit produceert) en de elektrische warmtepomp opgenomen in het model. Zon-PV, elektrische warmtepomp en zonneboilers zijn geen optie voor de glastuinbouw en micro-WKK is vooralsnog alleen gemodelleerd voor woningbouw. Voor woningbouw gelden daarnaast andere karakteristieken voor zon-PV en de zonneboiler. Dit wordt hieronder besproken.

5.2.1 Zon-PV

Woningen

In Vesta is aangenomen dat er 10 vierkante meter zon-PV op een dak kan worden geplaatst. In de praktijk zal er mogelijk meer zon-PV op een dak kunnen, en in de toekomst neemt dit ook toe doordat panelen op gevels kunnen worden geplaatst. Een toename van de hoeveelheid zon-PV is in het model in te stellen. Bij het plaatsen van zon-PV bij woningen, moet rekening worden gehouden met het aantal woningen onder één dak (stapelfactor). Per woningtype is een stapelfactor

Tabel 5.1
Stapelfactor per woningtype

Geomarktprofieltypen	Stapelfactor
Herenhuis grachtenpand	3
Boerderij/tuinderij	1
Vrijstaand/bungalow	1
Twee-onder-een-kap	1
Rijtjeshuis/eengezins	1
Flats met 4 of minder verdiepingen	2
Flat met meer dan 4 verdiepingen	6
Zelfstandige bejaardenwoning	2
Etagewoning/maisonnette	3
Etage/flat grachtenpand	3
Studentenwoning/flat	6
Divers	1
Onbekend	1
Woonboot	1
Woonwagen	1

Bron: CE Delft (2011)

Tabel 5.2
Kosten en oppervlak zon-PV voor woningen

Oppervlak per dak (m ²)	Opbrengst per (kWh*m ⁻² *jaar ⁻¹)	Kosten aanschaf (euro*m ⁻²)	Kosten installatie (euro*m ⁻²)
10	100	200	150

Bron: PBL

afgeleid, zoals weergegeven in tabel 5.1. Bij het berekenen van de hoeveelheid zon-PV per woning wordt het PV-oppervlak gedeeld door de stapelfactor, omdat de woningen hetzelfde dak delen.

De elektriciteitsopbrengst per eenheid paneel is gebaseerd op de huidige waarde van 100 kWh*m⁻²*jaar⁻¹. Deze waarde geldt standaard voor alle zichtjaren. In de toekomst zal de opbrengst van PV echter toenemen, naar verwachting tot 200 kilowattuur per vierkante meter (bij optimale zonoriëntatie). Dit kan in het model worden meegenomen.

In het model zijn voor de aanschaf en montage van zon-PV de huidige kosten van 350 euro per vierkante meter opgenomen. Deze kosten bestaan uit de aanschaf van de panelen (200 euro per vierkante meter) en kosten voor montage, installatie en omvormer (150 euro per vierkante meter). In de toekomst zal dit minder worden; voor de datainput nu wordt de huidige waarde ook in de toekomst gebruikt, maar dit kan door de gebruiker worden aangepast.

Utiliteit

In Vesta is aangenomen dat maximaal 80 procent van het gehele dakoppervlak geschikt is voor zon-PV (Bergsma et al. 1997). Bij het berekenen van de hoeveelheid zon-PV bij utiliteit per eenheid vloeroppervlak, moet rekening worden gehouden met het aantal verdiepingen (vloeren) onder één dak (stapelfactor). Per utiliteitstype is een stapelfactor afgeleid zoals weergegeven in tabel 5.3. De stapelfactor is afhankelijk van het utiliteitstype. Voor kantoren is een gemiddelde Floor Space Index (FSI) voor heel Nederland gehanteerd. Bij het berekenen van de hoeveelheid zon-PV per vloeroppervlak wordt de hoeveelheid PV per vloeroppervlak gedeeld door de stapelfactor (aantal verdiepingen), omdat het vloeroppervlak over meerdere verdiepingen is verdeeld. Zo worden de eenheden vierkante meter BVO omgerekend naar vierkante meter dakoppervlak.

De elektriciteitsopbrengst per eenheid paneel is net als bij woningen 100 kWh*m⁻²*jaar⁻¹. Deze waarde geldt standaard voor alle zichtjaren. In de toekomst zal de opbrengst van PV echter kunnen toenemen, naar verwachting tot 200 kilowattuur per vierkante meter (bij

Tabel 5.3
Stapelfactor en oppervlak zon-PV voor utiliteitsgebouwen

Utiliteitstype (inclusief tuinbouw)	Stapelfactor	Maximaal geschikt oppervlak PV voor de bestaande bebouwing in 2008 (mln*m ²)	Opmerking
Kantoren	2,5	40,2	Gemiddelde FSI is 2,5 in Nederland (CPB et al. 2006)
Winkels	1,5	16,6	Schatting CE
Verpleging en verzorging	2,5	7,1	Gelijk gehouden aan kantoren
Ziekenhuizen	2,5	2,1	Gelijk gehouden aan kantoren
Onderwijs	1,5	57,9	Schatting CE
Autohandel en reparatie	1	79,9	Schatting CE
Groothandel	1	92,3	Schatting CE
Horeca	2	22,1	Aanname
Overige dienstverlening	2	38,1	Aanname
Glastuinbouw, bloemen	1	Nvt	
Glastuinbouw, groente	1	Nvt	
Glastuinbouw, overig	1	Nvt	
Totaal		356,5	

Bron: CE Delft (2011)

Tabel 5.4
Oppervlak en kosten zon-PV utiliteitsgebouwen

Oppervlak per dak (percentage)	Opbrengst per (kWh*m ⁻² *jaar ⁻¹)	Kosten aanschaf (euro*m ⁻²)	Kosten installatie (euro*m ⁻²)
80%	100	200	150

Bron: PBL

optimale zonoriëntatie). Dit kan in het model worden meegenomen.

In het model zijn voor de aanschaf en montage van zon-PV de huidige kosten van 350 euro per vierkante meter opgenomen. Deze kosten bestaan uit de aanschaf van de panelen (200 euro per vierkante meter) en kosten voor montage, installatie en omvormer (150 euro per vierkante meter). Dit is gelijk aan de kosten voor woningen. Voor utiliteit zouden deze waarden kunnen worden bijgesteld, omdat grotere installaties per kilowatt goedkoper zijn dan kleinere.

Ook hier geldt dat de kosten in de toekomst zullen dalen; voor de datainput nu wordt de huidige waarde ook in de toekomst gebruikt, maar dit kan door de gebruiker worden gewijzigd.

5.2.2 Zonneboiler

Zonneboilers kunnen tegelijkertijd met elke andere warmteoptie worden ingezet, en gaan dus samen met de *default* (gasketel) in het model, maar ook met andere opties voor warmtelevering, zoals micro-WKK en de inzet van warmtenetten. De zonneboiler voorziet in een deel van de (voorverwarming) van de warmwatervoorziening, omdat de productie niet altijd voldoende zal zijn (bij weinig zon), en heeft daarom altijd een aanvullend systeem nodig. De productie van de zonneboiler is daarom niet gelijk aan het jaarlijks tapwatergebruik per gebouw. De productie van de zonneboiler wordt in mindering gebracht op de functionele vraag naar tapwaterverwarming, de resterende vraag wordt ingevuld door de warmteoptie die is gekozen.

Woningen

In Vesta is aangenomen dat er 3 vierkante meter zonneboiler op een dak kan worden geplaatst. Net als bij het plaatsen van zon-PV bij woningen, moet rekening worden gehouden met het aantal woningen onder één

Tabel 5.5
Oppervlak, opbrengsten en kosten zonneboiler voor woningen

Oppervlak per dak (m ²)	Opbrengst per (GJ*m ⁻² *jaar ⁻¹)	Kosten aanschaf en installatie (euro*m ⁻²)
3	1,5	1.246

Bron: CE Delft (2011)

Tabel 5.6
Hoeveelheid zonneboiler per utiliteitssector

Utiliteitstype (inclusief tuinbouw)	Stapelfactor	Tapwatervraag (MJ/m ² BVO*jr)	Aantal m ² zonneboiler (max) per m ² dakopp.	Aantal m ² zonneboiler (max) per m ² BVO
Kantoren	2,5	3,9	0,0026	0,0010
Winkels	1,5	3,9	0,0026	0,0017
Verpleging en verzorging	2,5	26	0,0173	0,0069
Ziekenhuizen	2,5	97,5	0,065	0,026
Onderwijs	1,5	4,8	0,0032	0,0021
Autohandel en reparatie	1	3,9	0,0026	0,0026
Groothandel	1	3,9	0,0026	0,0026
Horeca	2	42	0,028	0,014
Overige dienstverlening	2	3,9	0,0026	0,0013
Glastuinbouw, bloemen	1	0	0	0
Glastuinbouw, groente	1	0	0	0
Glastuinbouw, overig	1	0	0	0
Totaal				

Bron: CE Delft (2011); Senternovem (2006)

Tabel 5.7
Oppervlak en kosten zonneboiler utiliteitsgebouwen

Oppervlak per dak (m ²)	Opbrengst per (GJ*m ⁻² *jaar ⁻¹)	Kosten aanschaf en installatie (euro*m ⁻²)
Zie tabel 5.6	1,5	1,246

Bron: CE Delft (2011)

dak (stapelfactor). Dit wordt op dezelfde manier verrekend als bij zon-PV, via een stapelfactor afgeleid zoals weergegeven in tabel 5.1. Bij het berekenen van de hoeveelheid zonneboiler per woning wordt de hoeveelheid zonneboiler gedeeld door de stapelfactor, omdat de woningen hetzelfde dak delen. De opbrengst van de zonneboiler is gebaseerd op de huidige waarden van 1,5 gigajoule per vierkante meter per jaar (Senternovem 2006). In het model zijn voor de aanschaf en installatie van de zonneboiler de huidige kosten van 1.246 euro per vierkante meter opgenomen. Voor de toekomstige peiljaren zijn ook deze kostenkennallen gebruikt. Dit kan later worden aangepast.

Utiliteit

De hoeveelheid zonneboiler die op het dak van utiliteitsgebouwen wordt geplaatst, hangt af van de behoefte aan warm tapwater. De maximale inzet van een zonneboiler is ingesteld op een bijdrage van 60 procent aan die behoefte. De behoefte aan warm tapwater verschilt per sector; hierdoor verschilt ook de maximale hoeveelheid zonneboiler per sector (zie tabel 5.6). Net als bij PV is er gebruikgemaakt van een stapelfactor om de hoeveelheid zonneboiler per vloeroppervlakte te berekenen. Tabel 5.6 geeft per utiliteitssector weer wat de maximale omvang zonneboiler is per dak en per vloeroppervlak.

De opbrengst van de zonneboiler is gebaseerd op de huidige waarden van 1,5 gigajoule per vierkante meter per jaar (Senternovem 2006).

In het model zijn voor de aanschaf en installatie van de zonneboiler de huidige kosten van 1.246 euro per vierkante meter overgenomen van woningen. De gegevens kunnen worden aangepast voor de specifieke omstandigheden in de utiliteit, zoals schaalgrootte en ontwikkelingen in de toekomst.

5.2.3 Micro-WKK (HRe-ketel)

De micro-WKK (HRe-ketel) is een HR-ketel die ook elektriciteit produceert. Het apparaat wordt gebruikt voor ruimteverwarming en warm tapwater, waarbij het apparaat zowel warmte als elektriciteit levert. Door de elektriciteitsproductie daalt het warmterendement van de ketel; dat zou anders 107 procent (op onderwaarde) zijn. Deze optie is geschikt voor gebouwen. In Vesta is deze optie echter alleen nog geïmplementeerd voor woningen. In een vervolgfase kan ze ook worden opgenomen voor utiliteit en glastuinbouw. De HRe-ketel gebruikt aardgas (of groen gas) als brandstof. Een micro-WKK is een volledig warmtesysteem en kan in het model daarom alleen worden gecombineerd met de zonneboiler en niet met andere warmteopties.

Bij inzet van de huidige generatie micro-WKK's in een woning stijgt het gasgebruik per jaar met 15 procent ten opzichte van het huidige gasgebruik in de woning (voor ruimteverwarming (rvw); gebruik op de gasmeter).¹

De elektriciteitsproductie van een micro-WKK (in kilowattuur per woning per jaar) is:

- elektriciteitsproductie micro-WKK [kWh/jr] = [functionele vraag warm tapwater + functionele vraag (ruimteverwarming)/ efficiency (gebouw)]/ warmterendement micro-WKK * elektrisch rendement/3,6;
- 3,6 is de energie-inhoud van een kilowattuur elektriciteit (3,6 MJ/kWh) = constante;
- elektrisch rendement van de micro-WKK (nu circa 15 procent, is variabele in het model).

In de toekomst komen ook micro-WKK's op basis van brandstofcellen op de markt die een andere verhouding hebben van warmteproductie en elektriciteitsproductie dan de huidige generatie micro-WKK's die nu in de markt worden gezet. Daardoor wordt ook de eerder genoemde 15 procent toename van het gasgebruik anders. Dit kan in Vesta worden aangepast.

In Vesta zijn de meerkosten gebruikt van een micro-WKK ten opzichte van een HR107-ketel. Bij het laatste is uitgegaan van de combi-HR-ketel, inclusief installatiekosten, van 2.000 euro. De meerkosten van een huidige micro-WKK zijn 10.000 euro. Een eventuele

kostendaling is moeilijk in te schatten, maar kan desgewenst door de gebruiker van het model worden ingezet. Dit geldt ook voor de andere technieken, zoals de elektrische warmtepomp.

5.2.4 Elektrische warmtepomp

Elektrische warmtepompen worden gebruikt om gebouwen te verwarmen en te voorzien van warm tapwater. De elektrische warmtepomp (EWP) werkt op elektriciteit en werkt omgevingswarmte op van een laag naar een hoger temperatuurniveau. De warmtepomp past in *all electric*-gebouwen zonder gasinfrastructuur. De warmtepomp is efficiënt bij lagere temperaturen en verwarmt daarom gebouwen door middel van lage-temperatuurverwarming. Hierdoor heeft de warmtepomp een relatief lage capaciteit. Dit betekent dat gebouwen een goede isolatie en een lage-temperatuurverwarmingssysteem moeten hebben. De EWP is daarom in Vesta alleen mogelijk als optie voor nieuwbouw vanaf 2020, voor zowel woningen als utiliteitsbouw, omdat deze gebouwen goed geïsoleerd zijn en bij de bouw kunnen worden voorzien van lage-temperatuurverwarming. De EWP gaat niet samen met micro-WKK, maar wel samen met zon-PV en/of zonneboiler. Als de EWP wordt gekozen, gaat het gasgebruik van het gebouw naar nul, en wordt warmtelevering als optie onmogelijk. Het gebouw wordt dus *all electric*. Het metergebruik elektriciteit van het gebouw wordt verhoogd met:

- a. toename elektriciteitsvraag = (warmtevraag aan EWP/ COP) [GJe/jr];
- b. waarbij *default* COP = 400 procent;
- c. en (warmtevraag aan EWP) = functionele vraag warm tapwater + (functionele vraag ruimteverwarming/ efficiency gebouw) [GJth/jr].

De investeringskosten van de EWP zijn door CE Delft geschat op 7.000 euro per woning, en 59 euro per vierkante meter BVO bij utiliteit. In Vesta zijn de meerkosten gebruikt van een warmtepomp ten opzichte van een HR107-ketel (2.000 euro per woning en 17 euro per vierkante meter BVO). De meerkosten zijn dus 5.000 euro per woning en 42 euro per vierkante meter BVO.

5.3 Onzekerheid over toekomstige energieprijzen en investeringskosten

De kosteneffectiviteit van energiemaatregelen wordt in sterke mate bepaald door de investeringskosten en de energieprijzen. De ontwikkelingen hiervan in de komende decennia zijn echter onzeker, en er verschijnen regelmatig ramingen. Het model is daarom zo ontworpen dat de

gebruiker in staat is om de invoergegevens hiervan eenvoudig aan te passen en daarmee nieuwe scenario's, varianten en gevoeligheidsanalyses uit te voeren. Veelal is het zinvol om een bandbreedte te hanteren voor de ontwikkelingen.

Als voorbeeld hoe hiermee kan worden omgegaan, gaan we kort in op de eerste analyse die is uitgevoerd met het Vesta-model (Van den Wijngaart et al. 2012). In deze studie *Naar een duurzamere energievoorziening van de gebouwde omgeving in 2050* is onderzocht hoeveel CO₂-reductie wordt bereikt met energiemaatregelen die rendabel zijn voor eigenaren van gebouwen en voor warmteleveranciers. In de analyse is aangenomen dat de energiemaatregelen tussen 2010 en 2050 worden genomen. Geredeneerd is dat het dan logisch is om de kosten en energieprijzen conform de ontwikkeling in deze periode te hanteren. Vanwege de onzekerheid over de ontwikkeling van energieprijzen en investeringskosten in de periode 2010 tot 2050 zijn daarom twee uiterste varianten beschouwd (zie bijlage 10 en 11). In de variant 'lage energieprijzen en hoge investeringskosten' zijn alle energiemaatregelen doorgerekend met de energieprijzen uit het jaar 2010 en zijn de kosten van de isolatiemaatregelen gebaseerd op een individuele aanpak voor particulieren. Deze variant geeft een ondergrens voor de vermeden CO₂-uitstoot van rendabele energiemaatregelen, omdat wordt gerekend met relatief lage energieprijzen en relatief hoge investeringskosten. In de variant 'hoge energieprijzen en lage investeringskosten' zijn de toekomstige energieprijzen van de meest recente actualisatie van de *Referentieraming energie en emissie* (Wetzels & Tigchelaar 2011) gehanteerd (Vesta hoge energieprijzen = energieprijzen 2030/2040) en zijn de kosten van de isolatiemaatregelen gebaseerd op een projectmatige aanpak. In deze variant wordt dus gerekend met relatief hoge energieprijzen en relatief lage investeringskosten. Deze variant geeft daarom een bovengrens voor de vermeden CO₂-uitstoot van rendabele energiemaatregelen. Het is onbekend hoe de energieprijzen en de investeringskosten zich gaan ontwikkelen. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat de energieprijzen in 2050 hoger worden dan is aangenomen in de Referentieraming. Door voor de hele periode tot 2050 te werken met enerzijds de huidige energieprijzen én hoge investeringskosten en anderzijds de toekomstige energieprijzen uit de Referentieraming én de lage investeringskosten, wordt de CO₂-reductie van rendabele maatregelen gepresenteerd als bandbreedte die hoort bij een energieprijzen- en kostenontwikkeling over de gehele periode 2010-2050.

In de variant met de lage energieprijzen is de gasprijs 0,64 euro per kubieke meter voor woningen en kleine utiliteitsbedrijven, en 0,20 euro per kubieke meter voor grote utiliteitsbedrijven. In de variant met de hoge energieprijzen is de gasprijs 0,80 euro per kubieke meter

voor woningen en kleine utiliteitsbedrijven en 0,41 euro per kubieke meter voor grote utiliteitsbedrijven. In de bijlagen 10 en 11 is de opbouw gegeven van de gehanteerde lage en hoge gas- en elektriciteitsprijzen. Daarnaast zijn in de studie de lokale warmtebronnen doorgerekend met een verdubbeling van de gehanteerde hoge energieprijzen. Met deze prijsvariant voor alleen de lokale warmtebronnen wordt het technisch potentieel van de lokale warmtebronnen bepaald. Het technisch potentieel van de gebouwmaatregelen is onafhankelijk van de energieprijzen en de investeringskosten van de isolatiemaatregelen.

Noot

- 1 De formule voor gasgebruik is: huidig gasgebruik (rvw) * factor $(107/(107 - eI_rendement))$.

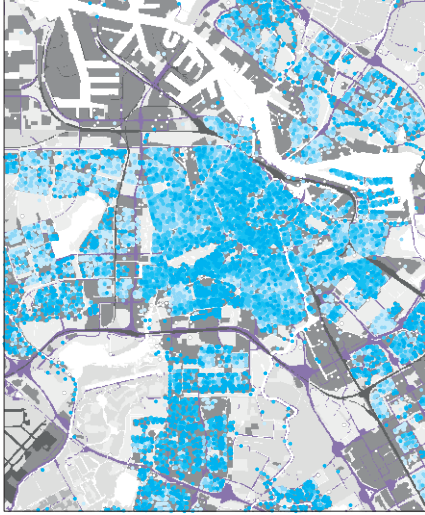
Sociaaleconomische kenmerken

In Vesta is bij de woningen ook een groot aantal sociaaleconomische kenmerken van de huishoudens (op 6-positie postcodeniveau) opgenomen in het Geomarktprofielbestand. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld eigendom en inkomen (zie figuur 6.1), woningwaarde en mutatiegraad op postcodeniveau. Deze kenmerken kunnen in Vesta worden gebruikt, bijvoorbeeld bij het selecteren van groepen waarvoor bepaalde energiemaatregelen juist wel of niet worden getroffen.

Figuur 6.1

Sociaaleconomische kenmerken van huishoudens in Amsterdam, 2006

Eigendom woning



Per 6-positie postcode

- Volledig huur
- Grootste deel huur
- Evenveel huur als koop
- Grootste deel koop
- Volledig koop
- Onbekend



Inkomen



Per 6-positie postcode

- Minimum
- Tussen modaal en minimum
- Rond modaal
- Tussen modaal en 2 x modaal
- 2 x modaal of meer
- Onbekend

Bron: Wegener Direct Marketing (2007)

Berekende energievraag basisjaar

De energievraag zoals berekend door Vesta is vergeleken met de gegevens uit de Referentieraming (ECN & PBL 2010) en de CBS-Milieurekening (zie tabel 7.1). De gegevens uit de Referentieraming zijn net als de verbruikscijfers in Vesta gecorrigeerd voor klimaatomstandigheden. De cijfers van het CBS zijn actuele verbruikscijfers en zijn daarom hier gecorrigeerd voor klimaatomstandigheden om een goede vergelijking mogelijk te maken. Bij de Referentieraming gaat het om het energiegebruik per sector, bij het CBS gaat het om het netto finale energiegebruik.

Doordat de verbruikscijfers voor warmte voor woningen zijn gecorrigeerd met de nationale verbruikscijfers (aardgas, warmte, stookolie) van ECN komen deze cijfers overeen. De cijfers zijn gecorrigeerd, omdat de kentallen van de voorbeeldwoningen leidden tot een overschatting van 43 procent. Het verbruikscijfer van het CBS ligt overigens iets hoger dan dat van ECN, maar de afwijking is beperkt (1 procent). Het gasgebruik in de utiliteit is afgeleid van CBS-cijfers en komt daarom nagenoeg overeen. Vesta geeft hierbij de klimaatgecorrigeerde waarde voor 2008 van het CBS. De verbruikscijfers liggen 14 procent hoger dan in de Referentieraming. Dit heeft te maken met de inzet van warmtekrachtkoppeling en mogelijk andere definities van de utiliteitssector. Voor de glastuinbouw is het gasgebruik in Vesta lastig te vergelijken met de Referentieraming vanwege de inzet van warmtekrachtkoppeling.¹

Het elektriciteitsverbruik voor wonen komt goed overeen met zowel de Referentieraming als de CBS-cijfers. Voor utiliteit en glastuinbouw geldt dat dit gelijk is op CBS-

cijfers, waardoor ze automatisch goed overeenkomen. Bij glastuinbouw berekent Vesta overigens een iets lager verbruik voor elektra, omdat 7 procent van het areaal niet is meegenomen (zie paragraaf 2.3).

De energiekentallen in Vesta zijn gefit met de nationale verbruikscijfers. De berekende regionale uitkomsten kunnen afwijken van gerealiseerde. Deze vergelijking is hier niet gemaakt.

Noot

- 1 Onder de volgende aannames komt het gasgebruik van de glastuinbouw in Vesta echter goed overeen met de Referentieraming: de WKK-productieverhouding van elektriciteit/warmte is 50/50 met een totaal rendement van 82 procent. Dit levert een inzet van 94 PJ aardgas in WKK (37 PJe + 37 PJth + 20 PJverlies); Het verbruikssaldo voor warmtegebruik is dan $132 + 7 + 3 + 5$ (olie) - $(94 + 37) = 90$ PJ. Dit is gelijk aan de inzet van aardgas in Vesta.

Tabel 7.1

Finaal energiegebruik in Vesta, Referentieraming en Milieurekening in 2008

Energiegebruik (exclusief grondstoffen)	Vesta Basisjaar 2008 Klimaatgecorrigeerd netto verbruik ¹			Referentieraming Basisjaar 2008 Klimaatgecorrigeerd ECN			CBS-Milieurekening 2008 netto verbruik met geschatte klimaatcorrectie ²		
	Wonen	Utiliteit	Glas- tuinbouw	Wonen	Utiliteit	Glas- tuinbouw	Wonen	Utiliteit	Glas- tuinbouw
Verbuikssaldo (PJ)	423	369	109	425	340	137	412	369	115
Elektriciteit	88	109	25	89	114	-10	89	110	26
Aardgas	334	260	90	311	192	132			
Warmte				20	27	7	340	259	89
Fermentatiegas				0	5	3			
Olie				4	2	5			

¹ Het gasgebruik voor koken is 4 procent van het totale gebruik bij huishoudens. In Vesta is koken niet meegenomen.

² De geschatte klimaatcorrectie is gebaseerd op de methode zoals besproken in paragraaf 3.4. Het energiegebruik voor ruimteverwarming ligt in een klimatologisch gemiddeld jaar 9 procent hoger dan in 2008. Aangenomen is dat het aandeel ruimteverwarming in het totale energiegebruik voor warmte bij woningen 78 procent is, bij utiliteit en tuinbouw 82,5 procent. Het restende energiegebruik is bestemd voor warm tapwater.

Bijlagen

Bijlage 1: Regionale trendprognose bevolking, huishoudens en arbeidsplaatsen

De regionale trendprognose is gelijktijdig opgesteld en volgens dezelfde systematiek uitgewerkt als die van het lage en hoge scenario uit de *Ruimtelijke Verkenning 2011* (PBL 2011). In deze bijlage worden de specifieke aannames voor de trendprognose weergegeven en wordt er inzicht verschaft in de onzekerheid van toekomstvoorspellingen door de trendprognose af te zetten tegen het hoge en lage scenario. De trendprognose kan hierbij gezien worden als de zogenoemde verrassingsvrije toekomstverkenning. In vergelijking hiermee gaan de scenario's explicieter uit van onzekerheid in wat de toekomst zal brengen. In de verrassingsvrije toekomst van de trendprognose worden recente ontwikkelingen op terreinen als bevolking, huishoudens, economische ontwikkeling, werkgelegenheid en mobiliteit zo veel mogelijk doorgetrokken naar de toekomst, onder het zo veel mogelijk gelijk houden van de beleidsinspanningen. In het hoge en lage scenario, gebaseerd op respectievelijk het Global Economy-scenario (GE) en het Regional Communities-scenario (RC) uit de studie *Welvaart en Leefomgeving* (WLO) (CPB et al. 2006), wordt uitgegaan van andere ontwikkelingen op de genoemde terreinen en geven daardoor andere mogelijke toekomst. Verschil met de WLO is dat de *Ruimtelijke Verkenning 2011* en deze trendprognose een ander startjaar hanteren, namelijk 2008 in plaats van 2002. Vanuit dat afwijkende startjaar werken de scenario's toe naar een vergelijkbare eindsituatie als die in de WLO-studie. Voor een nadere beschrijving van de uitwerking van deze scenario's wordt verwezen naar de *Ruimtelijke Verkenning 2011* (PBL 2011).

Zowel in de trendprognose als in de scenario's wordt het beleid zo veel mogelijk ongewijzigd voortgezet. Dat wordt ook wel 'minimaal gedifferentieerd trendmatig beleid' genoemd, een methodiek om de beleidsomgeving zo constant en neutraal mogelijk te houden. Het komt erop neer dat wordt verondersteld dat bestaand beleid behouden blijft en er geen nieuw ruimtelijk relevant beleid bij komt. Deze drie varianten, trendprognose, hoog en laag scenario, worden doorgerekend tot 2040. Het gaat hierbij onder andere om de ontwikkelingen op een regionaal niveau in de kernvariabelen bevolking,

huishoudens, arbeidsplaatsen, beroepsbevolking en mobiliteit.

Voor het regionale niveau maken we gebruik van een enigszins aangepaste COROP-indeling, die Nederland verdeeld in 47 deelgebieden (zie figuur B1).¹

Aannames bevolking en wonen

Nationaal

Voor de trendprognose zijn op nationaal niveau de (demografische) projecties conform de nationale bevolkings- en huishoudensprognose van het CBS uit 2008/2009. Wat betreft de trendprognose sluit ook de verdere uitwerking naar componenten, zoals geboorte, sterfte, buitenlandse en binnenlandse migratie en overgangen tussen huishoudenposities, aan bij de nationale prognose. Na decennia met een sterke groei van de bevolking zal dit groeitempo in de komende jaren gaan teruglopen. In 2040 is de omvang van de bevolking in Nederland naar verwachting ongeveer 5 procent groter dan in 2008, een groei die viermaal kleiner is dan in de dertig jaar hiervoor. De bandbreedte van de verwachte bevolkingsgroei ligt tussen een krimp van enkele procenten en een groei van bijna 20 procent.² De trendprognose geeft aan dat de Nederlandse bevolking tot ongeveer 2030 zal blijven groeien, om daarna te stabiliseren. In het hoge scenario is de groei sterker en aanhoudend, in het lage scenario blijft de bevolking eerst nog stabiel, om rond 2020 te gaan dalen (zie tabel B1).

Het aantal huishoudens blijft naar verwachting nog langere tijd toenemen, met zo'n 15 procent tot 2040. Naast de bevolkingsgroei is de nog steeds afnemende gemiddelde huishoudensgrootte hier debet aan. De stijging van het aantal huishoudens zit vooral in de eerste twintig jaar van de beschouwde periode, waarna stabilisatie volgt (zie figuur B2). De bandbreedte van de toename van het aantal huishouden ligt tussen een nulgroei en een groei van ruim 40 procent. In het hoge scenario houdt de groei gedurende de gehele periode aan, zij het dat het tempo iets afzwakt in de loop van de tijd. In het lage scenario is sprake van een bescheiden stijging (tot zo'n 5 procent) en vervolgens weer een daling tot het niveau van 2008.

De ontwikkelingen in het aantal huishoudens zijn bepalend voor de woningbehoefte in Nederland. Een

Figuur B1
Regioindeling: COROP 47



Bron: PBL

Tabel B1
Aantal huishoudens volgens trendprognose en hoog en laag scenario

Scenario	2008-2020	2020-2030	2030-2040	2008-2040
Laag	+350.000	-20.000	-310.000	+20.000
Trend	+620.000	+360.000	+70.000	+1.050.000
Hoog	+1.490.000	+1.060.000	+510.000	+3.060.000

Bron: PBL

aanname is hierbij dat er voor de trendprognose geen grote verandering verwacht wordt in de verhouding tussen het aantal huishoudens en woningen. Nationaal komt dit neer op net iets meer huishoudens dan woningen, maar regionaal zijn er sterkere verschillen, waarbij er vooral in de studentensteden veel meer huishoudens zijn dan woningen.

Regionaal

Op regionaal niveau zijn de demografische ontwikkelingen een belangrijke drijvende kracht achter de ontwikkeling van de regionale woning- of arbeidsmarkt. De demografische processen in het TIGRIS XL-model, zoals geboorte, sterfte, internationale migratie en verandering in huishoudenposities, zijn regiospecifiek en gebaseerd op het regionale demografische PEARL-model van CBS en PBL (De Jong et al. 2005). De in de trendprognose gebruikte demografische waarden zijn overgenomen uit de regionale bevolking- en huishoudenprognose van het PBL en CBS uit 2009. Op

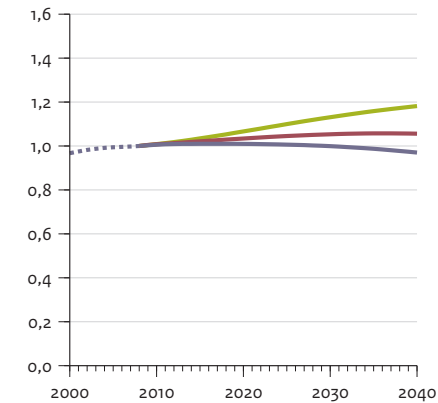
nationaal niveau zijn deze waarden consistent met nationale bevolking- en huishoudenprognose.

Voor het simuleren van de binnenlandse migratie wordt gebruikgemaakt van de *woningmarktmodule* binnen TIGRIS XL. De module simuleert stapsgewijs het ruimtelijk verhuispatroon van huishoudens: keuze voor wel/niet verhuizen, bij wel verhuizen of er binnen of buiten de eigen regio wordt verhuisd en daarna naar welke zone. De locatievoorkeur van een huishouden hangt af van de kenmerken van het huishouden, de kenmerken van de woning of woonomgeving, de afstand tussen de huidige en nieuwe locatie en de bereikbaarheid van de locatie. Deze module maakt dan ook gebruik van gegevens over demografie, grond- en vastgoedmarkt en transport uit de desbetreffende modules. Gegevens uit het Woningbehoefteonderzoek 2002 (WBO) voor zes verschillende huishoudenstypen vormen de basis voor de woonlocatiekeuze in het model.

Figuur B2

Bevolkingsontwikkeling 2000-2040

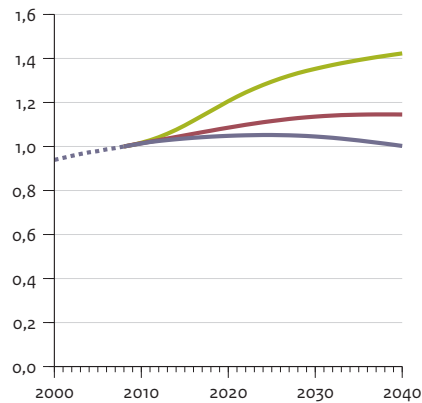
Index (2008 = 1)



..... Realisatie
— Hoog scenario
— Trendprognose
— Laag scenario

Huishoudensontwikkeling 2000-2040

Index (2008=1)



..... Realisatie
— Hoog scenario
— Trendprognose
— Laag scenario

Bron: PBL

Bij het regionaliseren van de trendprognose is gebruikgemaakt van exogene woningbouwveronderstellingen en deze veronderstellingen zijn een belangrijke invoer voor het berekenen van de binnenlandse migratiestromen. De gebruikte methodiek voor het opstellen van de woningbouwveronderstellingen is op basis van de opgestelde woningbouwveronderstellingen in de tweejaarlijkse regionale bevolking- en huishoudenprognose 2009–2040 van CBS en PBL. Hierbij worden eerst veranderingen in de vraag naar en aanbod van woningen door demografische processen – zoals kinderen die uit huis gaan, immigratie en emigratie, mensen die gaan samenwonen of scheiden – in kaart gebracht door het model PEARL. Daarna wordt er per gemeente gekeken naar historische gegevens en beschikbare informatie over de woningbouwontwikkeling om een inschatting te maken over de groei of krimp in het aantal woningen. Gegevens die gebruikt zijn bij het opstellen van de woningbouwveronderstellingen per gemeente, zijn de bouwprognose van VROM/TNO voor de korte termijn, regio-overleggen, verstedelijkingsafspraken 2010-2020 (VROM), informatie uit de Nieuwe Kaart van Nederland, provinciale prognoses en gemeentelijke prognoses (via enquêtes onder gemeenten aangesloten bij het VSO).

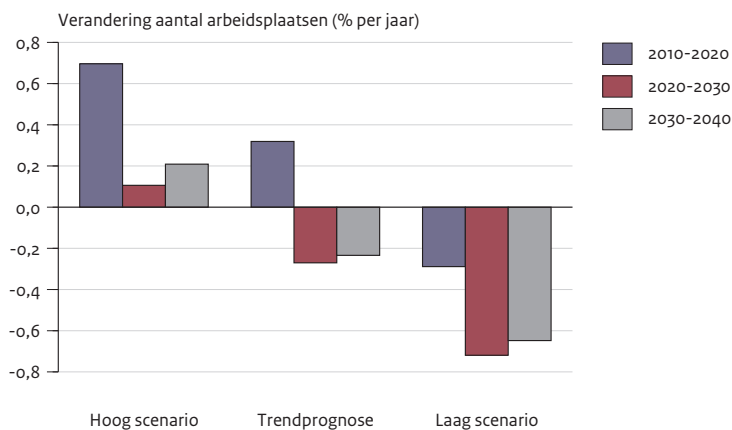
Voor de voorlopige woningbouwveronderstellingen op basis van bovenstaande informatie wordt gecontroleerd of het ook waarschijnlijk is dat deze gerealiseerd kan worden gezien de beschikbaarheid van bouwgrond voor uitleglocaties en de mogelijkheden voor verdichting. De potentiële bouwgrond wordt verkend door rekening te houden met ruimtelijke restricties voor bijvoorbeeld de Ecologische Hoofdstructuur of Natura 2000-gebieden. Wat betreft de inschatting voor de mogelijkheden om de woningvoorraad te vergoten via verdichting wordt aangesloten op de middenvariant (PBL 2010b). Dit komt neer op een nationaal bouwgemiddelde van 30 procent in bestaand stedelijk gebied, waarbij er een sterke variatie is tussen de verschillende gebieden.

Aannames economie en werkgelegenheid

Nationaal

De arbeidsmarktmodule van TIGRIS XL gebruikt op nationaal niveau scenariowaarden voor de ontwikkeling in het aantal arbeidsplaatsen voor zeven economische sectoren. Het is daarmee een distributief model, waarbij de nationale randen vastliggen op basis van exogene invoer. In TIGRIS XL is de werkgelegenheid gedefinieerd als personen (zowel werknemers als zelfstandigen) die minimaal 12 uur per week werkzaam zijn. Wat betreft het

Figuur B3
Werkgelegenheidsontwikkeling 2010-2040



Bron: PBL (TIGRIS XL)

lage en hoge scenario wordt hier gebruikgemaakt van de WLO-scenario's RC en GE en voor de trend wordt gebruikgemaakt van de economische trendprognose. In het GE-scenario stijgt de werkgelegenheid het snelst, maar ook hier neemt na 2020 het groeitempo af (zie figuur B3). Daaraan liggen onder andere demografische ontwikkelingen ten grondslag (afzwakken van de ontwikkeling van het aantal 20- tot 65-jarigen) en een minder sterke ontwikkeling van de netto participatiegraad (het percentage van de inwoners van 20 tot 65 jaar dat werkt of actief zoekt naar werk). Indien over de gehele periode wordt gekeken, dan is alleen in het hoge groeiscenario het aantal banen in 2040 hoger dan in 2008, en zowel in de trend als in het lage scenario wordt een afname verwacht in het aantal banen in 2040. Ook in het hoge groeiscenario is de toename van het aantal banen relatief beperkt vergeleken met het recente verleden, namelijk 13 procent voor de periode 2008-2040 versus 17 procent in de periode 1996-2008.

Om nationale veronderstellingen op te stellen voor de zeven brede economische sectoren in TIGRIS XL is het bij het lage en hoge scenario nodig om de ontwikkeling op sectorniveau, zoals gebruikt in de WLO-studie, te vertalen naar de zeven sectoren in het TIGRIS XL-model. Voor een aantal sectoren uit de WLO-studie (sectoren op basis van definities uit het Athenamodel), 'tertiair overig' en 'handel', moest daarbij een verdeling naar drie respectievelijk twee van de brede sectoren uit TIGRIS XL worden gemaakt.

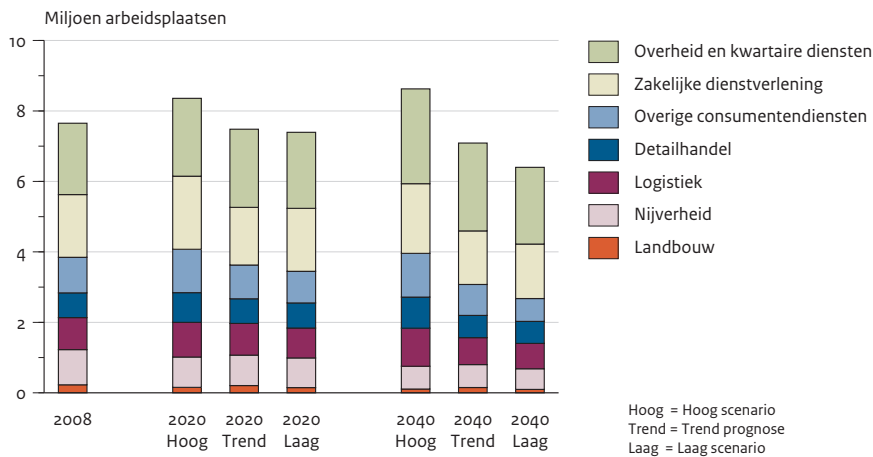
Een vergelijkbare aanpak is gevolgd voor de trendprognose, waarbij gebruikgemaakt is van sectorramingen naar Athenasector op nationaal niveau

met het DIMITRI-model. Algemeen uitgangspunt bij het opstellen van het referentiep pad is het doortrekken van trends uit het verleden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de globale structuur van de Nederlandse economie niet wezenlijk verandert. Hiermee wordt een beeld geschetst van de Nederlandse economie voor de periode 2008-2020 met een doorkijk naar 2040. De ontwikkeling van de werkgelegenheid in de trendprognose ligt in de orde van grootte van de WLO-scenario's SE en TM. In de trend wordt uitgegaan van 0,3 procent groei per jaar in de periode tot 2020 (0,1 procent onder SE en 0,6 procent onder TM) en van -0,3 procent in de periode tot 2040 (-0,1 procent onder SE en -0,3 procent onder TM).

In figuur B4 staat de ontwikkeling van de werkgelegenheid in de zeven TXL-sectoren weergegeven voor het startjaar 2008, 2020 en 2040.

Indien naar de ontwikkeling op sectorniveau wordt gekeken, dan zijn er drie clusters te onderscheiden waarbinnen de sectoren een vergelijkbaar patroon laten zien. Het eerste cluster bestaat uit landbouw en nijverheid, dat onder alle scenario's een afname in het aantal banen laat zien tot 2040. Het tweede cluster bestaat uit logistiek, detailhandel, overige consumentendiensten en zakelijke dienstverlening, waarvoor in het hoge scenario een groei wordt voorspeld, maar in de trend en het lage scenario een afname. Met name voor de sector overige consumentendiensten is de toekomst onzeker en zijn er in 2040 in het hoge scenario bijna twee keer zoveel banen als in het lage scenario. Het derde cluster, waarbij de ontwikkeling in banen in alle scenario's positief is, bestaat alleen uit de sector overheid

Figuur B4
Werkgelegenheid per sector 2008-2020-2040



Bron: PBL (TIGRIS XL)

en quartaire diensten, waar onder andere ook de zorg onder valt. De toename van het aantal banen in het hoge scenario, met bijna 1 miljoen tussen 2008 en 2040, wordt voor 70 procent veroorzaakt door een stijging van het aantal banen in deze sector.

Regionaal

De regionale veranderingen in het aantal banen worden per sector binnen de nationale randtotalen berekend door de arbeidsmarktmodule van het TIGRIS XL-model. De arbeidsmarktmodule binnen TIGRIS XL modelleert de verandering in het aantal arbeidsplaatsen en de beroepsbevolking per gemeente. Voor de arbeidsmarkt worden zeven sectoren onderscheiden: landbouw, nijverheid, logistiek, detailhandel, consumentendiensten, zakelijke dienstverlening en overheid en quartaire dienstverlening. De sterk verschillende karakteristieken van de sectoren zijn immers bepalend voor de ontwikkeling van het ruimtegebruik en voor de invloed van veranderingen in bereikbaarheid op het vestigingsgedrag. Uit historische data voor de periode 1986-2000 zijn de vestigingsgedragsreacties per sector afgeleid.

Er zijn voor deze module geen additionele scenariospecifieke aandnames nodig en de meeste verklarende variabelen voor het locatiegedrag van de sectoren hebben betrekking op de spreiding van de bevolking en andere kenmerken die elders in het model als onderdeel van de scenarioberekeningen worden bepaald. In tegenstelling tot de woningmarkt is de locatiekeuze van bedrijven veel meer vraaggestuurd, en de ontwikkeling van het aantal arbeidsplaatsen op

regionaal niveau wordt niet direct beïnvloed door scenariospecifieke veronderstellingen over het aanbod aan kantoorruimte of bedrijventerreinen. Wel spelen voor een aantal sterk aan de bevolking gerelateerde sectoren, zoals detailhandel, de woningbouwveronderstellingen een indirecte rol bij de verdeling van arbeidsplaatsen. De modeldocumentatie geeft per sector een beschrijving van de verklarende variabelen die de regionale ontwikkeling van de sectoren bepalen (Willigers et al. 2010).

Naast specifieke locatiefactoren, zoals bereikbaarheid of de stedelijke druk op de grond, geldt dat er voor alle sectoren een negatief verband is tussen de mate waarin ze in de uitgangssituatie (2008) vertegenwoordigd zijn in een bepaalde regio en de ontwikkeling die ze doormaken. Een gelijke groei in absolute termen zal in relatieve termen immers kleiner zijn bij een grote omvang bij aanvang. Ook speelt hierbij, bijvoorbeeld bij logistiek en nijverheid, de *filtering-down*-theorie een rol: na een aanvankelijke clustering van een nieuwe sector in bepaalde regio's, zal deze sector zich ook elders gaan vestigen waar veelal kostenefficiënter geproduceerd kan worden. Dit effect heeft ook de gunstige eigenschap dat het een evenwichtstenderend mechanisme is. Hoe sterk de impulsen tot clustering van activiteiten op basis van andere factoren ook zijn, er zal altijd een rem blijven bestaan op zeer sterke clustering.

Aannames mobiliteit en infrastructuur

De aannames in het model rondom mobiliteit en infrastructuur hebben zowel betrekking op het infrastructuraanbod (wegennet en

Tabel B2

Veronderstellingen over de ontwikkeling van het autopark

Autopark (*1 mln)	2008	2020	2030	2040
Laag	7,4	8,3	8,8	8,8
Trend	7,4	8,8	9,7	10,3
Hoog	7,4	10,1	11,5	12,7

Bron: PBL (DYNAMO)

Tabel B3

Veronderstellingen over de ontwikkeling van parkeerkosten en kosten per kilometer

Reiskosten	2008	2020	2030	2040
Kilometerkosten hoog	1	0,94	0,89	0,88
Parkeerkosten	1	1,74	1,74	1,74
Kilometerkosten stad- en streekvervoer	1	0,98	0,98	0,98
Kilometerkosten trein	1	1,07	1,07	1,07
Kilometerkosten trein woon-werkverkeer	1	1,09	1,09	1,09
Kilometerkosten trein overig	1	1,05	1,05	1,05

Bron: PBL (TIGRIS XL)

openbaarvervoeraanbod) als op kenmerken van de populatie die relevant zijn voor het verplaatsingsgedrag. Voor een deel gaat het hier om specifieke aannames over de mobiliteit (zoals rijbewijsbezit en autobezit). Verder spelen allerlei sociaaleconomische factoren een rol (zoals huishoudensinkomen, omvang werkzame beroepsbevolking, huishoudenssamenstelling). Op nationaal niveau wordt hiervoor aangesloten bij de scenario's en wordt gebruikgemaakt van de door het TIGRIS XL-model gemaakte berekeningen van de ruimtelijke verdeling van bevolking, huishoudens en werkgelegenheid (zie de aannames in voorgaande paragrafen). Aan de aanbodkant van het transportsysteem spelen aannames over de kosten van verplaatsingen naast de beschikbare infrastructuur en dienstregelingen ook een belangrijke rol. Niet alle variabelen zijn scenarioafhankelijk; zo wordt het vaststaande beleid als uitgangspunt genomen voor beide scenario's. Voor alle transportberekeningen is als instrumentarium gebruikgemaakt van het LMS v7.0 zoals geïntegreerd in het TIGRIS XL-raamwerk.

Autobezit

Het autobezit dat wordt verondersteld is bepaald met behulp van het autobezitmodel DYNAMO. DYNAMO houdt rekening met diverse verklarende variabelen voor het autobezit, zoals huishoudenssamenstelling, inkomen, relevante beleidsmaatregelen (rondom bpm en motorrijtuigenbelasting, EU-regelgeving over CO₂-uitstoot, vergroening van het fiscale regime), het autoaanbod in de markt en de brandstofprijzen. Het bezit

neemt toe in de tijd en verschilt per scenario (zie tabel B2). De nationale bandbreedte tussen het hoge en lage scenario is vrij ruim: zijn er in 2008 7,4 miljoen auto's, in 2040 zijn er in het lage scenario 8,8 miljoen auto's en in het hoge scenario 12,7 miljoen. Dit verschil van bijna 4 miljoen wordt vooral veroorzaakt door de grotere omvang van de bevolking, kleinere huishoudens en hogere inkomens in het hoge scenario. (Sinds de WLO is DYNAMO vernieuwd. Daardoor wijken de cijfers iets af van de cijfers in de WLO.)

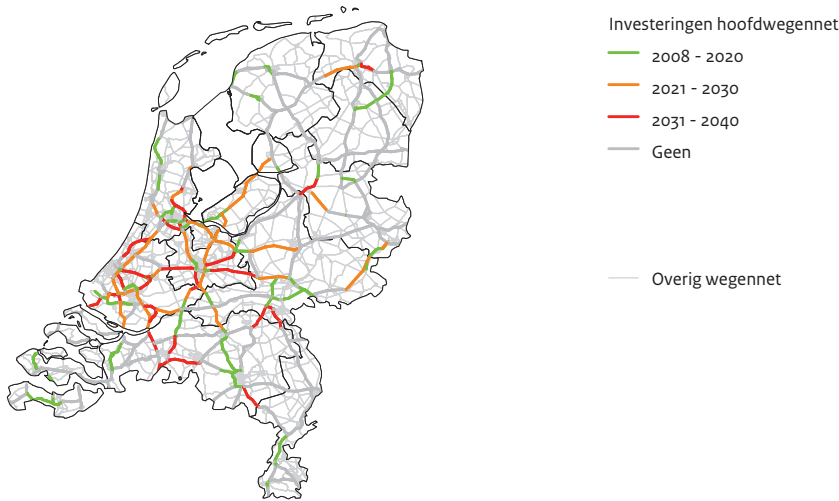
Kosten per kilometer en parkeerkosten

De kosten die mobiliteit met zich brengt, worden in het model gerepresenteerd door een prijs per kilometer per vervoerswijze plus een factor voor parkeerkosten (zie tabel B3). De kosten per kilometer verschillen per jaar voor zowel auto als openbaar vervoer. Er zijn geen verschillen per scenario. Er worden verschillende kostenfactoren gehanteerd voor auto, bus-tram-metro, trein voor woon-werkverkeer en trein overig. In de kosten voor de auto spelen brandstofkosten een belangrijke rol. Deze wijken iets af van de oorspronkelijke WLO-prognoses, omdat de olieprijs veel hoger is dan destijds in de WLO voorzien. Het effect van de hogere olieprijs wordt echter beperkt door de lagere dollarkoers en het langere brandstofgebruik.

Weginfrastructuur

In het trendscenario wordt gebruikgemaakt van een infrastructuurnetwerk gebaseerd op het bestaande netwerk, plus alle MIRT-projecten die tot 2020 gepland

Figuur B5
Investerings in hoofdwegennet 2008-2040



Bron: PBL

zijn (op basis van MIRT 2010). In de periode na 2020 wordt ervan uitgegaan dat steeds een vergelijkbaar bedrag per jaar, namelijk 2 miljard euro, in het hoofdwegennet wordt geïnvesteerd. Dat komt neer op een totaal van 40 miljard euro aan investeringen voor de periode 2020 tot 2040, wat grofweg overeenkomt met ongeveer 3.000 kilometer extra rijstrookkilometers. Dit geld wordt uitsluitend ingezet voor verbreding van bestaande verbindingen op het hoofdwegennet, dus niet voor nieuwe verbindingen in dat net of voor verbeteringen in het onderliggende wegennet.

Er wordt aangenomen dat de investeringen vooral plaatsvinden op de plaatsen waar congestieproblemen zijn en dat drie kwart van de investeringen wordt verdeeld op basis van de capaciteitsbenutting. De weginvesteringen voor deze driekwart van het pakket zijn uitgewerkt door die wegvakken een uitbreiding te geven die in de berekeningen zonder het additionele pakket van 40 miljard de hoogste benutting van de capaciteit hebben (indicator voor congestieproblemen). Het laatste kwart van de investeringen wordt verdeeld op basis van de bevolkingsspreiding over de regio's, en binnen de regio's op basis van de capaciteitsbenutting. Figuur B5 geeft aan hoe deze investeringen ruimtelijk neerslaan.

Spoor

Voor de periode tot 2025 is voor de basisvarianten uitgegaan van de zogenoemde 6-maatwerkvariant uit het Programma Hoogfrequent Spoor (NS et al. 2008). In deze variant wordt uitgegaan van 4,5 miljard investeringen tot 2020, met als doel 6 intercity's per uur te laten rijden (het

aantal sprinters kan variëren). In de periode tot 2030 is aangenomen dat het serviceniveau verder verbetert en verondersteld is dat in 2030 de 6-maatwerkvariant is uitgebreid tot de 6-6-variant.

Overig openbaar vervoer

Het aanbod aan overig openbaar vervoer (bus, tram en metro) tot 2025 is gelijk aan de huidige niveaus zoals die in het Landelijk Model Systeem zijn opgenomen. Dit aanbod wordt uitgedrukt in het zogenoemde *level-of-service*. Naar de verre toekomst toe wordt een generieke verbetering van het serviceniveau verondersteld door een verkorting van wacht- en reistijden (met 5 procent in 2030 en 10 procent in 2040, ten opzichte van 2020).

Noten

- 1 De reguliere COROP-indeling was te grof, zeker in bepaalde gebieden. De gehele provincie Utrecht is bijvoorbeeld één COROP-gebied. Er is daarom uitgeweken naar de zogenoemde COROP+-indeling, met als belangrijkste verschillen een opsplitsing van de provincies Utrecht en Flevoland in meerdere deelgebieden. Vervolgens bleek bij toetsing bij de regio's behoefte aan een verdere uitsplitsing, met name rond de Veluwe, en bleek er geen behoefte aan enkele kleinere regio's uit de COROP+-indeling. Dit alles heeft geresulteerd in een aangepaste COROP-indeling met 47 regio's.
- 2 Onze trendprognose is gebaseerd op de CBS bevolkingsprognose van 2008 en huishoudenprognose 2009. De recent verschenen nieuwste CBS bevolkingsprognose is weer wat hoger.

Bijlage 2: Verband tussen hoofdklassen bedrijfslocatiemonitor en Vesta utiliteitsklassen

Klasse TIGRIS XL	Omschrijving	SBI-code	Vesta-sector
Logistiek	Vervoer over water en land en luchtvaart	60-62	Kantoren
	Dienstverlening t.b.v. het vervoer	63	Kantoren
	Groothandel	501 excl. 50104, 503 excl. 50303, 50401, 51	Groothandel; Autohandel en reparatie
Consumentendiensten en overige dienstverlening	Detailhandel en reparatie	50104, 502, 50303, 50402, 505, 52	Autohandel en reparatie; Winkel
	Verhuur van en handel in onroerend goed	70	Kantoren
	Horeca	55	Horeca
	Overige dienstverlening	8041-8042, 90-93, 95	Overige dienstverlening
Financiële en zakelijke dienstverlening	Post en telecommunicatie	64	Kantoren
	Bank- en verzekeringswezen	65-67 excl. 65234	Kantoren
	Zakelijke dienstverlening excl. Uitzendkrachten	65234, 71-73, 741-744, 746-748	Kantoren
Overheid en quartaire dienstverlening	Gezondheids- en welzijnszorg	85	Verpleging en verzorging; Ziekenhuis
	Overheid, onderwijs	75, 80 excl. 8041-8042	Kantoren; Onderwijs

Bron: PBL

Bijlage 3: Functionele vraag ruimteverwarming per woningtype en bouwjaar (GJ/jaar) en aansluitcapaciteit (KW)

Geomarkt-profieltypen	Voor 1800 1800<=1900 1900<=1920 1920<=1940	1940<=1960	1960<=1970	1970<=1980	1980<=1990	1990<=1995 1995<=2000	2000<=2010	Aansluitcapaciteit warmte (alle bouwjaren) KW
Herenhuis grachtenpand	66	66	57	32	32	24	16	10
Boerderij/tuinderij	94	94	79	48	48	32	22	12.5
Vrijstaand/bungalow	95	95	79	48	48	32	22	12.5
Twee-onder-een-kap	66	66	57	32	32	24	16	10
Rijtjeshuis/eengezins	69	44	40	24	24	14	10	7.5
Flats met 4 of minder verdiepingen	32	23	20	12	12	10	7	7
Flats met meer dan 4 verdiepingen	18	18	26	14	14	9	6	7
Zelfstandige bejaardenwoning	22	22	26	15	15	9	6	7
Etagewoning/maisonnette	46	46	25	16	16	10	7	7
Etage/flat grachtenpand	32	23	20	12	12	10	7	7
Studentenwoning/flat	32	23	20	12	12	10	7	7
Divers	69	44	40	24	24	14	10	7.5
Onbekend	69	44	40	24	24	14	10	7.5

Bron: AgentschapNL (2011); PBL

Bijlage 4: Functionele vraag naar warm tapwater van woningen (GJ/jaar)

Type woning	Alle bouwjaren
Flats alle hoogtes, etage/flats grachtenpand, zelfstandige bejaardenwoning, etagewoning/maisonnette	4,2
Overig	6,3

Bron: CE Delft (2011)

Bijlage 5: Functionele vraag naar elektriciteit van woningen (GJ/jaar)

Type woning	Alle bouwjaren
Flats alle hoogtes, etage/flats grachtenpand, zelfstandige bejaardenwoning	11
Overig	13

Bron: Nibud (2011); PBL

Bijlage 6: Efficiency ruimteverwarming woningen met aardgas

Geomarkt- profieltypen	Voor 1800 1800<=1900 1900<=1920 1920<=1940	1940<=1960	1960<=1970	1970<=1980	1980<=1990	1990<=1995 1995<=2000	2000<=2010	
Herenhuis grachtenpand	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1,0	1,0	1,05
Boerderij/tuinderij	0,99	0,99	0,97	1,0	1,0	1,01	1,01	1,05
Vrijstaand/bungalows	0,99	0,99	0,97	1,0	1,0	1,01	1,01	1,05
Twee-onder-een-kap	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1,0	1,0	1,05
Rijtjeshuis/eengezins	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	1,0	1,05
Flat met 4 of minder verdiepingen	0,9	0,82	0,93	0,94	0,94	0,98	0,98	1,05
Flats met meer dan 4 verdiepingen	0,94	0,94	0,9	0,95	0,95	0,97	0,97	1,05
Zelfstandige bejaardenwoning	0,83	0,83	0,92	0,92	0,92	0,98	0,98	1,05
Etagewoning/ maisonnette	0,94	0,94	0,96	0,97	0,97	1,03	1,03	1,05
Etage/flat grachtenpand	0,9	0,82	0,93	0,94	0,94	0,98	0,98	1,05
Studentenwoning/flat	0,9	0,82	0,93	0,94	0,94	0,98	0,98	1,05
Divers	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	1,0	1,05
Onbekend	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	1,0	1,05

Bron: AgentschapNL (2011); PBL

Bijlage 7: Kosten voor aanpassen gebouwschil naar label B per woning type en bouwjaar (in euro's, exclusief btw)*

Geomarkt- profieltypen	Voor 1800 1800<=1900 1900<=1920 1920<=1940	1940<=1960	1960<=1970	1970<=1980	1980<=1990	1990<=1995 1995<=2000	2000<=2010
Herenhuis grachtenpand	14.990 (13.400)	14.990 (13.400)	15.760 (13.990)	15.880 (14.230)	15.880 (14.230)	4.620 (3.680)	0
Boerderij/tuinderij	17.500 (15.510)	17.500 (15.510)	19.150 (16.870)	18.720 (16.490)	18.720 (16.490)	3.230 (2.580)	0
Vrijstaand/bungalow	17.500 (15.510)	17.500 (15.510)	19.150 (16.870)	18.720 (16.490)	18.720 (16.490)	3.230 (2.580)	0
Twee-onder-een-kap	14.990 (13.400)	14.990 (13.400)	15.760 (13.990)	15.880 (14.230)	15.880 (14.230)	4.620 (3.680)	0
Rijtjeshuis/eengezins	15.880 (11.930)	9.630 (8.400)	10.970 (9.550)	9.970 (8.760)	9.770 (8.760)	1.250 (1.000)	0
Flat met 4 of minder verdiepingen	5.490 (5.010)	8.400 (7.780)	9.060 (7.080)	7.610 (2.470)	7.610 (2.470)	2.810 (2.470)	0
Flat met meer dan 4 verdiepingen	7.690 (7.110)	7.690 (7.110)	7.420 (6.780)	8.430 (7.910)	8.430 (7.910)	870 (770)	0
Zelfstandige bejaardenwoning	6.870 (6.320)	6.870 (6.320)	5.920 (5.370)	8.430 (7.890)	8.430 (7.890)	50 (50)	0
Etagewoning/ maisonnette	7.850 (7.090)	7.850 (7.090)	7.500 (6.740)	6.820 (6.180)	6.820 (6.180)	510 (450)	0
Etage/flat grachtenpand	5.490 (5.010)	8.400 (7.780)	9.060 (7.080)	7.610 (2.470)	7.610 (2.470)	2.810 (2.470)	0
Studentenwoning/flat	5.490 (5.010)	8.400 (7.780)	9.060 (7.080)	7.610 (2.470)	7.610 (2.470)	2.810 (2.470)	0
Divers	15.880 (11930)	9.630 (8400)	10.970 (9550)	9.970 (8760)	9.770 (8760)	1.250 (1000)	0
Onbekend	15.880 (11.930)	9.630 (8.400)	10.970 (9.550)	9.970 (8.760)	9.770 (8.760)	1.250 (1.000)	0

Bron: AgentschapNL (2011)

* Voor particulieren en tussen haakjes voor een projectmatige aanpak; prijspeil 2010.

Bijlage 8: Functionele vraag utiliteit en glastuinbouw naar warmte en koude en aansluitcapaciteit voor warmte voor alle bouwjaren

	Warm tapwater	Warmte gebouw	Koudevraag gebouw	Elektriciteit apparaten	Aansluitcapaciteit warmte
	GJ/jr/m ² BVO	GJ/jr/m ² BVO	GJ/jr/m ² BVO	GJ/jr/m ² BVO	(KW per m ²)
Utiliteit					
Kantoren	0,0039	0,50	0,047	0,25	0,11
Winkels	0,0039	0,48	0,027	0,41	0,14
Verpleging en verzorging	0,026	0,72	0,0027	0,13	0,13
Ziekenhuizen	0,098	0,67	0,080	0,13	0,13
Onderwijs	0,0048	0,40	0,0022	0,087	0,19
Autohandel en reparatie	0,0039	0,25	0,0067	0,052	0,11
Groothandel	0,0039	0,15	0,0033	0,10	0,11
Horeca	0,042	0,57	0,11	0,031	0,14
Overige dienstverlening	0,0039	0,5	0,047	0,25	0,11
Glastuinbouw					
Glastuinbouw, bloemen, belicht	0	0	0	1,33	0
Glastuinbouw, groente, belicht	0	0	0	1,33	0
Glastuinbouw, overig, belicht	0	0	0	1,33	0
Glastuinbouw, bloemen, verwarmd	0	0,942	0	0	0,165
Glastuinbouw, groente, verwarmd	0	1,092	0	0	0,165
Glastuinbouw, overig, verwarmd	0	1,017	0	0	0,165
Glastuinbouw, bloemen, onbelicht	0	0	0	0	0
Glastuinbouw, groente, onbelicht	0	0	0	0	0
Glastuinbouw, overig, onbelicht	0	0	0	0	0
Glastuinbouw, bloemen, onverwarmd	0	0	0	0	0
Glastuinbouw, groente, onverwarmd	0	0	0	0	0
Glastuinbouw, overig, onverwarmd	0	0	0	0	0

Bron: CE Delft (2011); Meijer Energie en Milieumanagement BV (2008)

Bijlage 9: Investeringskosten en kostprijs van restwarmte voor verschillende installaties

Omschrijving	Investering	Ondergrens	Ondergrens	Vaste kosten	Variabele kosten energieprijzen laag	Variabele kosten energieprijzen hoog
	Euro/kW	MWth	Euro	% van investering	Euro/GJ	Euro/GJ
STEG (250 MWe/225 MWth)	167	10,0	1.670.000	5%	4,57	10,03
Kolen (250 MWe)	167	20,0	3.340.000	5%	2,44	4,38
WKK (500 kWe/650 kWth)	1.692	0,5	812.160	1%	1,01	11,80
STEG (60 MWe/50 MWth)	180	6,0	1.080.000	5%	4,57	10,03
Gascentrale	180	6,0	1.080.000	5%	4,57	10,03
Industriële restwarmte	250	6,0	1.500.000	5%	0,00	0
Industriële restwarmte (raffinaderij)	250	6,0	1.500.000	5%	0,00	0
Kolenvergasser-STEG	167	6,0	1.002.000	5%	2,44	4,38
AVI	167	3,0	501.000	5%	2,90	4,65
Biomassacentrale	167	3,0	501.000	5%	5,10	5,10
Kerncentrale	onbekend	onbekend				
WKK (500 kWe/650 kWth)	1.692	0,5	812.160	1%	1,01	11,80
Geothermie (6 MWth)	1.830	3,0	5.490.000	1%	0	0

Bron: CE Delft (2011)

Bijlage 10: Opbouw elektriciteitsprijzen lage en hoge schatting

Electriciteitsprijzen (Euro per kWh)	Commodity exclusief CO ₂	Commodity inclusief CO ₂	SDE-heffing	Energie- belasting	Btw	Totaal
Laag						
Kleinverbruik (<10.000 kWh/jr)	0,091	0,099	0,000	0,111	0,040	0,250
Kleine, midden middelgrote verbruikers en glastuinbouw	0,058	0,066	0,000	0,041	0,000	0,106
Grote middelgrote verbruikers	0,058	0,066	0,000	0,011	0,000	0,076
Hoog						
Kleinverbruik (<10.000 kWh/jr)	0,101	0,096	0,028	0,111	0,045	0,308 ^a
Kleine, midden middelgrote verbruikers en glastuinbouw	0,093	0,116	0,010	0,041	0,000	0,166
Grote middelgrote verbruikers	0,093	0,116	0,010	0,011	0,000	0,136

Bron: Wetzels & Tigchelaar (2011)

Vesta lage energieprijzen = energieprijzen 2010; hoge energieprijzen = energieprijzen 2030/2040.

^a In Vesta is een elektriciteitsprijs van 0,28 cent gehanteerd; dit leidt tot een lagere schatting van de kosten voor WKO en de elektrische warmtepomp en tot een hogere schatting van de kosten voor warmtekrachtkoppeling.

Bijlage 11: Opbouw gasprijzen lage en hoge schatting

Gasrijzen (Euro per m ³)	Commodity exclusief CO ₂	Commodity inclusief CO ₂	SDE-heffing	Energie- belasting	Btw	Totaal
Laag						
Kleinverbruik (<5.000 m ³ /jr)	0,375	0,375	0,000	0,163	0,102	0,640
Kleine middelgrote verbruikers	0,184	0,184	0,000	0,141	0,000	0,325
Midden middelgrote verbruikers	0,184	0,184	0,000	0,039	0,000	0,223
Grote middelgrote verbruikers	0,184	0,184	0,000	0,012	0,000	0,196
Glastuinders	0,184	0,184	0,000	0,024	0,000	0,207
Hoog						
Kleinverbruik (<5.000 m ³ /jr)	0,456	0,456	0,053	0,163	0,128	0,800
Kleine middelgrote verbruikers	0,351	0,351	0,043	0,141	0,000	0,535
Midden middelgrote verbruikers	0,351	0,351	0,043	0,039	0,000	0,433
Grote middelgrote verbruikers	0,351	0,351	0,043	0,012	0,000	0,406
Glastuinders	0,351	0,351	0,043	0,024	0,000	0,418

Bron: Wetzels (2011)

Vesta lage energieprijzen = energieprijzen 2010; hoge energieprijzen = energieprijzen 2030/2040.

Literatuur

- AgentschapNL (2011), *Voorbeeldwoningen 2011. Bestaande bouw*, Publicatienummer 2 KP WB 1034. AgentschapNL Sittard. <http://www.agentschapnl.nl/content/brochure-voorbeeldwoningen-2011-bestaande-bouw>.
- AgentschapNL (2011b), www.warmteatlas.nl.
- Arkel, W.G., H. Jeeninga, M. Menkveld & G.J. Ruig (1999), *Energiegebruik van gebouwgebonden energiefuncties in woningen en utiliteitsgebouwen*, Petten: ECN.
- Bergsma, G.C., S.A.H. Moorman, J. Verlinden & F.G.P. Corten (1997), *Het potentieel van PV op daken en gevels in Nederland*, rapport versie 2.2, Delft: CE Delft.
- CBS (2008), *Mileurekeningen 2008*, Den Haag/Heerlen: CBS.
- CBS (2010a), *Statline. Bevolking; kerncijfers*, Statline.cbs.nl.
- CBS (2010b), *Statline. Woningbouw: Voorraad, wijzigingen en nieuwbouw naar voortgang, per regio*, Statline.cbs.nl
- CBS (2010c), *Landbouwtelling 2009, arealen in m² verwarmd/koud en belichting naar 3 klassen tuinbouw onder glas, per gemeente, maatbestand van het CBS*.
- CPB, MNP & RPB (2006), *Welvaart en Leefomgeving. Achtergronddocument*, www.welvaartenleefomgeving.nl.
- CE Delft (2011), *Gegevens levering voor Vesta ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving. Levering 2011*, CE Delft.
- DWD (2010), *Ausgabe der Klimadaten - Mittelwerte bezogen auf Standort 1990*, http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwww.Desktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2FKldaten__kostenfrei%2Fausgabe__mittelwerte__node.html%3F__nnn%3Dtrue.
- ECN (2009), *Energie in cijfers. Gemiddeld energiegebruik per huishouden*, referentie: Energie in Nederland 2007, <http://www.energie.nl/stat/data/fig24.html>.
- ECN & PBL (2010), *Referentieraming energie en emissie 2010-2020*, ECN en PBL.
- Ham, E.R. van den (2000), *Monitoring passieve zonne-energie, tussentijdse monitoring 1998*.
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. Dorland, J. Oldengarm & H.A. Gijsbertse (2010), *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LNG6). Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik*, Wageningen: Alterra.
- Jong, A. de, M. Alders, P. Feijten, P. Visser, I. Deerenberg, M. van Huis & D. Leering (2005), *Achtergronden en veronderstellingen bij het model PEARL; naar een nieuwe regionale bevolkings- en alloctonenprognose*, Den Haag: RPB/CBS
- KMI (2010), <http://www.kmi.be/meteo/view/nl/139844-Klimatogrammen.html>, geraadpleegd op 23 november 2010.
- KNMI (1998), *Wereld Klimaat Informatie WKI versie 2.00*, laatste update 20 november 1998.
- KNMI (2002), CDrom bij *Klimaatatlas van Nederland*, Rijswijk: Uitgeverij Elmar.
- KNMI (2006), *Klimaat in de 21^e eeuw. 'Vier scenario's voor Nederland'*, De Bilt: KNMI, http://www.knmi.nl/klimaatscenario's/knmi_nl_lr.pdf.
- KNMI (2009), *KNMI'06: Uitgebreide gegevens: Temperatuur. 12-01-2009*, De Bilt: KNMI, http://www.knmi.nl/klimaatscenario's/knmio6/gegevens/temperatuur/index.html#Inhoud_1, geraadpleegd op 3 december 2010.
- Kuiper, R. & A.A. Bouwman (2009), *Trendkaart Nederland 2040. Achtergrondrapport bij het project Nederland Later*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Leguijt, C. & B.L. Schepers, *Functioneel ontwerp Vesta*, Publicatienummer: 10.3299.54. CE Delft.
- LISA (2010), <http://www.lisa.nl>.
- Meijer Energie & Milieumanagement BV (2008), In online databank AgentschapNL: <http://senternovem.databank.nl/>
- NIBUD (2011), <http://www.nibud.nl/uitgaven/wat-kost/energie.html>.
- Nirov (2009), *De Nieuwe Kaart van Nederland, maart 2009. Totaaloverzicht van nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen*, Nirov, Den Haag.
- NS, ProRail, BRG (2008), *Programma Hoogfrequent Spoor: Verkenning benodigd investeringsvolume*, 4 september 2008.
- PBL (2009), *Uncertainty in the Netherlands' greenhouse gas emissions inventory. Estimation of the level and trend uncertainty using the IPCC Tier 1 approach*, The Hague: Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL).
- PBL (2010), *Compendium voor de Leefomgeving*, <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0004-Meteorologische-gegevens-in--Nederland.html?i=9-54>.
- PBL (2010b), *Balans van de leefomgeving 2010*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- PBL (2011), *Nederland in 2040: een land van regio's. Ruimtelijke Verkenning 2011*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

- RIGO (2008), *Basisdata Belevingswaardenmonitor en Verdichting/Intensivering, Dichtheid op 6-positie postcode 1996 t/m 2008*, Amsterdam: RIGO Research en Advies BV.
- Rooijers, F.J., G.C. Bergsma, L.B.M.M. Boels & J. Verlinden (1993), *Grootschalige warmtelevering in de bestaande bouw*, Delft: CE.
- Rooijers, F.J., G.C. Bergsma & J. Verlinden (1994), *Grootschalige warmtelevering in de nieuwbouw en de glastuinbouw*, Delft: CE.
- Ruimtescanner (2011), https://pbl.sliksvn.com/Ruimtescanner/ProjDir/tags/BASIS2011_obvBasis10_Delta_naarVestaDef/claims/agr_06-10_TR_provincie.csv. https://pbl.sliksvn.com/Ruimtescanner/ProjDir/tags/BASIS2011_obvBasis10_Delta_naarVestaDef/claims/agr_11-20_TR_provincie.csv. https://pbl.sliksvn.com/Ruimtescanner/ProjDir/tags/BASIS2011_obvBasis10_Delta_naarVestaDef/claims/agr_21-40_helft_TR_provincie.csv.
- Seebregts, A.J., H.J.M. Snoep, J. van Deurzen, S.M. Lensink, A.J. van der Welle & W. Wetzels (2009), *Brandstofmix elektriciteit 2020. Inventarisatie, mogelijke problemen en oplossingsrichtingen*, ECN, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2009/eo9046.pdf>.
- SenterNovem (2006), *Protocol Monitoring Duurzame Energie*. Update 2006.
- Spakman, J., M.M.J. van Loon, R.J.K. van der Auweraert & D.J. Gielen (ECN), J.G.J. Olivier, E.A. Zonneveld (1997), *Methode voor de berekening van broeikasgasemissies*, Publicatiereeks Emissieregistratie nr. 37, juli 1997.
- TNO (2011), *Recoverable heat (economisch winbare warmte) kanskaarten voor kassen (greenhouse) en huisverwarming (spatial heating)*. Levering TNO juni 2011.
- Traa, M. & S. Declerck (2007), *De bedrijfslocatiemonitor. Een modelbeschrijving*. Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/Ruimtelijk Planbureau.
- Velden, N.J.A. & P.X. Smit (2009), *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2009*, LEI, <http://www.lei.dlo.nl/publicaties/PDF/2010/2010-091.pdf>.
- Visser, H. (2005), *The significance of climate change in the Netherlands. An analysis of historical and future trends (1901-2020)*, Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Wegener Direct Marketing (2007), *Geomarktprofiel bestand voor Nederland in 2006*. Wegener Direct Marketing.
- Wegener Direct Marketing (2010), http://www.wdm.nl/Oplossingen/Product/Geomarktprofiel_Segmentatiesysteem. Bekeken 21 december 2010.
- Wetzels, W. & C. Tigchelaar (2011), *Levering energieprijzen door ECN in juni 2011 die zijn opgesteld in het kader van het rapport Raming van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen 2011-2015*, Martijn Verdonk en Bert Daniëls, ECN/PBL.
- Wijngaart, R.A. van den, R.J.M. Folkert & H. Elzenga (2012), *Naar een duurzamere warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in 2050*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

Bezoekadres
Oranjevuitensingel 6
2511 VE Den Haag
T +31 (0)70 3288700

www.pbl.nl

April 2012