

Hoofdstuk 7

Ruimte voor Energie

Waarom is deze thematiek relevant?

Ruimte en energie zijn sterk met elkaar verbonden. De manier waarop we ruimte organiseren en inrichten is bepalend voor zowel het energieverbruik als de mogelijkheid tot warmte uitwisseling en energieproductie.

Vandaag zorgt ons ruimtelijk patroon voor slechte energieprestaties. Dit is vooral zichtbaar in de hoge warmtevraag. Datzelfde ruimtemodel zorgt ervoor dat de beschikbare ruimte voor opwekking, opslag en transport van hernieuwbare energie beperkt is. De vraag dringt zich dus op hoe we onze ruimte kunnen organiseren om de klimaatdoelstellingen te halen.

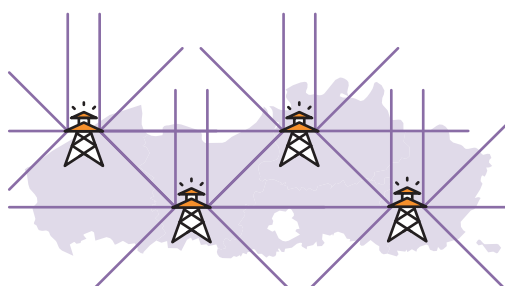
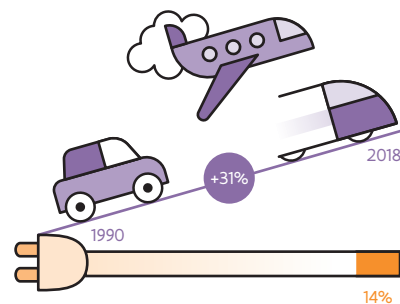
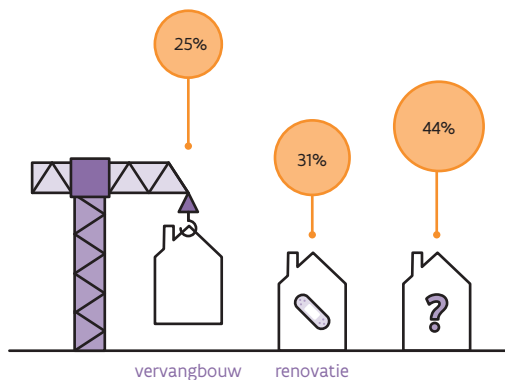
Welke evoluties verwachten we?

Net als de rest van de wereld zet Vlaanderen stappen naar een klimaatneutrale en koolstofarme samenleving. Dit gaat gepaard met een omschakeling van centrale energiesystemen naar decentrale energiesystemen. De infrastructuur voor de opwekking, opslag en transport van hernieuwbare energie zal daardoor meer en meer plaats moeten krijgen in onze omgeving. Tegelijkertijd is het een opgave om de bestaande infrastructuur die vaak in de jaren '70 werd aangelegd te onderhouden, te renoveren en aan te passen.



Vlaanderen heeft een **zeer hoge warmte-vraag**. Dit hangt nauw samen met hoe we wonen. Zo zijn onze huizen vaak slechter geïsoleerd en groter dan in onze buurlanden. Ook de ruimtelijke versnippering van de gebouwen met een relatief groot aandeel open bebouwing speelt hierin een rol.

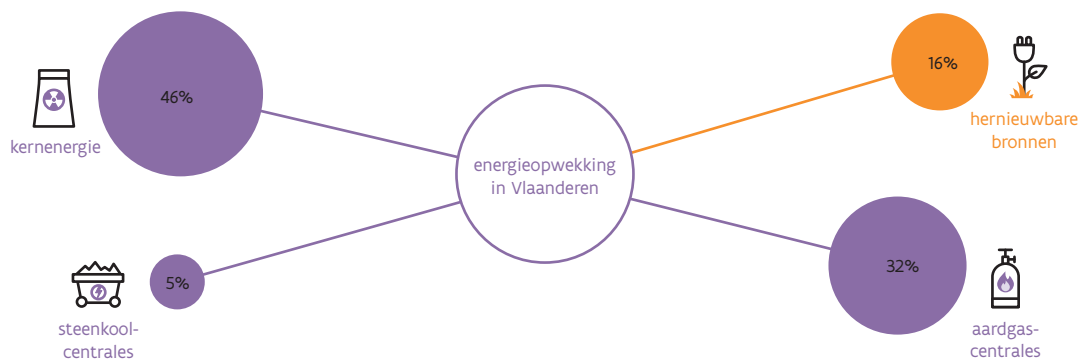
Ondanks de kleinere oppervlakte staan er bijna evenveel wind-turbines in randstedelijk als in landelijk gebied.



Vlaanderen heeft een centrale ligging binnen Europa. Dit biedt mogelijkheden voor energie-uitwisseling op voorwaarde dat de nodige infrastructuur voorzien wordt.



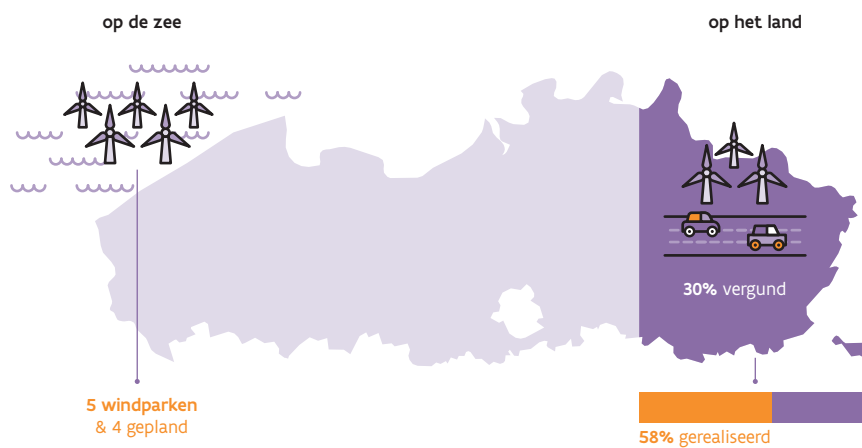
Het Vlaamse ruimte-model zorgt voor langere verplaatsingen met de auto waardoor het energieverbruik door transport in Vlaanderen hoog is.



Van de energie die we vandaag in Vlaanderen opwekken is nog maar **een klein percentage afkomstig van hernieuwbare bronnen**. Dit zal sterk moeten groeien om de Europese klimaatdoelstellingen te halen.



Het opwekken van hernieuwbare energie heeft een **zeer grote ruimtevraag in vergelijking met de klassieke energiecentrales**. Dit zorgt voor een grotere zichtbaarheid in het landschap.



De meeste windturbines op land komen voor in landbouwgebieden, voornamelijk langs snelwegen en in industriegebieden vooral bij zeehavens. De verhouding gerealiseerde en vergunde windturbines in Vlaanderen is laag.



Door de hoge bebouwingsgraad heeft Vlaanderen **veel dakoppervlakte die kan ingezet worden voor energieopwekking met zonnepanelen waardoor er geen ruimteverlies is**. Blijven we op kop in Europa?

Wat betekent dit voor onze ruimte en ons ruimtelijk beleid?

Vandaag volstaat onze beschikbare ruimte niet om met hernieuwbare energie aan onze behoefte te kunnen voldoen. Een vermindering van de vraag zal daarom een eerste cruciale stap zijn om de klimaatdoelstellingen te halen. Hierin kan ruimtelijk beleid een interessante rol spelen. Onze hoge warmtevraag, in vergelijking met de buurlanden, is immers het rechtstreeks gevolg van hoe we wonen. Zo zijn onze huizen vaak slechter geïsoleerd en groter. Maar ook de ruimtelijke versnippering van de gebouwen met een groot aandeel open bebouwing speelt hierin een rol.

Daarnaast zal het ruimtelijk beleid een rol moeten spelen in het efficiënt inzetten van de beperkte ruimte. Anders lopen we het risico van een verdere versnippering van ons landschap. We moeten daarom nadenken over hoe we energiesystemen kunnen verweven met andere functies in ons bebouwde landschap. Fotovoltaïsche zonnepanelen op daken van bedrijven zijn hiervan een goed voorbeeld. Maar helemaal ideaal wordt het wanneer dit bedrijventerrein ook energie kan leveren aan een nabijgelegen woonkern.

In Vlaanderen kunnen zon en wind voor de grootste hernieuwbare energieopbrengsten zorgen. Maar beiden zijn niet altijd beschikbaar op het tijdstip en de plaats van de vraag. In de omschakeling naar hernieuwbare energie zal inzetten op één bron dus niet volstaan. We moeten evolueren naar decentrale energienetwerken met verschillende bronnen in combinatie met opslag en transport.

De energietransitie kan een hefboom zijn voor een ander ruimtelijk beleid waarbij we duurzamer en collectiever ruimtegebruik realiseren. Dit zal niet eenvoudig zijn, want tot vandaag is een groot deel van de bevolking zich niet bewust van het verband tussen ons ruimtemodel en ons energieverbruik. Een grotere bewustwording daarvan zal dus ook belangrijk zijn. Daarnaast zien we ook veel hernieuwbare energieprojecten stranden op protest van de omgeving. Het inpassen van hernieuwbare energie in ons landschap zal dus ook hand in hand moeten gaan met het beschermen van (delen van) dit landschap in een doordacht ruimtelijk energiebeleid.

Hoofdstuk 7

Ruimte voor Energie

ANNELOES VAN NOORDT, HELENA BIESEMAN

LECTOREN:

Ronnie Belmans (EnergyVille)

Bart Bode (ODE)

Wim Buelens (VEA)

Erik Grietens (Bond Beter Leefmilieu)

Kristien Lefebber (provincie Limburg)

Han Vandevyvere (VITO, EnergyVille)

Ruimte en energie zijn sterk met elkaar verbonden. De manier waarop we de ruimte organiseren en inrichten is bepalend voor zowel het energieverbruik als de mogelijkheid tot warmte-uitwisseling en energieproductie. Door de bevolkingsdichtheid, het hoge aandeel ruimtebeslag, de ruimtelijke versnippering, het belang van logistiek en de afhankelijkheid van de auto in Vlaanderen is het moeilijk om het energieverbruik te verminderen en efficiënter te maken (Posad, 3E, Universiteit Gent, & Resource-design, 2016; Wauters, Dhondt, Fremault, & Corens, 2017). Omgekeerd heeft het energiebeleid ook een belangrijke impact op de ruimtelijke inrichting. Dat geldt zeker voor de omschakeling van het huidige centrale energiesysteem naar een decentraal energiesysteem. Ruimtelijke ordening heeft met andere woorden een belangrijke rol bij de evolutie naar een klimaatneutrale en koolstofarme samenleving (Posad et al., 2016; van Noordt, 2016; Wauters et al., 2017). Gezien de beperkte beschikbare ruimte in Vlaanderen zullen we energiesystemen moeten verweven met andere functies en ze integreren in ons bebouwde landschap.

Het energievraagstuk wordt wereldwijd gezien als één van de grote toekomstige maatschappelijke uitdagingen (EC, 2012; UN, 2015). Ook de Vlaamse regering schuift in haar Visie 2050 (Vlaamse Regering, 2015) 'zorgen voor een energietransitie' als één van haar zeven transitieprioriteiten naar voren (Vlaamse Regering, 2017). Hierin wordt

de energietransitie beschouwd als het omvormen van ons energiesysteem naar een decentraal koolstofarm systeem, dat enerzijds voor zijn energievoorziening zoveel mogelijk steunt op hernieuwbare energiebronnen en andere koolstofarme technologieën als anderzijds op energie-efficiëntere innovaties.

Als België en Vlaanderen de EU-20-20-20-doelstellingen willen halen, zal het energieverbruik moeten dalen en de productie van hernieuwbare energie moeten toenemen. Het potentieel voor de uitbreiding van de productie van hernieuwbare energie ligt voornamelijk bij zonne- en windenergie. Windenergie kan zich verder ontwikkelen in gebieden waar nog ruimte is voor windturbines, en voor warmte komen de stedelijke kernen naar voren.

Het thema energie kan vanuit veel verschillende perspectieven worden bekeken. Binnen dit hoofdstuk richten we ons zoveel mogelijk op de ruimtelijke aspecten van dit thema. Het hoofdstuk is als volgt gestructureerd:

- België in een Europese context
- Vraag naar energie in Vlaanderen
- Productie van energie in Vlaanderen
- Infrastructuurnetwerken
- Uitdagingen en potenties

Daarbij wordt ook een verdere analyse gemaakt van het gebruik van hernieuwbare bronnen. Deze bronnen hebben namelijk een veel grotere ruimtelijke impact dan de meeste klassieke energiebronnen.

BELGIË IN EEN EUROPESE CONTEXT

België is geen eiland. Zeker voor het thema energie zijn er verschillende internationale elementen waarmee rekening moet worden gehouden. Zo zijn er internationale klimaat- en energiedoelstellingen en speelt interconnectiviteit tussen landen een steeds belangrijkere rol. In dit deel wordt eerst ingegaan op de Europese beleids-

context waarin het Belgische en Vlaamse energie- en klimaatbeleid tot stand moet komen. Vervolgens wordt er dieper ingegaan op de vraag en de productie van energie. Tot slot gaat het in dit deel over het toenemende belang van interconnectiviteit in Europa.

Steeds ambitieuzere klimaat- en energiedoelstellingen

De Europese lidstaten hebben verschillende overeenkomsten bereikt om de uitstoot van broeikasgassen tegen 2050 te verminderen. Ten eerste is er het Europese Klimaat- en Energiepakket, dat ambitieuze en bindende doelen stelt voor zijn klimaat- en energiedoelstellingen tegen 2020. Binnen deze zogenaamde 20-20-20-doelstellingen moet de uitstoot van broeikasgassen met 20% zijn gedaald ten opzichte van 1990, moet de energie-efficiëntie zijn gestegen met 20% en moet het aandeel hernieuwbare energie 20% zijn (EC, 2009). Ten tweede zijn er ook voor 2030 doelstellingen naar

voren geschoven. Zo moet de CO₂-uitstoot met 40% dalen en de energie-efficiëntie met 27% stijgen in vergelijking met de niveaus van 1990 en moet het aandeel hernieuwbare energie minimaal 27% zijn (EC, 2015). Tot slot zijn er ook nog lange termijn doelen gedefinieerd waarbij de CO₂-uitstoot in 2050 80-95% lager moet liggen in vergelijking met 1990. Deze doelstelling houdt in dat er verregaande transformaties in het Europese energiesysteem nodig zijn, met belangrijke ruimtelijke gevolgen (van Noordt, 2016).

Een stijgende energievraag en grote afhankelijkheid van import

De vraag naar energie kan worden opgesplitst in drie afzonderlijke behoeften. Ten eerste is er de behoefte aan verwarming en koeling. Ten tweede bestaat de energievraag uit de behoefte aan elektriciteit voor de werking van verlichting en elektrische apparaten. Deze behoefte vertoont grote verschillen per sector. Tot slot is er nog de behoefte aan brandstoffen.

Onevenwichtige energiebalans EU en België

De EU is erg afhankelijk van de import van energie. Deze afhankelijkheid is de laatste jaren alleen maar toegenomen (EUROSTAT, 2014). Van de totale beschikbare energie in de EU-28¹ is er 66% afkomstig uit import en 34% uit primaire energieproductie. Deze afhankelijkheid komt vooral door de uitputting van lokale grondstoffen en de lage rendabiliteit van de exploitatie ervan. Voor België helt de balans nog meer over: 83% wordt geïmporteerd

(EUROSTAT, 2017). Uiteindelijk wordt in de EU slechts 49% van de totale beschikbare energie voor finale consumptie gebruikt. Een kwart van de energie wordt weer geëxporteerd. De rest gaat verloren door transformatie² of door transmissie (EUROSTAT, 2017). In België wordt 37% van de beschikbare energie gebruikt voor finale energieconsumptie. 31% van de beschikbare energie wordt opnieuw geëxporteerd.

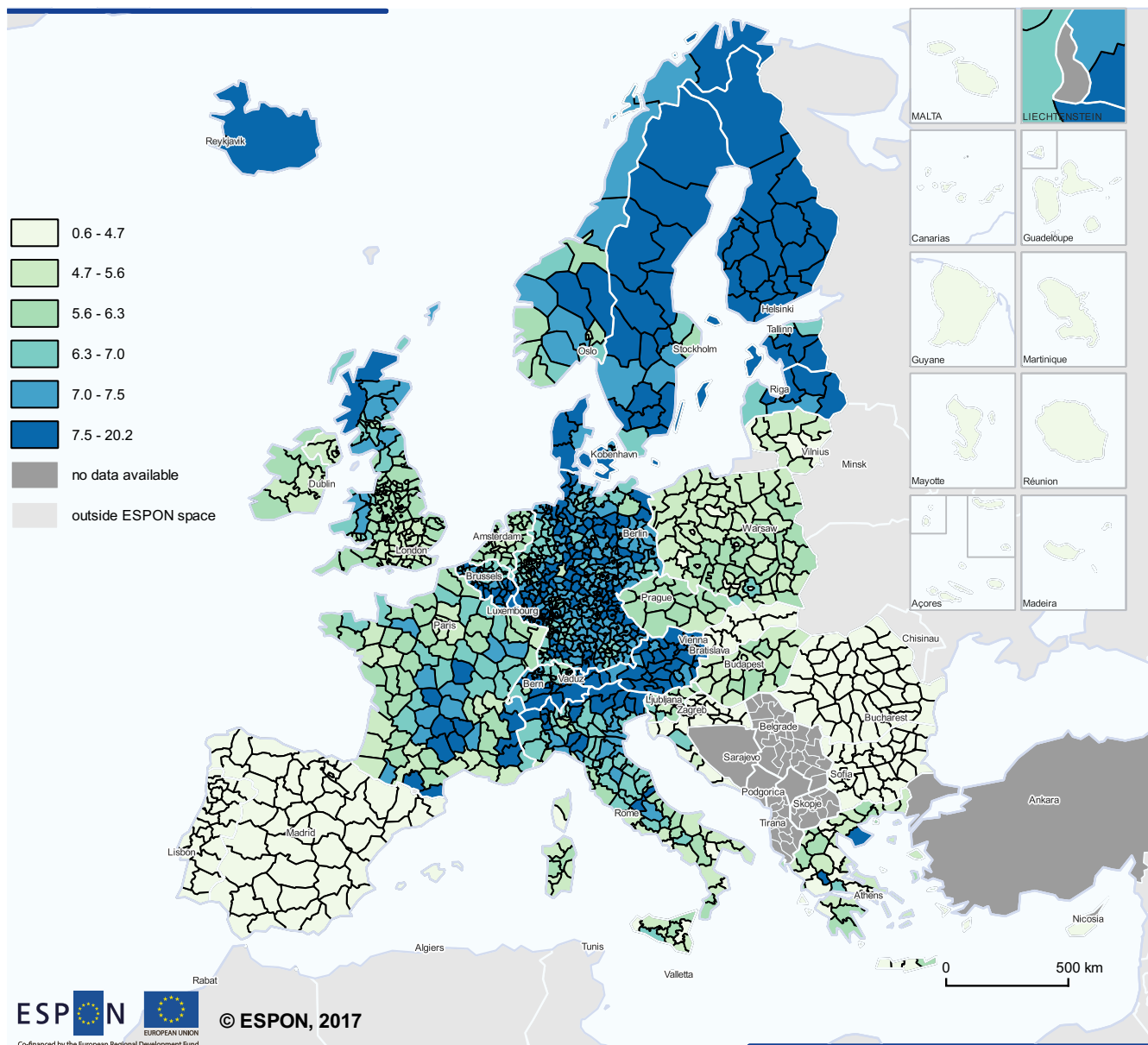
Verspreide vraag naar warmte

Figuur 7.1 toont de indicator voor de finale energievraag voor verwarming, huishoudelijk warm water en koeling van residentiële en niet-residentiële gebouwen op NUTS3-niveau³. De indicator houdt ook rekening met efficiëntere vormen van verwarming (zoals warmtewetten), waardoor de finale energievraag lager is. De grote verschillen in Europa zijn te wijten aan het klimaat (meer

[1] EU28 = De huidige 28 lidstaten van de EU: België, Bulgarije, Cyprus, Denemarken, Duitsland, Estland, Finland, Frankrijk, Griekenland, Hongarije, Ierland, Italië, Kroatië, Letland, Litouwen, Luxemburg, Malta, Nederland, Oostenrijk, Polen, Portugal, Roemenië, Slovenië, Slowakije, Spanje, Tsjechië, Verenigd Koninkrijk, Zweden

[2] Transformatiesector = Onder de transformatiesector horen bedrijven met als hoofdactiviteit het fysisch omvormen van één vorm van energie naar een andere vorm. De sector omvat de deelsectoren elektriciteit en warmte, raffinaderijen, cokesfabrieken, andere transformaties en de verliezen op het elektriciteitsnet (Luc Peeters et al. (2017), Energiebalans Vlaanderen 1990-2016).

[3] NUTS3 niveau: Europese nomenclatuur van territoriale eenheden voor de statistiek. NUTS 3 zijn de kleinste afgebakende regio's, in België gelijk aan de arrondissementen (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/background>)



FIGUUR 7.1: FINALE ENERGIEVRAAG VOOR VERWARMING, HUISHOUDELIJK WARM WATER EN VERKOELING VAN RESIDENTIËLE EN NIET-RESIDENTIËLE GEBOUWEN IN 2012 OP NUTS3 NIVEAU
MWh per inwoner. (Schremmer et al., 2017)

verwarmen in het koudere noorden en de bergen), de thermische energieprestatie van gebouwen in een land/regio en het niveau van comfort in een land/regio.

België en Vlaanderen hebben een relatief hoge energievraag voor warmte, zeker in vergelijking met andere West-Europese landen. De belangrijkste verklaring hiervoor is de zwakke energieprestatie van gebouwen op thermisch vlak (isolatie). Over het algemeen zijn de gebouwen hier slechter geïsoleerd dan de gebouwen in onze buurlanden met een gelijkaardig klimaat. Daarnaast zijn de gebouwen in België gemiddeld groter dan in onze buurlanden, waardoor de warmtevraag stijgt. Ook ruimtelijke versnippering van de gebouwen met een relatief groot aandeel open bebouwing in België speelt een rol in deze hogere waarde. Tussen 2002 en 2012 is er in heel België een duidelijke, hoewel kleine, daling van de energievraag door uitgevoerde renovaties (Schremmer et al., 2017).

Elektriciteitsverbruik verschillend per sector

In de residentiële sector zijn er in Europa grote verschillen in de vraag naar elektriciteit. Dit is onder meer te wijten

aan het aandeel van gas om te koken en aan het aantal elektrische apparaten per gezin. De Oost-Europese landen hebben een lage elektriciteitsvraag, terwijl vooral de noordelijke landen een hogere vraag hebben. België scoort middelmatig. In tegenstelling tot de meeste andere Europese landen is ook de residentiële elektriciteitsvraag, net zoals de warmtevraag, ten opzichte van 2002 gedaald. De stijging van de energievraag in de dienstensector in 2012 was in België één van de grootste stijgingen sinds 2002 (Schremmer et al., 2017).

België behoort voor de landbouwsector tot de meest energie-intensieve landen. Over het algemeen is deze vraag toegenomen sinds 2002.

Grote vraag naar brandstof voor wegtransport

Het grootste gedeelte van de energievraag in het transport komt van het wegtransport. De energieconsumptie/energievraag van het wegtransport behoort in België en in Noord-Europa tot de hoogste in Europa (Schremmer et al., 2017).

Productie binnen Europa steeds meer gericht op hernieuwbare energie

Hierboven werd al aangetoond dat Europa slechts een klein deel van zijn vraag naar energie zelf produceert, en voor België is deze verhouding zelfs nog meer scheefgetrokken. Vooral hernieuwbare energie wordt binnen de grenzen zelf opgewekt. Dit deel zal zich dan ook voornamelijk richten op de productie van hernieuwbare energie.

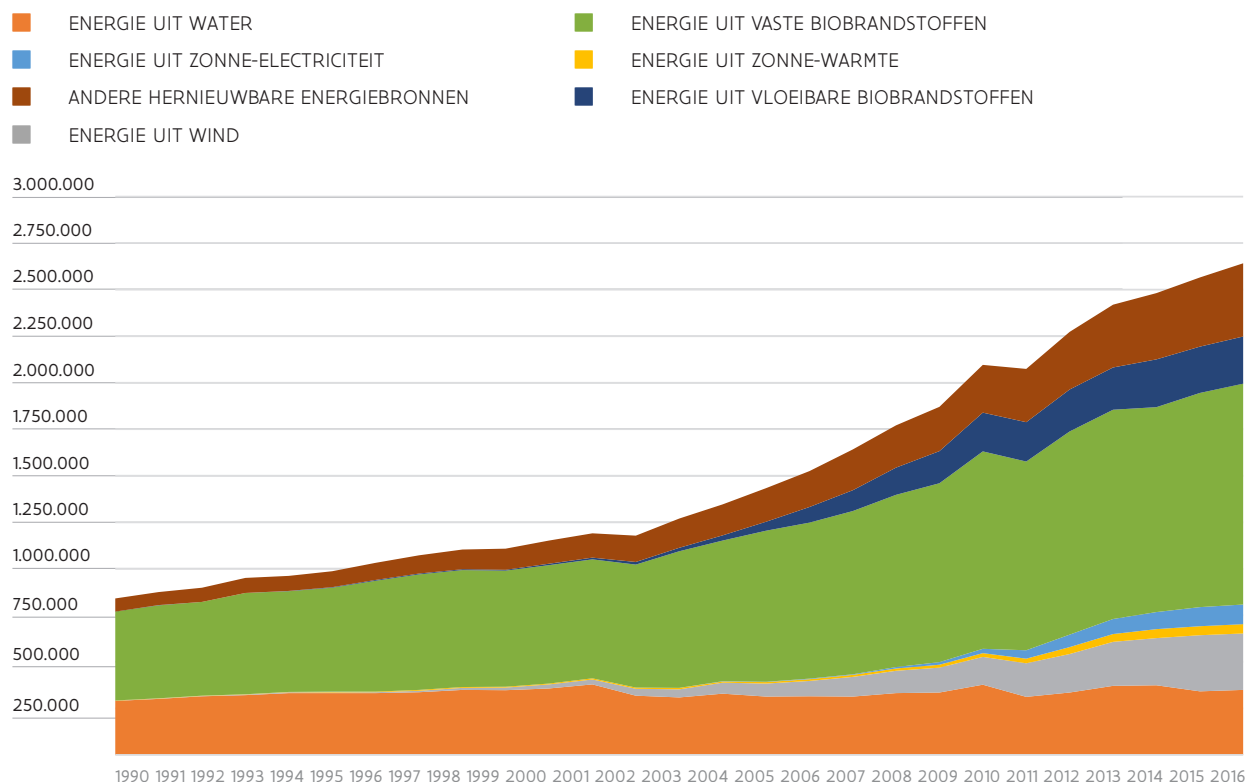
Toenemend aandeel hernieuwbare energie

In de EU komt 12% van de totale beschikbare energie van hernieuwbare bronnen. Als er alleen wordt gekeken naar de primaire EU productie dan is dit zelfs 27%. De energie beschikbaar uit hernieuwbare energie (zowel import als interne productie) vertoont de laatste jaren een opwaartse trend in de EU (EUROSTAT, 2014). Van 1990 tot 2016 steeg het aandeel hernieuwbare energie met 214%. Voornamelijk zonne-energie heeft zich sneller ontwikkeld dan bijvoorbeeld windenergie in de periode 2000-2010. Vaste biobrandstoffen hadden met 45% in 2016 veruit het grootste aandeel in de hernieuwbare energiebronnen, gevolgd door overige hernieuwbare bronnen (15%), water (13%), wind (11%), vloeibare biobrandstoffen (10%) en zon met 6% (EUROSTAT, 2017). Figuur 7.2 geeft een overzicht van de evolutie van hernieuwbare energiebronnen, zowel import als interne productie, in de EU van 1990 tot 2016. Voor België is er een groot verschil tussen het percen-

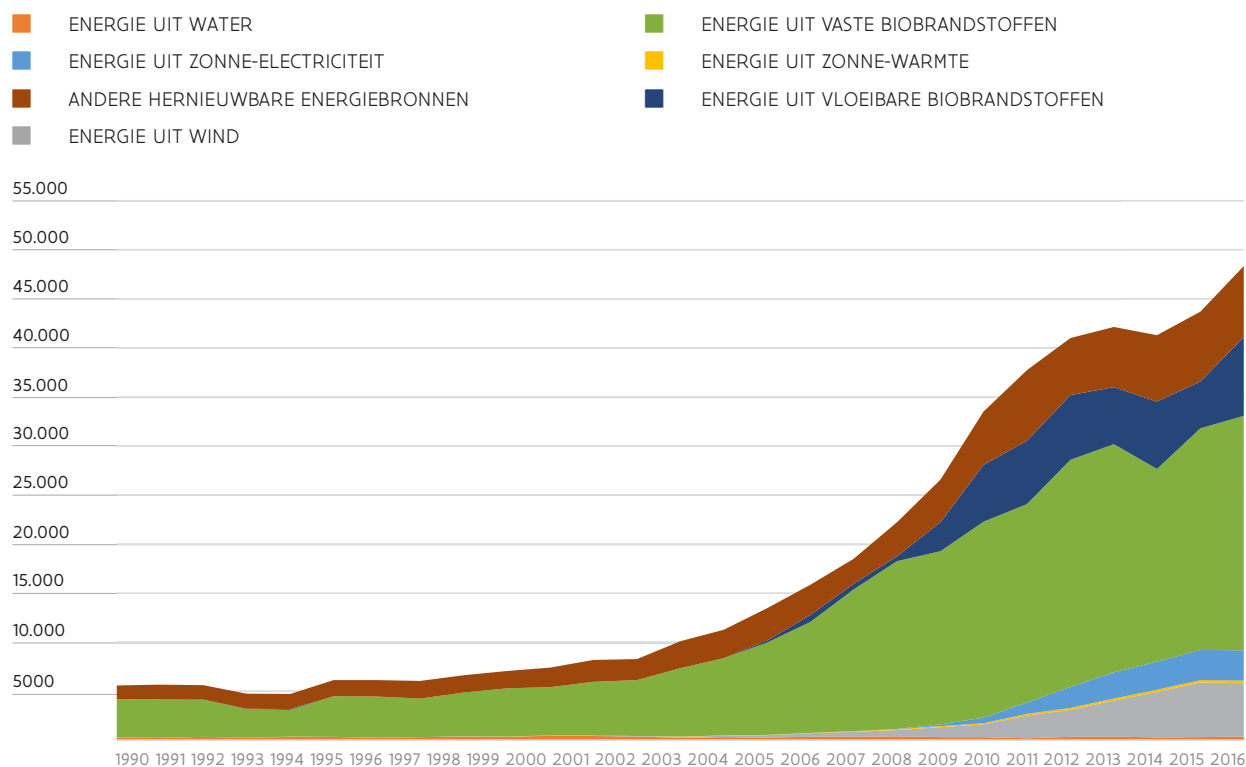
tage hernieuwbare bronnen in het totale energieverbruik (6%) en het percentage aan hernieuwbare bronnen in de binnenlandse energieproductie (19%). Ook in België vertoont de hoeveelheid energie beschikbaar uit hernieuwbare energie (zowel import als interne productie) een opwaartse trend, waarbij er zelfs een verzevenvoudiging was tussen 1990 en 2016. Vaste biobrandstoffen hadden met 49% in 2016 veruit het grootste aandeel, gevolgd door vloeibare biobrandstoffen (17%), overige hernieuwbare bronnen (15%), wind (11%), zon (7%) en tot slot water met 1% (EUROSTAT, 2017). De vergelijking met Europa laat zien dat België in verhouding een hoger percentage zonne-elektriciteit produceert maar lager percentage energie uit water heeft binnen de hernieuwbare energiebronnen (Figuur 7.3).

Steeds meer windturbines op de Belgische zee

Voor windenergie op zee bekleed België in Europa de vierde plaats na Groot-Brittannië, Denemarken en Duitsland. Het geïnstalleerd vermogen op zee bedroeg 712 MW in 2014. (OECD & IEA, 2016). Op dit moment zijn er in de Belgische Noordzee 5 windparken actief. Deze windparken hebben samen een elektriciteitsproductie van 3.600 GWh. Tegen 2020 moeten er nog vier extra windparken operationeel worden. Figuur 7.4 geeft een overzicht van de Belgi-



FIGUUR 7.2: EVOLUTIE VAN DE HERNIEUWBARE ENERGIEBRONNEN IN DE EU IN GWH
(EUROSTAT, 2017)



FIGUUR 7.3: EVOLUTIE VAN DE HERNIEUWBARE ENERGIEBRONNEN IN BELGIË IN GWH
(EUROSTAT, 2017)

Windpark	Jaar ingebruikname	Aantal Windturbines	Windenergie
C-Power	2009	54	325 MW
Belwind	2010	55	171 MW
Northwind	2014	72	216 MW
Nobelwind	2017	50	165 MW
Rentel	2018	42	309 MW
Norther	2019	44	370 MW
Mermaid	2020	28	235 MW
Seastar	2020	30	252 MW
Northwester 2	2020	23	218 MW

FIGUUR 7.4: BELGISCHE WINDPARKEN OP DE NOORDZEE
(Belgium Offshore Platform, 2018)

sche windparken, het aantal turbines en hun opbrengst. Het valt op dat er in de loop van de jaren met minder turbines meer opbrengst wordt gegenereerd. Dat komt

doordat er steeds grotere turbines met een grotere capaciteit worden geïnstalleerd (Belgium Offshore Platform, 2018).

Onderbenut potentieel voor productie hernieuwbare energie

Voor elke bron van hernieuwbare energie is het potentieel sterk afhankelijk van de specifieke kenmerken van elke regio in Europa. Als men wil dat het aandeel hernieuwbare energie 20% van de totale energie productie bereikt, in het kader van de EU-20-20-20-doelstellingen, dan is het noodzakelijk optimaal gebruik te maken van de specifieke opportuniteiten per regio.

In dit gedeelte wordt er een overzicht gegeven van het regionale potentieel voor de energiebronnen wind, zon, waterkracht en biomassa op basis van de ESPON -studie Territories and low-carbon economy (Schremmer et al., 2017).

Potentieel voor windenergie in kustzones

Windenergie heeft zich in de laatste jaren ontwikkeld als een rendabele elektriciteitsbron. Het potentieel voor windenergie is sterk afhankelijk van gemiddelde windsnelheden⁴. Daarnaast speelt de beschikbaarheid van land een belangrijke rol. Figuur 7.5 toont het potentieel aan windenergie in Europa (Schremmer et al., 2017). Het meeste potentieel is in de nabijheid van de kustzones te

vinden, vooral rond de Noordzee en de Oostzee. In België neemt het potentieel van west naar oost af.

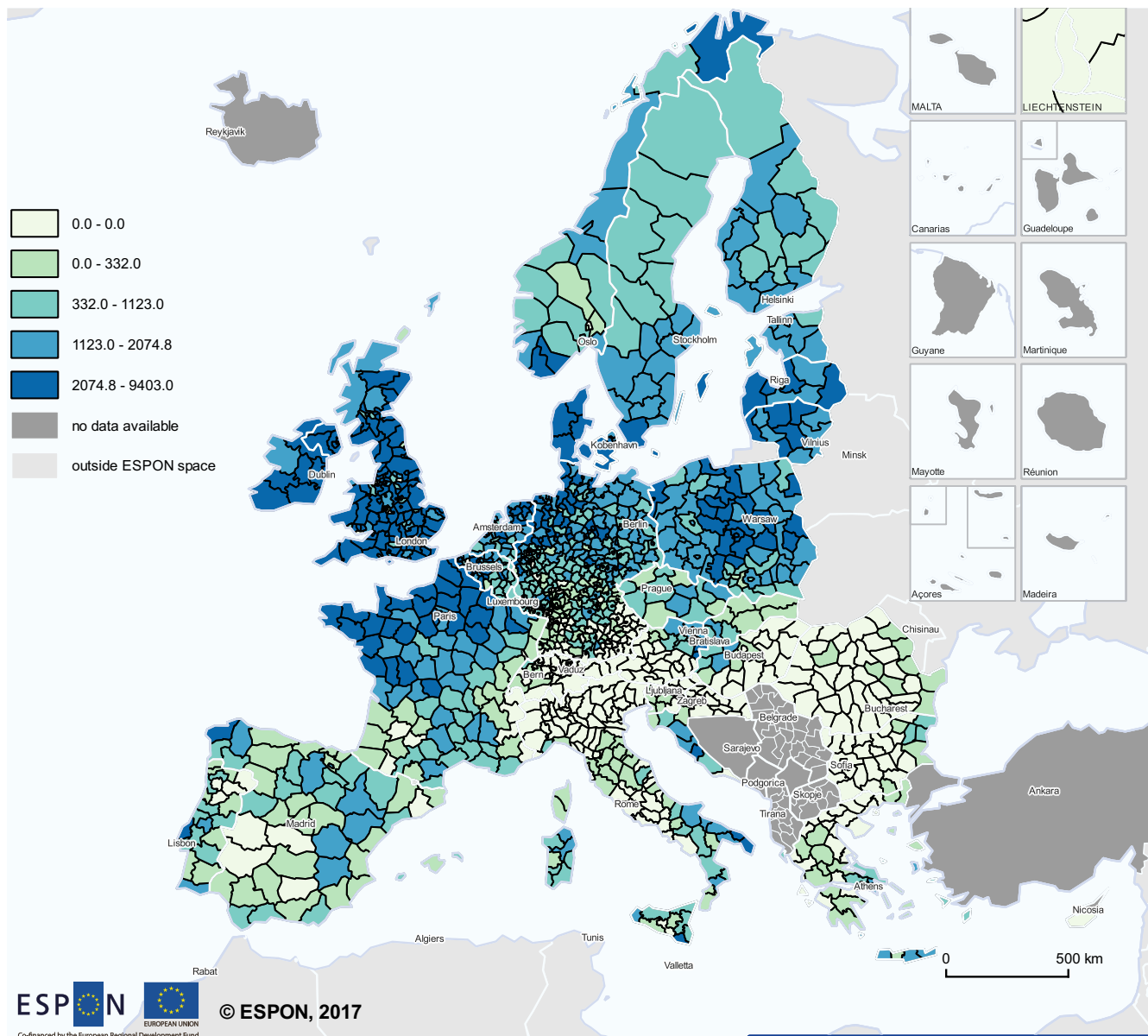
Potentieel voor zonne-energie in het zuiden

Net als bij windenergie is het potentieel van zonne-energie enerzijds afhankelijk van de Wattpiek (Wp)⁵ en de jaaropbrengsten. Dit bedraagt in Vlaanderen ongeveer 130 kWh/m²/jaar. Anderzijds is het afhankelijk van de beschikbaarheid van land. Op het vlak van de potenties is er een duidelijke scheiding tussen het noorden van Europa, met minder zon, en het zuiden van Europa, met meer zon. Dit patroon wordt doorbroken door een aantal gebieden in het zuiden waar wettelijke restricties gelden voor de installatie van zonnepanelen, terwijl er in het noorden juist regio's zijn met weinig vollasturen⁶, maar veel potentie doordat er geen restricties zijn door het landgebruik. België scoort weer vrij goed, met een afnemend potentieel van west naar oost.

[4] Gebieden met een windsnelheid van minder dan 1.800 vollasturen werden niet meegerekend in het potentieel.

[5] Wattpiek (Wp) = is een meeteenheid voor de capaciteit van fotovoltaïsche cellen (zonnecel of zonnepaneel) om zonne-energie in elektriciteit om te zetten. Eén wattpiek is de productie van een elektrisch vermogen van 1 watt (W) onder standaardomstandigheden

[6] Vollastuur = een eenheid voor de effectieve (jaar)opbrengst van een energiebron met een wisselend vermogen (zoals zonnepanelen en windmolens). Het aantal vollasturen kan worden gezien als de tijdsduur waarin de energiebron effectief op vol vermogen energie heeft geproduceerd.



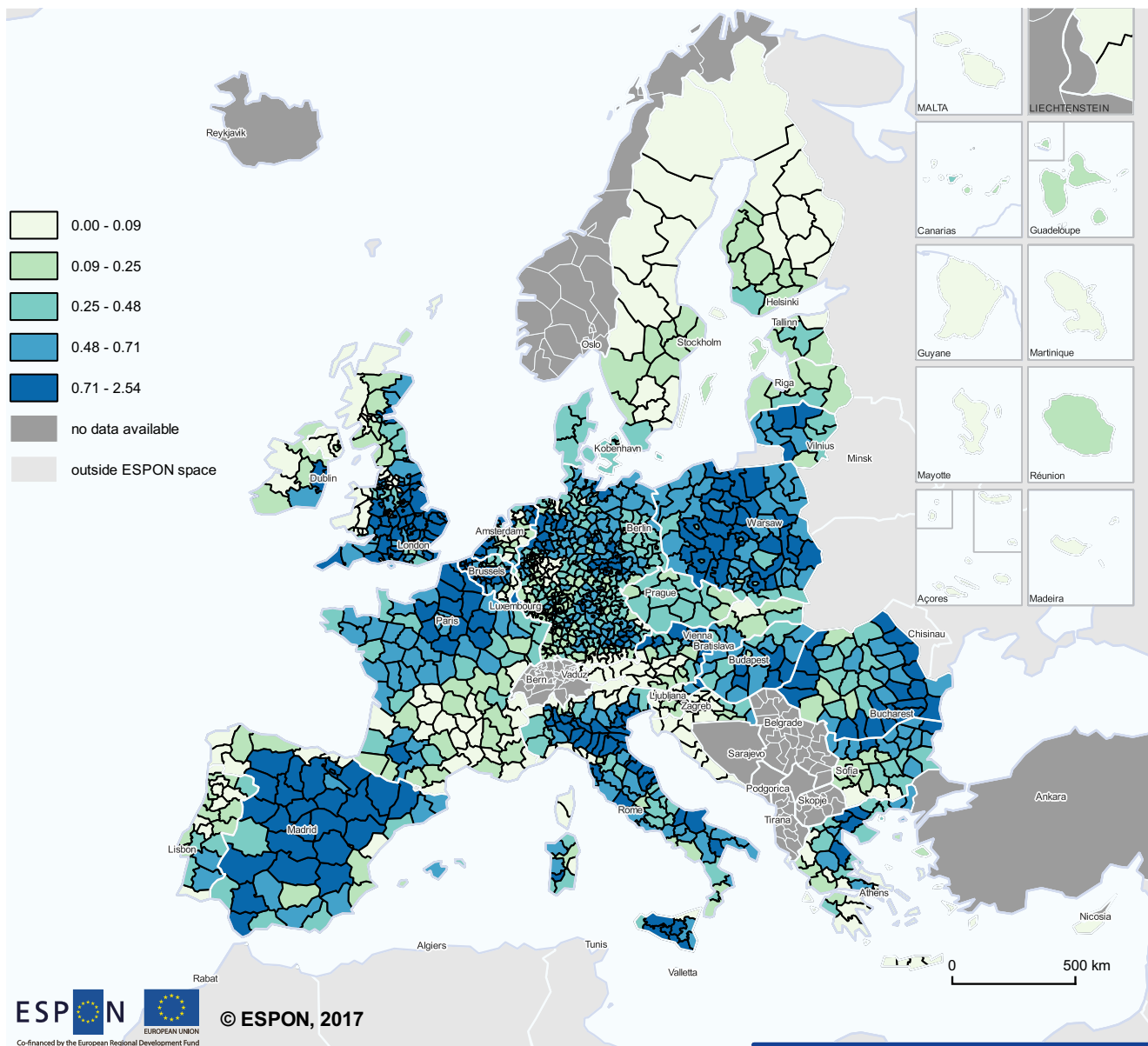
FIGUUR 7.5: POTENTIEEL AAN WINDENERGIE MWh/KM²
(Schremmer et al., 2017)

Onderbenut potentieel voor waterkracht

In Europa wordt er al veel gebruik gemaakt van grote waterkrachtcentrales (> 10 MW), maar het potentieel aan kleine waterkrachtcentrales (< 10 MW) is nog grotendeels ongebruikt. Het grootste potentieel is te vinden in Noorwegen, IJsland, Zweden, en Spanje. In België is er zo goed als geen potentieel voor grote waterkrachtcentrales en is het potentieel voor kleine waterkrachtcentrales ook klein (Schremmer et al., 2017).

Potentieel voor biomassa

De berekening voor het potentieel aan energie uit biomassa is gebeurd op basis van de biomassastromen uit bos, energiegewassen en organisch afval. Figuur 7.6 toont het potentieel voor vaste biomassa in Europa (Schremmer et al., 2017) en laat een diffuus beeld zien van deze potentie. Opvallend is dat er in Noord-Europa minder potentieel blijkt te zijn. België scoort voor het potentieel van biomassa vrij goed.



FIGUUR 7.6: POTENTIEEL AAN BIOMASSA GWh/KM²
(Schremmer et al., 2017)

Europees netwerk

Om de verschillende Europese doelstellingen voor 2020 en 2030 te behalen, zet Europa sterk in op een Transeuropees net voor energie (TEN-E). Het doel is een volledig geïnterconnecteerd Europees elektriciteitsnet te realiseren met meer grensoverschrijdende interconnecties, opslagmogelijkheden en slimme netten. Dit helpt om de vraag te beheren en een betrouwbare energievoorziening te waarborgen, binnen een systeem met een groter aandeel

aan variabele hernieuwbare energie. De TEN-E-verordening stelt een kader vast voor de selectie, planning en uitvoering van projecten van gemeenschappelijk belang (PGB's) (European Parliament & Council of the European Union, 2013). Voor België staan er drie interconnecties op de lijst, namelijk de interconnecties België-Groot-Brittannië ("NEMO"-project tussen Zeebrugge en Canterbury), België-Duitsland (ALLEGro-project) en België-Luxemburg.

ENERGIE IN VLAANDEREN

In dit gedeelte wordt er specifiek gekeken naar energie en ruimte in Vlaanderen. Vlaanderen heeft een ruimtelijke structuur van verspreide bebouwing, gebrek aan compactheid in de kernen en een relatief slechte energetische kwaliteit van de gebouwen zelf. Daardoor is het energieverbruik gerelateerd aan mobiliteit en van de gebouwen zelf moeilijk te verbeteren. De verspreide bebouwing heeft ook een effect op de mogelijkheden

voor de opwekking van hernieuwbare energie. Doordat er slechts weinig grotere open ruimtes zijn in Vlaanderen is het moeilijk om geschikte plekken voor windturbines en zonnevelden te vinden.

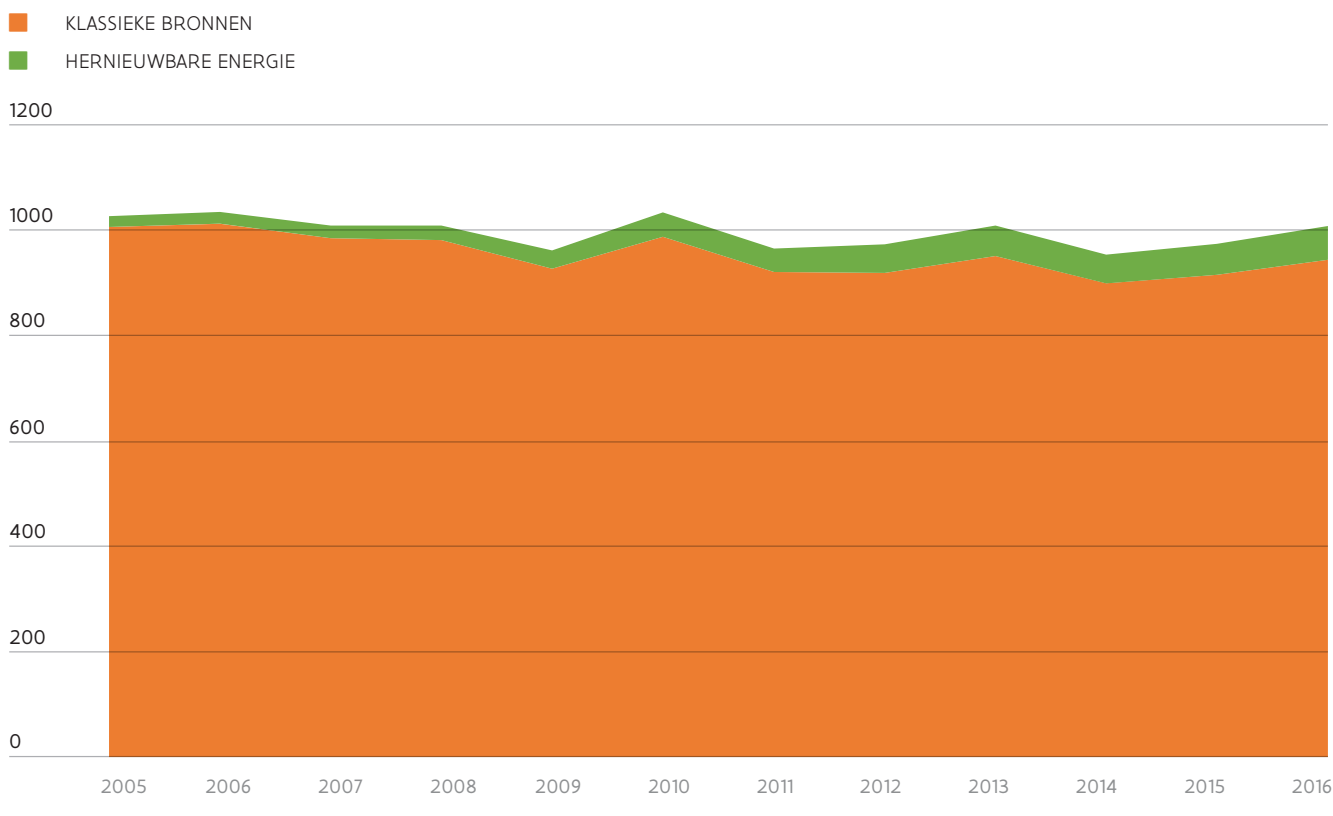
Dit deel bespreekt achtereenvolgens de energievraag en productie in Vlaanderen, de productie van hernieuwbare energie en tot slot de infrastructuur nodig voor energie.



Grote vraag naar energie

Een gemiddeld gezin (2 ouders, 1 kind) verbruikt 3.500 kWh elektriciteit per jaar. Als er verwarmd wordt met elektriciteit is het verbruik hoger. Hetzelfde gemiddeld gezin verbruikt 23.260 kWh aan warmte (dit cijfer geldt voor verwarming op gas en de inschatting dat er een extra 10% wordt gebruikt voor koken op gas) (VREG, 2016). Figuur 7.7 toont de evolutie van het bruto finaal energie-

verbruik in PJ (petajoule). Hierin is te zien dat het aandeel van de klassieke bronnen is afgenomen ten voordele van het aandeel van de hernieuwbare bronnen. Binnen de hernieuwbare energie is het aandeel van wind- en zonne-energie (PV) aanzienlijk toegenomen de afgelopen jaren (Jespers, Al Koussa, Dams, Renders, & Vingerhoets, 2017).



FIGUUR 7.7: EVOLUTIE BRUTO FINAAL ENERGIEVERBRUIK IN VLAANDEREN (PJ), 2005-2016
(Jespers, Al Koussa, Dams, Renders, et al., 2017)

Ontkoppeling energieverbruik en economische groei

In 2016 bedroeg het bruto binnenlands energieverbruik (BBE)⁷ in Vlaanderen $4,33 \times 10^9$ kWh. Het BBE bestaat uit het energieverbruik in de transformatiesector (ongeveer 21%) en het eindverbruik van de energiedragers. Ten opzichte van 1990 nam het BBE met 24,2% toe, terwijl het in vergelijking met 2000 met 7% is afgenomen (Vlaams Energie

Agentschap, 2017b). Een interessantere indicator dan het BBE is de energie-intensiteit. Dit is de hoeveelheid BBE per eenheid bruto binnenlands product (BBP). Deze laat zien dat er een ontkoppeling is in Vlaanderen tussen de economische groei en het energieverbruik. Daardoor daalde de energie-intensiteit van de Vlaamse economie met bijna 23% tussen 2000 en 2014. De daling van de energie-intensiteit is het gevolg van structurele verschuivingen van

[7] Bruto binnenlands energieverbruik = Primair energieverbruik, verminderd met de internationale scheepvaart- en luchtvaartbunkers (geleverde hoeveelheden energiedragers (hoofdzakelijk brandstof) aan zeeschepen of vliegtuigen die naar buitenlandse havens varen of op buitenlandse luchthavens vliegen).
Primair energieverbruik = Bruto binnenlands energieverbruik + scheepvaart- en luchtvaartbunkers – niet-energetisch eindverbruik.
Finaal energieverbruik = Geleverde hoeveelheid energie aan de eindverbruikers energie, dus zonder het verbruik in de transformatiesector.
Bruto elektriciteitsverbruik = Verbruik inclusief zelfproductie verbruikt on site + netverliezen + eigenverbruik centrales.

Type gebied	% inwoners	% oppervlakte ha	Totale warmtevraag (GWh)	% warmtevraag	Totale koudevraag (GWh)	% koudevraag
Landelijk	39,1%	79%	27.856	43%	248	18%
Randstedelijk	20%	13%	14.000	21%	528	39%
Verstedelijkt	40,9%	8%	23.285	36%	583	43%
Totaal	100%	100%	65.140	100%	1.359	100%

FIGUUR 7.8: VERDELING WARMTE- EN KOUDEVRAAG GEBOUWEN, LANDBOUW EN KLEINE INDUSTRIE OVER LANDELIJK, RANDSTEDELIJK EN VERSTEDELIJKT GEBIED

het belang van sectoren in de Vlaamse economie en door wijzigingen in de energie-efficiëntie (Brouwers, Devriendt, & Van Hooste, 2017).

Dalende totale warmtevraag, maar stijgende vraag bij industrie en huishoudens

Het totale warmteverbruik is gedaald met 18,1% in 2014 ten opzichte van 1990. De vraag naar warmte is voornamelijk gesitueerd binnen de transformatiesector, waarin er een aanzienlijke daling is waar te nemen. Binnen de industrie en de residentiële sector is er echter een stijging van de warmtevraag (Aernouts, Jespers, & Wetzels, 2015). In de evolutie van groene warmte van 2005 tot 2016 is er een stijgende lijn, waarbij biomassa het grootste deel van de productie van groene warmte op zich neemt (Jespers et al., 2017).

De warmtevraag in Vlaanderen wordt ten eerste bepaald door individuele gebruikers bestaande uit huishoudens, tertiaire sector, landbouw en kleine industrie. De totale, kleinschalige warmtevraag in Vlaanderen bedroeg in 2012 65.140 GWh (Renders et al., 2015). Belangrijk is dat het verbruik van stookolie, dat nog steeds aanzienlijk is in Vlaanderen, niet is meegenomen in deze berekening. Naast het (dalende) gebruik van stookolie zijn ook nieuwe bronnen zoals biomassa (bijvoorbeeld pellet kachels) of warmtepompen niet meegenomen in de berekening van de warmtevraag door het ontbreken van cijfers. De vraag naar warmte volgt een logische ruimtelijke spreiding: gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid of industriële activiteit hebben een hoge warmtevraag.

De koudevraag (de vraag naar koeling) is ten opzichte van de warmtevraag zeer klein, met een totaal van 1.359 GWh in 2012.

Warmtevraag in landelijk, randstedelijk en verstedelijkt gebied door individuele gebruikers

Naar analogie met de in hoofdstuk 1 gebruikte verdeling van Vlaanderen in 'landelijk', 'randstedelijk' en 'verste-

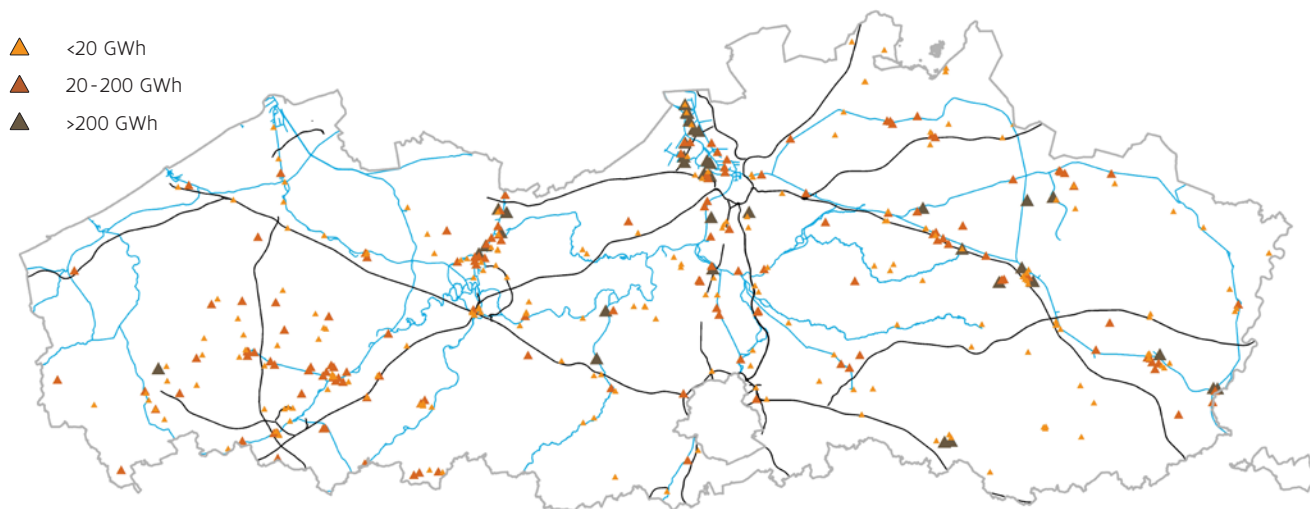
lijkt' gebied wordt een analyse gemaakt van de warmte- en koudevraag in deze gebieden. Figuur 7.8 toont dat de vraag naar warmte parallel loopt met de verdeling van het aantal inwoners over de drie verschillende gebieden. Dat betekent wel dat er een sterke ruimtelijke concentratie van de warmtevraag in de verstedelijkte gebieden is, want die nemen maar 8% van de totale oppervlakte in beslag. De koudevraag is voornamelijk in de landelijke gebieden laag en is hoog in de randstedelijke regio's ten opzichte van het aandeel inwoners.

Havengebieden en industrieterreinen belangrijke warmtevragers

Naast de kleine gebruikers is er de grote industrie die zijn verbruiksgegevens in Integrale MilieuJaarVerslagen (IMJV) rapporteert (Renders et al., 2015). Figuur 7.9 toont deze warmtevraag. De kaart laat duidelijk zien dat de havens van Antwerpen en Gent een aanzienlijke warmtevraag hebben. Daarnaast is het Albertkanaal met zijn aansluitende bedrijventerreinen ook ruimtelijk waar te nemen. De koudevraag van de grote industrie kan op dit moment niet goed ingeschat worden.

Industriële vraag naar elektriciteit

De vraag naar elektriciteit is voor de helft afkomstig van de industrie. Andere belangrijke sectoren zijn de dienstensector en de residentiële sector. Transport heeft maar een heel klein aandeel in de vraag naar elektriciteit. Opvallend is dat de landbouwsector sinds 2014 een netto elektriciteitsproducent is door de ingebruikname van warmtekrachtkoppelinginstallaties (Brouwers et al., 2017). Het elektriciteitsverbruik (exclusief de elektriciteit die on site geproduceerd en verbruikt wordt) steeg in de periode 1990-2014 met 33%. De residentiële sector en de industrie hebben de grootste absolute stijging (Aernouts, Jespers, & Wetzels, 2015).



FIGUUR 7.9: WARMTEVRAAG [GWH/JAAR] 2012 VOOR DE INDUSTRIËLE VRAAGPUNTEN IN VLAANDEREN
(Renders et al., 2015)



Stijgende energievraag door mobiliteit

Nauw samenhangend met de ruimtelijke inrichting van Vlaanderen is de vraag naar energie voor mobiliteit. Door de verspreide bebouwing in lage dichtheden is de afstand tussen verschillende voorzieningen groter en daardoor wordt ook de nood aan langere verplaatsingen groter. In zo'n versnipperde ruimtelijke structuur is een performant openbaar vervoersnetwerk niet rendabel, waardoor het vaak ontbreekt. Daardoor is de auto, met een bijkomende vraag naar energie, de dominante vervoerswijze in Vlaanderen. Het energieverbruik in de transportsector is sinds 1990 gestegen met 31,2%. Het energieverbruik voor transport is 13,9% van het totale BBE (Vlaams Energie Agentschap, 2017b). Het hoofdstuk Ruimte voor mobiliteit gaat dieper in op dit thema.

Naar een dalend energieverbruik in residentiële gebouwen

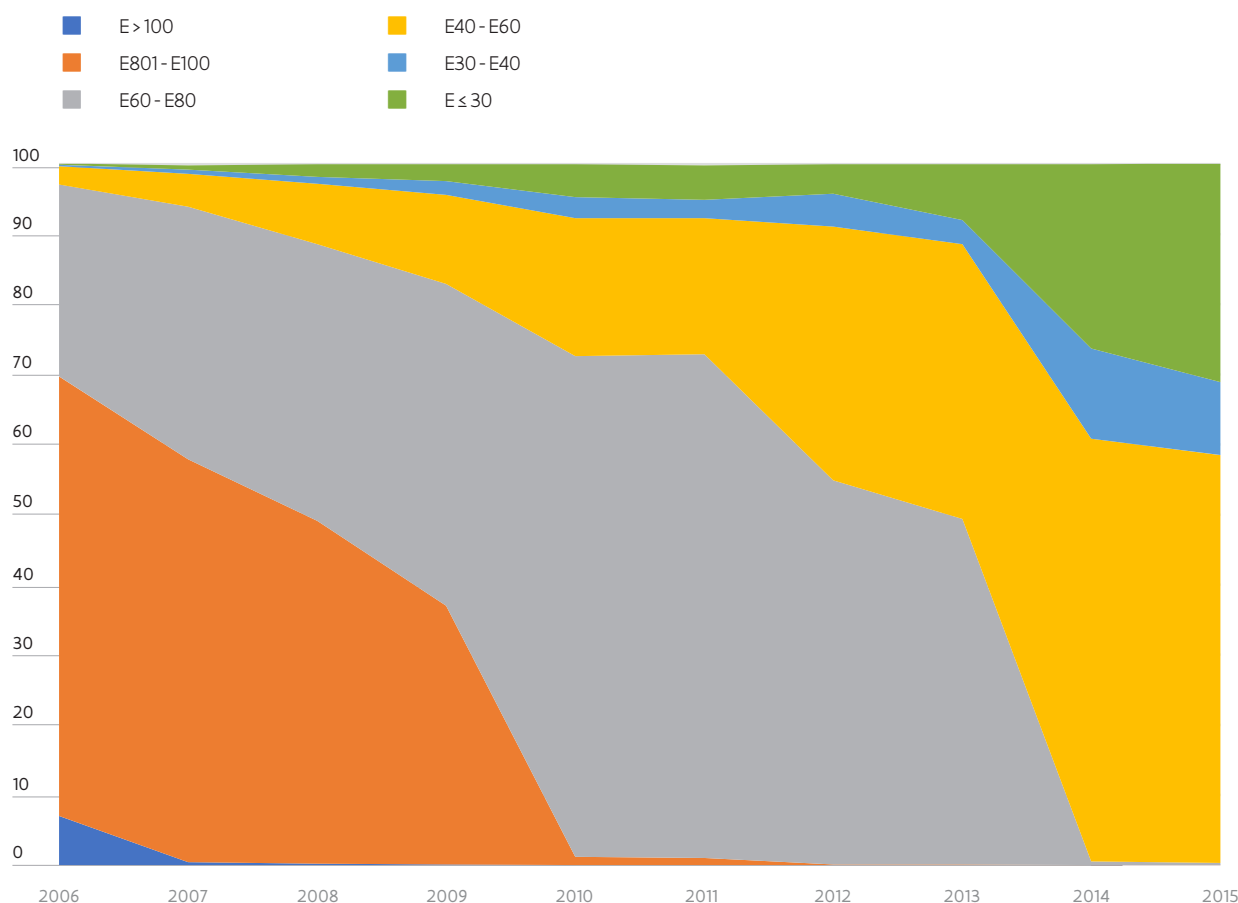
Sinds de jaren '90 is het energieverbruik door huishoudens in Vlaanderen geleidelijk gedaald en in de periode 2005-2015 met 14%. De Vlaamse Overheid wil het energieverbruik van het Vlaamse gebouwenpark echter verder doen dalen door strengere energienormen te hanteren voor nieuwe gebouwen en in het bestaande gebouwenpark maatregelen te nemen om de energie-efficiëntie te verbeteren. Deze daling is afhankelijk van de nieuwbouw-, renovatie- en slooptatio's. Deze liggen relatief laag

in vergelijking met de rest van Europa en het gebouwenbestand is relatief verouderd (Vlaamse Overheid, 2017). De gemiddelde energiescores voor alle woongebouwen in Vlaanderen (over de verschillende bouwjaren) is 293 KWh/m² voor appartementen, 387 KWh/m² voor collectieve woningbouw en 492 KWh/m² voor eengezinswoningen. Voor woningen die na 2005 gebouwd zijn, is het gemiddelde kengetal 143 KWh/m² voor appartementen, 187 KWh/m² voor collectieve woningbouw en 188 KWh/m² voor eengezinswoningen (Wauters et al., 2017). Een belangrijke kanttekening bij de energie-scores is dat bewoners van huizen met een slechte energieprestatie hun gedrag ook aanpassen om de energiefactuur lager te houden. Als men minder ruimtes verwarmt en de thermostaat minder hoog zet, kan het energieverbruik van een 'slechte' woning soms minder hoog zijn dan dat van een 'betere' woning (Vandevyvere & Stremke, 2012).

EPB regelgeving zorgt voor betere energieprestaties gebouwen

Sinds 1 januari 2006 geldt de EPB-regelgeving (Energieprestatie en Binnenklimaat-regelgeving) voor elk bouw- en verbouwingsproject waarvoor een stedenbouwkundige vergunning wordt aangevraagd. Voor stedenbouwkundige vergunningsaanvragen tussen 1 januari 2006 en 31 december 2009 was het maximaal E-peil voor nieuwe woongebouwen E100⁸. Dit peil wordt verder aangescherpt

[8] Definitie E-peil: (karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik / referentiewaarde van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik)*100. De referentiewaarde voor woongebouwen is afhankelijk van de vorm (warmteverliesoppervlak), de grootte (beschermde volume) en het ventilatiedebiet van het gebouw. (<http://www.energiesparen.be/epb/prof/epw>)



FIGUUR 7.10: PROCENTUELE SPREIDING VAN HET E-PEIL VAN NIEUWE WOONGEBOUWEN PER AANVRAAGJAAR VAN DE VERGUNNING, VAN 2006 TOT 2015

Vlaamse Overheid 2017

om in 2021 uit te komen op E30 (<70 kWh/m²), ofwel bijna-energie neutraal (BEN) (Vlaamse Overheid, 2017).

Door de aanscherping van de E-peil-niveaus is het energiezuiniger bouwen in een versnelling gekomen. De evolutie doorheen de jaren van de spreiding van het E-peil in nieuwe gebouwen volgens de vergunningen (Figuur 7.10) toont namelijk aan dat tegen 2014 de meeste vergunningen voor nieuwbouw een E40-E60 peil hadden. Sinds 2010 is er een groei van het aandeel van E<30-woningen tot bijna 1 op 3 tegen 2015 (Vlaamse overheid, 2017). Nieuwe woongebouwen waarvoor in 2015 een bouwvergunning werd aangevraagd, hadden gemiddeld een E-peil van E39, tegenover E88 in 2006 (Vlaamse Overheid, 2017).

Betere energieprestatie gebouwen in stedelijk gebied

Het gemiddeld energiegebruik verschilt verder sterk per type gemeente. De beste scores komen voor in grote steden en regionale steden. Slechtere scores komen voor

in woongemeenten in de stadsrand en in erg landelijke gemeenten met sterke vergrijzing en een relatief hoog aandeel woningen in (half)open bebouwing, met bijhorende slechtere isolatieprestatie (Wauters et al., 2017). Veel goede voorbeelden van energiezuinige wijken zijn ontwikkelingen in nieuw aangesneden open ruimte (greenfield). Om de energievraag echt te verminderen, zal het ruimtelijk beleid zich moeten richten op het bestaande bebouwde weefsel. Dit geldt dan specifiek voor wijken die een belangrijk deel vormen van de Vlaamse woningmarkt, namelijk de 19e-eeuwse gordel en de 20e-eeuwse verkavelingen. Herinrichting, sloop en heropbouw, maar ook sloop en herlokalisering van zeer slecht gelegen verkavelingen zijn daarbij te overwegen pistes (Wauters et al., 2017).

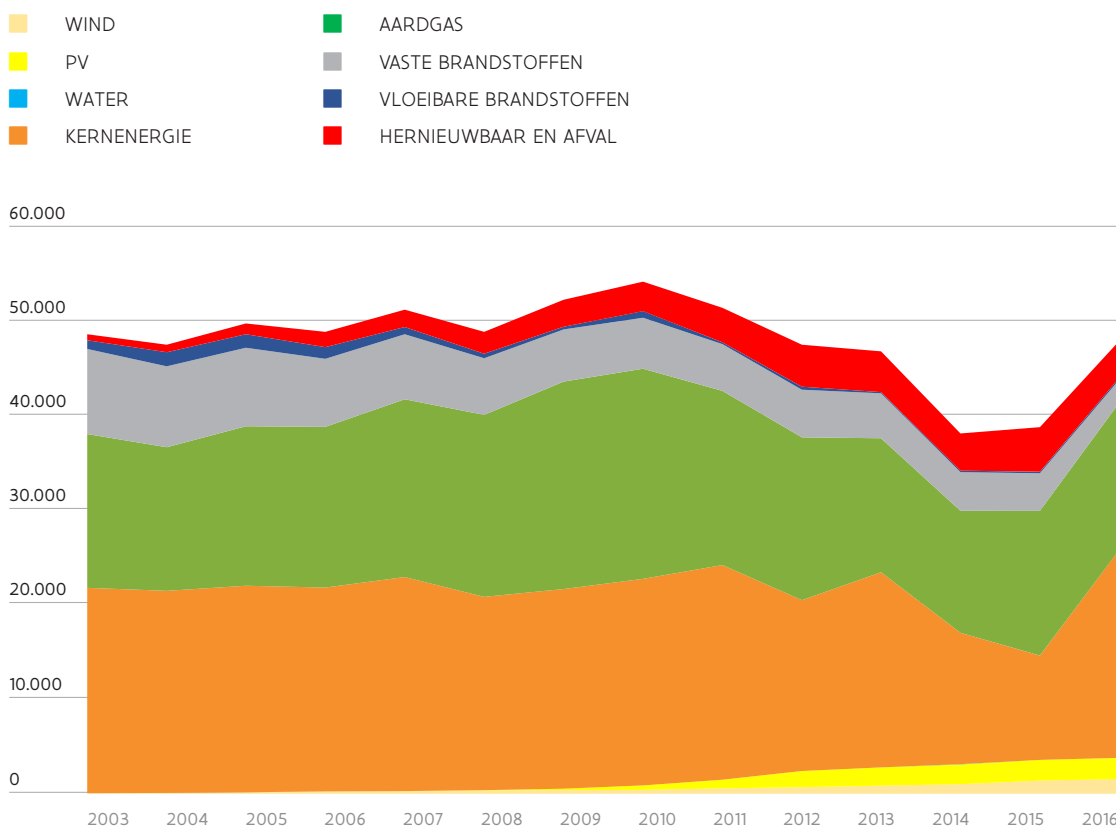
Energieproductie sterk afhankelijk van klassieke centrales

De productie van energie is in Vlaanderen sterk afhankelijk van de klassieke centrales (Figuur 7.11). In 2016 hadden de kerncentrales met 46% het grootste aandeel in de netto elektriciteitsproductie in Vlaanderen, gevolgd door aardgas-centrales met 32% en steenkool-centrales met 5%. Het aandeel hernieuwbare energiebronnen kende een geleidelijke stijging van 2003 tot 2015 tot 21%. In 2016 is dit aandeel echter weer gezakt naar 16% (Jespers, Al Koussa, Dams, Neven, et al., 2017). Figuur 7.12 geeft een overzicht van de locaties van energieproductie in Vlaanderen.

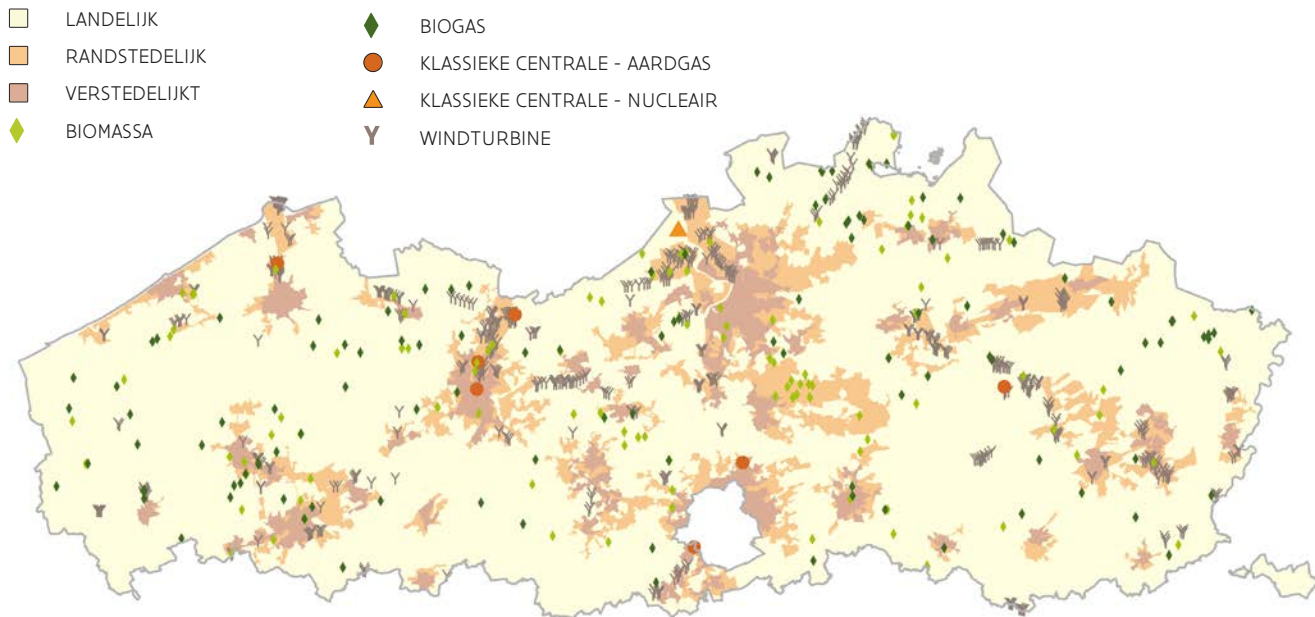
Belangrijkste productie in klassieke energiecentrales

Vlaanderen heeft geen gekende reserves van uranium, aardolie of aardgas en door de goedkopere prijzen op de wereldmarkt werd de ontginning van steenkool stopgezet. Daardoor wordt het merendeel (91,1% in 2015) van de beno-

digde primaire energiebronnen ingevoerd (Vlaamse Overheid, 2017). De belangrijkste energiecentrale in Vlaanderen is de kerncentrale van Doel met een elektrisch vermogen van 2.912 MWe. Daarnaast beschikt Vlaanderen over een zevental grote thermische installaties (> 100MWe) die op aardgas draaien (Drogenbos, Herdersbrug, Vilvoorde, Gent-Ringvaart, Gent Ham, Tessenderlo, Knippegroen). Een analyse van de ligging van de energiecentrales volgens de typologie 'landelijk', 'randstedelijk' en 'verstedelijk' gebied geeft meer inzicht in het locatiebeleid van deze energiecentrales. Van de in totaal 8 grote klassieke centrales liggen er 4 in verstedelijk gebied (Drogenbos, Vilvoorde, Gent-Ringvaart en Gent Ham), 1 in randstedelijk gebied (Herdersbrug) en 3 in landelijk gebied (Doel, Tessenderlo en Knippegroen). Figuur 7.12 toont dit op kaart.



FIGUUR 7.11: NETTO ELEKTRICITEITSPRODUCTIE (CENTRALE PRODUCTIE + ZELFPRODUCENTEN) VAN DE ENERGIEBRONNEN IN GWH
(Jespers, Al Koussa, Dams, Neven, et al., 2017)



FIGUUR 7.12: KLASSIEKE CENTRALES, BIOMASSA EN WINDTURBINES



Omschakeling naar hernieuwbare energie

Een overschakeling op hernieuwbare-energiebronnen zorgt ten eerste voor een vermindering van de uitstoot van CO₂, zodat Vlaanderen zijn klimaatdoelen kan halen. Daarnaast kan het de afhankelijkheid van Vlaanderen van import van primaire energiebronnen doen dalen. Een verhoogde zelfvoorzieningsgraad zorgt voor een garantie op stabiele energiebevoorrading in de toekomst. Er is een toenemende trend naar energieproductie dichtbij of door de eindgebruiker zelf. Installatie van ondermeer WKK's, zonnepanelen, windturbines, zonneboilers en warmtepompen bracht het aandeel lokale energieproductie (elektriciteit en warmte) in de totale Vlaamse energievraag op 35,6% in 2015. In dit percentage zit echter ook de verwarming geproduceerd bij eindgebruikers in verwarmingsketels op stookolie, aardgas en biomassa (Vlaamse Overheid, 2017).

Hernieuwbare-energiebronnen hebben belangrijke ruimtelijke impact

Een toename van het gebruik van hernieuwbare energie heeft echter ook belangrijke ruimtelijke gevolgen. Door de lagere energie-intensiteit van hernieuwbare bronnen is er veel meer plaats nodig. Onderzoek toont aan dat een overstap naar 100% hernieuwbare energie een zeer grote ruimtelijke opgave meebrengt (Posad et al., 2016). Er moet op een slimme manier worden omgegaan met de integratie van energieopwekking in de ruimte. Daarbij moet het energiesysteem worden verweven met het bebouwd landschap en moeten verschillende functies met elkaar gekoppeld worden (van Noordt, 2016).

Ontwikkeling windturbines in Vlaanderen

De productie van windenergie op land blijft stijgen. In 2017 zijn er 71 bijkomende grootschalige windturbines op land officieel in gebruik genomen. In totaal zijn er 495 windturbines met een vermogen van 1.115 MWe (31/12/2017) (Vlaams Energie Agentschap, 2017a). Het totale aandeel hernieuwbare energie in de energieproductie in Vlaanderen bedroeg in 2015 6,0% (Jespers, Aernouts, & Wetzels, 2016), waarvan 8,4% afkomstig van windenergie op land. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen grootschalige

en kleinschalige windturbines. Grootschalige windturbines hebben een vermogen van meer dan 300kW. Voor kleine en middelgrote turbines is dat kleiner of gelijk aan 300kW (omzendbrief LNE/2009/01 – RO/2009/01).

Zichtbaarheid windturbines zorgt voor grote ruimtelijke impact

Het directe ruimtegebruik van windturbines is eigenlijk zeer klein als er alleen naar de voet van de windturbine

wordt gekeken. Het indirecte ruimtegebruik is echter veel groter. Voor een goede werking moeten windturbines namelijk op een afstand van vier tot zes rotordiameters van elkaar worden geplaatst. Afhankelijk van het type windturbine kan dit al snel meer dan 500 meter zijn. Een windpark met een groter aantal windturbines vereist daardoor veel ruimte. Deze ruimte kan echter ook nog voor andere functies worden gebruikt. De zichtbaarheid van vooral de grote windturbines is één van de belangrijkste punten in het maatschappelijk debat. De perceptie van deze visuele impact is zeer uiteenlopend, van uiterst negatief, tot voorzichtig positief (Sijmons, 2014). Figuur 7.13 laat de ruimtelijke impact zien in het scenario wanneer de totale energievraag van Vlaanderen met windenergie zou worden opgewekt. In dat geval zou bijna driekwart van Vlaanderen worden bedekt door een grid van windturbines. Hoewel dit scenario onrealistisch is, geeft het wel een duidelijk beeld van de enorme ruimtelijke impact van windturbines.

Monitoring windturbines bij Departement Omgeving

Het Departement Omgeving monitort al enkele jaren gegevens over de stedenbouwkundige vergunning van windturbines. Daarnaast houdt het bij of windturbines al dan niet gebouwd zijn na de aflevering van de stedenbouwkundige vergunning. Bij deze status “gebouwd” gebeurt dit weliswaar aan de hand van luchtfoto’s. Tussen het daadwerkelijk bouwen van een turbine en het verschijnen van deze turbine op een luchtfoto zit echter een grote vertraging. Daarnaast betekent de bouw van een windturbine ook nog niet dat deze turbine daadwerkelijk in gebruik is genomen. Daarom is er een klein verschil tussen de hieronder besproken cijfers en het hierboven genoemde aantal in gebruik genomen windturbines, zoals bekend bij het Vlaams Energie Agentschap. Op basis van de inventarisatie in januari 2018 zijn er 462 gebouwde windturbines. Bij de interpretatie van onder-

WIND 72%



FIGUUR 7.13: RUIMTELIJKE IMPACT WINDTURBINES
(Posad et al., 2016)

staande analyse moet dan ook met deze nuance rekening worden gehouden.

Vertraging tussen aanvraag vergunning windturbine en bouw

Aanvragen voor vergunningen voor windturbines worden per dossier ingediend bij het departement. Eén dossier kan de aanvraag voor meerdere windturbines combineren. Dit resulteert in een totaal van 2.568 individuele aanvragen. Deze aanvragen gaan alleen over grootschalige windturbines. Figuur 7.14 toont de verdeling van de beoordeling van aanvragen voor individuele windturbines.

794 van de 2.568 aanvragen voor windturbines zijn bij het begin van 2018 vergund. Van deze vergunde windturbines zijn er 462 gebouwd. Figuur 7.15 laat zien dat tot 2009 bijna alle vergunde windturbines ook daadwerkelijk gebouwd zijn. Vanaf 2010 is er echter een steeds groter verschil tussen het aantal vergunde windturbines en het aantal gebouwde windturbines. Dit komt groten-deels door de vertraging die er, vooral in de periode 2009-2011, was tussen het moment van aanvraag voor een vergunning en het afleveren van de vergunning zelf. Deze vertraging is te wijten aan de combinatie van een stijgend aantal vergunningsaanvragen, een vermeerdering van de beroepsprocedures en de opstartproblemen bij de net opgerichte Raad voor Vergunningsbetwisting.

Status	Aantal
Geweigerd	751
In aanvraag	34
Ingetrokken	747
Onbekend	3
Principe vraag	10
Teruggestuurd	167
Van rechtswege vervallen	25
Vergund	794
Verzaking	37
Totaal	2568

FIGUUR 7.14: STATUS WINDTURBINE-AANVRAGEN, TOESTAND JANUARI 2018
(vergunningenregister)

Grote toename aanvragen windturbines sinds 2009

Figuur 7.16 toont dat het aantal aanvragen voor windturbines sinds 2009 sterk is toegenomen. Dit is het rechtstreekse gevolg van de invoering van de “clichering”, dat de inplanting van windturbines in agrarisch gebied zonder planologisch initiatief mogelijk maakte. Daardoor is er de afgelopen 10 jaren 190 MW geïnstalleerd vermogen bijgekomen in landbouwgebied, en dat is 43% van alle windturbines in Vlaanderen (Vlaamse Overheid, 2016). Door deze beleidsmaatregel ontstond echter ook de onterechte perceptie dat windturbines om het even waar in agrarisch gebied konden worden ingepland. Daardoor steeg ook het aantal geweigerde vergunningen.

Windturbines vooral in industriegebied

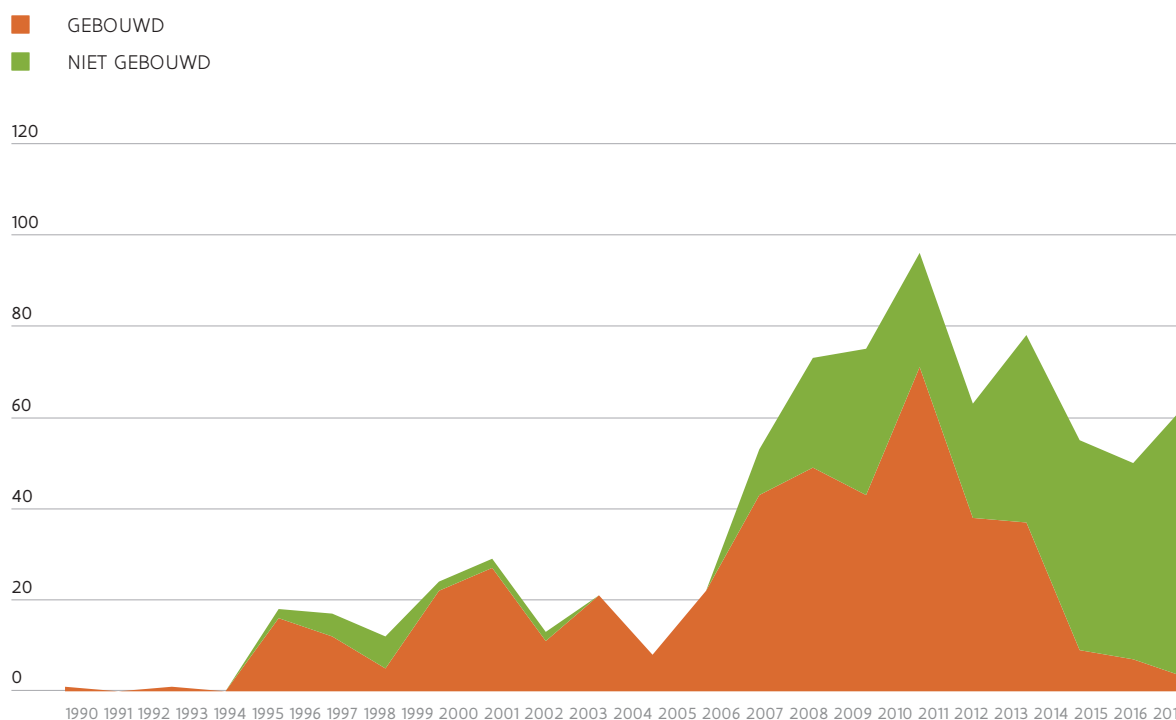
Figuur 7.12 toont de spreiding van de grootschalige windturbines op kaart. Er zijn duidelijk een aantal concentratiegebieden, zoals een aantal lijnvormige opstellingen langs de snelwegen, de grotere concentraties in de zeehavengebieden van Antwerpen, Gent en Zeebrugge en een grotere groep nabij Genk.

Om meer inzicht te verkrijgen van de realisatie van windturbines binnen het huidige ruimtelijke kader toont Figuur 7.17 het aantal windturbines per bestemmingscategorie per provincie opgedeeld naar vergunde en gebouwde

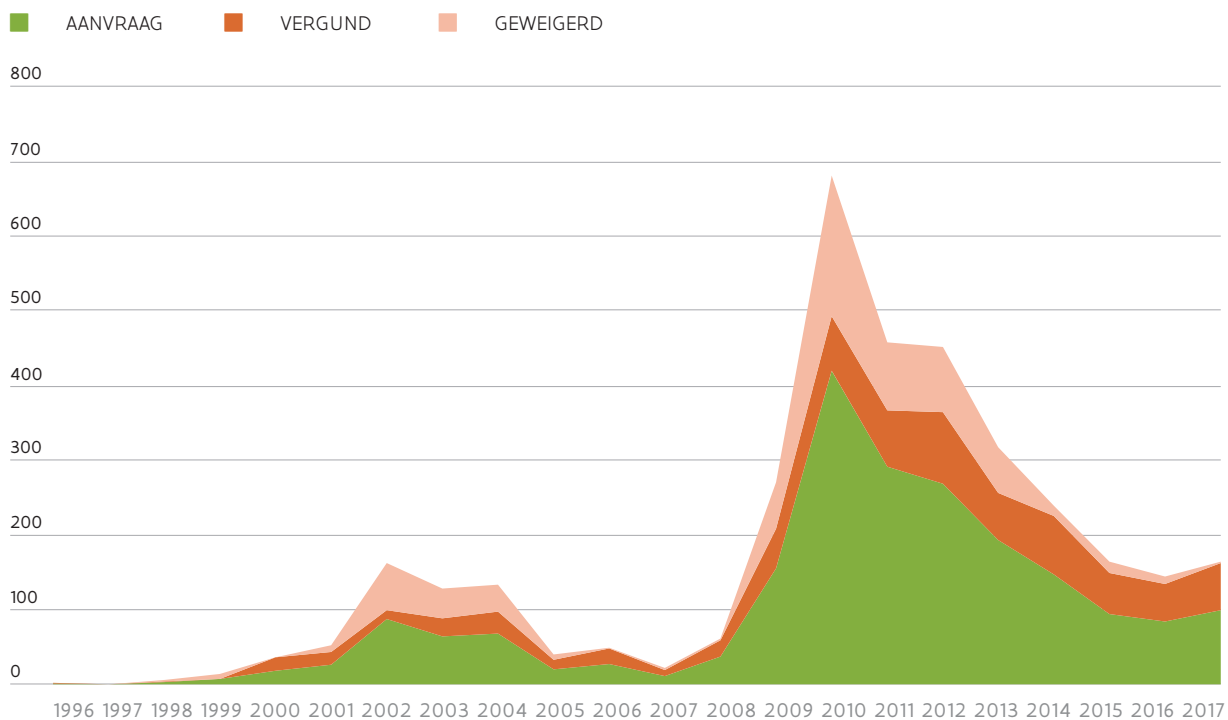
turbines. De categorieën “industrie” en “industrie binnen de poorten” laten duidelijk zien dat de meeste vergunningen en gebouwde turbines binnen deze categorie te vinden zijn. Daarnaast zijn er ook veel vergunningen in landbouwgebied. Wat de verdeling per provincie betreft, de meeste vergunde en gebouwde turbines vindt men in Oost-Vlaanderen, gevolgd door Antwerpen, West-Vlaanderen en Limburg. In Vlaams-Brabant zijn er significant minder windturbines. Dit komt doordat er minder mogelijkheden zijn door de restricties rond de luchthaven van Zaventem.

Windturbines in landelijk, randstedelijk en verstedelijkt gebied

Bij de analyse van het soort gebied (verstedelijkt, randstedelijk of landelijk) waarin de grootschalige windturbines zijn gelokaliseerd, tonen Figuur 7.12 en Figuur 7.18 dat er in absolute aantallen meer turbines in het landelijk gebied staan. Opvallend is dat er bijna evenveel turbines in randstedelijk gebied staan, ondanks het geringere oppervlakte. Een verklaring is de heersende ruimtelijke beleidscontext. De omzendbrief RO/2014/02 betreffende het afwegingskader en randvoorwaarden voor de oprichting van windturbines schept namelijk een kader voor de optimale inplanting van grootschalige windturbines. Deze omzendbrief gebruikt de gedeconcentreerde bunde-

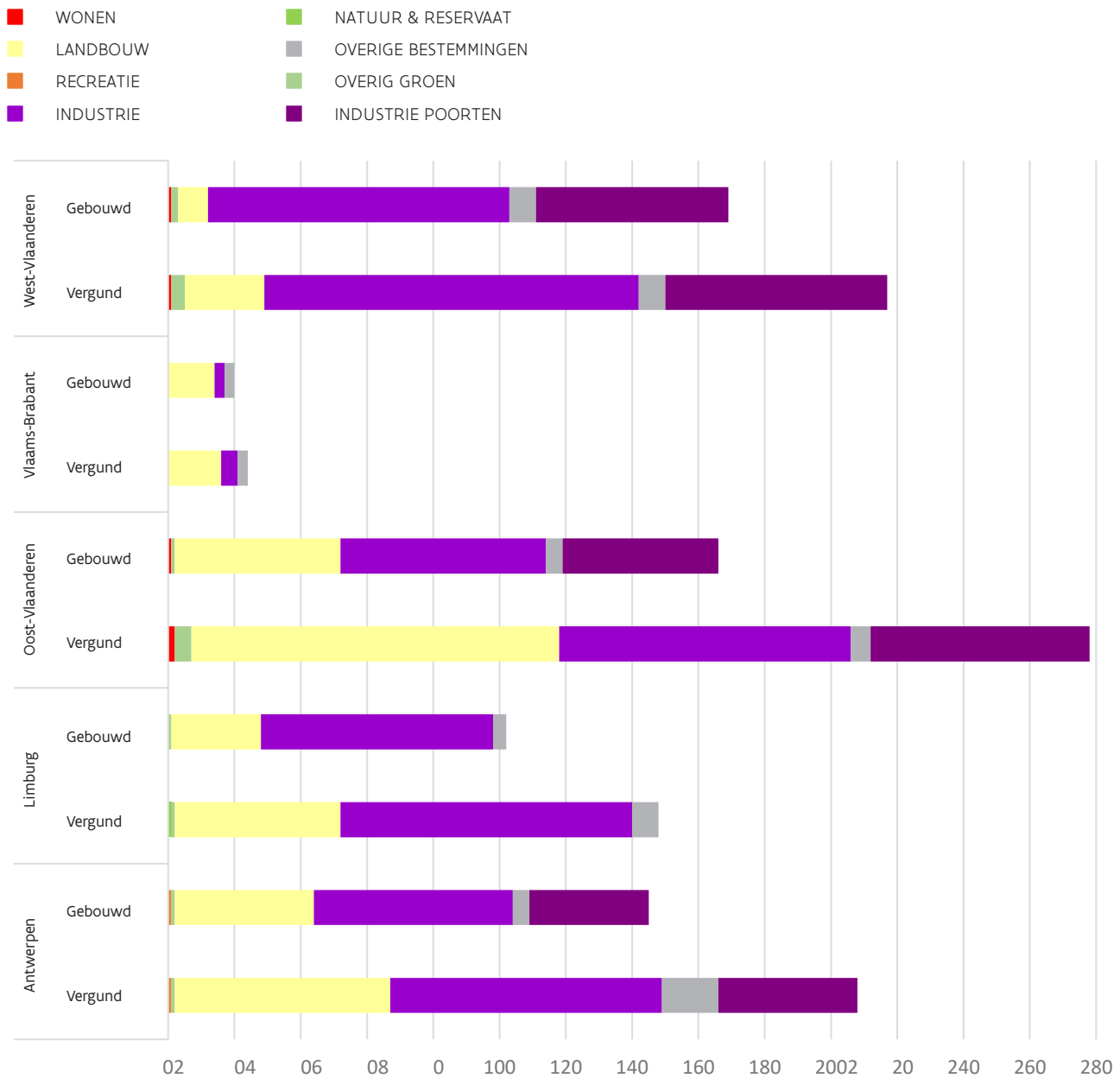


FIGUUR 7.15: AANTALLEN VERGUNDE EN GEBOUWDE WINDTURBINES, TOESTAND JANUARI 2018
 (vergunningenregister)



FIGUUR 7.16: AANTALLEN VERGUNDE EN GEBOUWDE WINDTURBINES, TOESTAND JANUARI 2018
(vergunningenregister)





FIGUUR 7.17: VERGUNDE EN GEBOUWDE WINDTURBINES PER BESTEMMINGSCATEGORIE, JANUARI 2018
(vergunningenregister)

ling uit het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen als ruimtelijk principe voor de oprichting van windturbines. De voorkeur gaat daarbij uit naar windenergieopwekking door middel van een cluster (vanaf drie windturbines) van windturbines. Daarom gaat de voorkeur naar de ruimtelijke concentratie van windturbines in zeehavengebieden, industriegebieden, of in de nabijheid van markant in het landschap voorkomende infrastructuur zoals wegen, spoorwegen, rivieren, kanalen en hoogspanningsleidingen. Daarnaast is het mogelijk aan te sluiten bij stedelijke gebieden en bij kernen in het buitengebied

(Vlaams minister van Energie, Vlaams minister van Leefmilieu, & Vlaams minister van Financiën, 2014).

Regelgeving en restricties windturbines

Bij windturbines biedt de VLAREM-regelgeving een rechtszeker kader waarin milieutechnische aspecten zijn opgenomen rond slagschaduw (maximaal 8 uur/jaar en 30 minuten/dag, tenzij anders bepaald in de milieuvergunning), geluid (opgesplitst naar woongebied, agrarisch gebied, industriegebied, buffergebied en andere gebieden) en veiligheid (certificatie) (Vlaamse Regering,

Type gebied	Oppervlakte ha	Percentage oppervlakte	Aantal windturbines	Percentage windturbines
Landelijk	1.090.722	79%	214	46%
Randstedelijk	178.128	13%	191	42%
Verstedelijkt	112.208	8%	57	12%
Totaal	1.381.058	100%	462	100%

FIGUUR 7.18: VERDELING GROOTSCHALIGE WINDTURBINES OVER LANDELIJK, RANDSTEDELIJK EN VERSTEDELIJKT GEBIED



FIGUUR 7.19: HERSCHAALDE WINDPOTENTIEKAART NAAR VOLLASTURENKAART MET FILTER (10KM)
(Vermeiren et al., 2016)

2011). Daarnaast bevatten andere regelgevingen ook nog beperkingen op de plaatsing van windturbines met een ruimtelijke impact. Voorbeelden zijn beperkingen door defensie (vliegroutes), door Belgocontrol (vliegroutes), door Europa (Habitat- en Vogelrichtlijn), Agentschap Onroerend Erfgoed (erfgoed en landschappen) en INBO (vogels en vleermuizen).

Windturbines afhankelijk van windsnelheid

De opbrengsten van een windturbine zijn sterk afhankelijk van het plaatselijke windaanbod op de juiste hoogte. Berekeningen van dat windaanbod worden daardoor vaak gebruikt om een inschatting van de gemiddelde opbrengsten van potentiële windturbines in te schatten. Figuur 7.19 toont de potentie volgens vollasturen (tijds-

duur waarop een windturbine op vol vermogen draait) voor windturbines op basis van de windpotentiekkaart van Vlaanderen voor 100m hoogte. De grootste potentie is te vinden aan de kust en de laagste in de provincie Limburg en in de Kempen. Dit toont dat de ruimtelijke verschillen in Vlaanderen aanzienlijk zijn: aan de kust zijn er tweemaal zoveel vollasturen als in Limburg (Vermeiren, Verachtert, Uljee, & Engelen, 2016).

Maatschappelijk draagvlak voor windturbines ontbreekt vaak nog

Het maatschappelijk draagvlak worstelt in Vlaanderen nog sterk met de inplanting van windturbines. In de praktijk blijft het een groot probleem, waardoor bouwers van windturbines steeds meer inzetten op participa-

tieve processen. Het is moeilijk om te voorspellen wat het draagvlak is voor een locatie voor windturbines en daardoor is het ook moeilijk om de haalbaarheid van nieuwe windturbines in te schatten. Het maatschappelijk draagvlak voor windturbines staat sterk in relatie tot de

afstand van woningen, de impact op het landschap en de ruimte, natuur, landschappelijke waarde en beleving, de milieutechnische impact (slagschaduw, geluid, ...) en het (overig) cultureel erfgoed.

Grote inzet op productie van zonne-energie

Zonne-elektriciteit wordt in Vlaanderen opgewekt door PV-panelen (fotovoltaïsche panelen). Deze komen voor in grote installaties (> 10kW), waarvan de exacte locatie is gekend bij het Vlaams Energieagentschap (VEA), ofwel in kleine installaties (<10kW). De verspreiding en opbrengst van deze kleine installaties is niet exact gekend en wordt hier berekend op basis van het totaal geïnstalleerd vermogen per gemeente. Momenteel bedraagt de oppervlakte aan PV-panelen in Vlaanderen 8km². Vlaanderen heeft verhoudingsgewijs zeer veel dakoppervlakte waarop zonne-energie kan worden gewonnen zonder verlies aan vrije ruimte. In 2015 was maximaal 624 km² dakoppervlakte beschikbaar (351 km² residentiële daken + 273 km² niet-residentiële daken). Een algemene regel is dat deze daken voor 40% tot 55% aan nuttige oppervlakte bevatten voor PV-panelen. Het diffuse bebouwingspatroon in Vlaanderen, met zijn lage dichtheden, biedt zo bepaalde opportuniteiten (Vlaamse overheid, 2016).

Vlaanderen koploper aantal zonnepanelen

Na de succesvolle periode 2009-2012 en de sterke terugval sinds 2012 is het bijkomend vermogen aan zonnepanelen weer aan een voorzichtige opmars begonnen. Inzake geïnstalleerd vermogen komt Vlaanderen met 173kWp/km² in Europa op de tweede plaats na Malta. Voor het aantal zonnecellen per 100 inwoners staat Vlaanderen met 38,7 kW tweede na Duitsland (i-Cleantech Vlaanderen, 2017).



FIGUUR 7.20: RUIMTELIJKE IMPACT ZONNE-ENERGIE
(Posad et al., 2016)

In Vlaanderen zijn er 334.521 PV-installaties met een vermogen van 2.608 MWe (op 31/5/2018). Daarnaast zijn er ook 79.948 zonneboilers geïnstalleerd (31/5/2018) (Vlaams Energie Agentschap, 2017a). Van de 6% productie van hernieuwbare energie komt 13,6% van zon-elektriciteit en 0,9% van zonnewarmte (Jespers et al., 2016).

Relatief beperkte ruimtelijke impact zonne-energie

Doordat zonnepanelen relatief gemakkelijk kunnen worden geïnstalleerd op bestaande daken, is het gemakkelijker om installaties voor zonne-energie te integreren in de ruimte (Sijmons, 2014). Door het hoge aandeel aan bebouwde oppervlakte in Vlaanderen kunnen de daken van deze gebouwen, die anders alleen gebruikt worden voor het afvoeren van regenwater, goed worden gebruikt als energie-opwekkers. Figuur 7.20 toont dat 21% van de grondoppervlakte van Vlaanderen bedekt moet worden met PV-panelen om aan de totale energievraag van Vlaanderen te voldoen.

Zonneboilers voor huishoudelijk gebruik

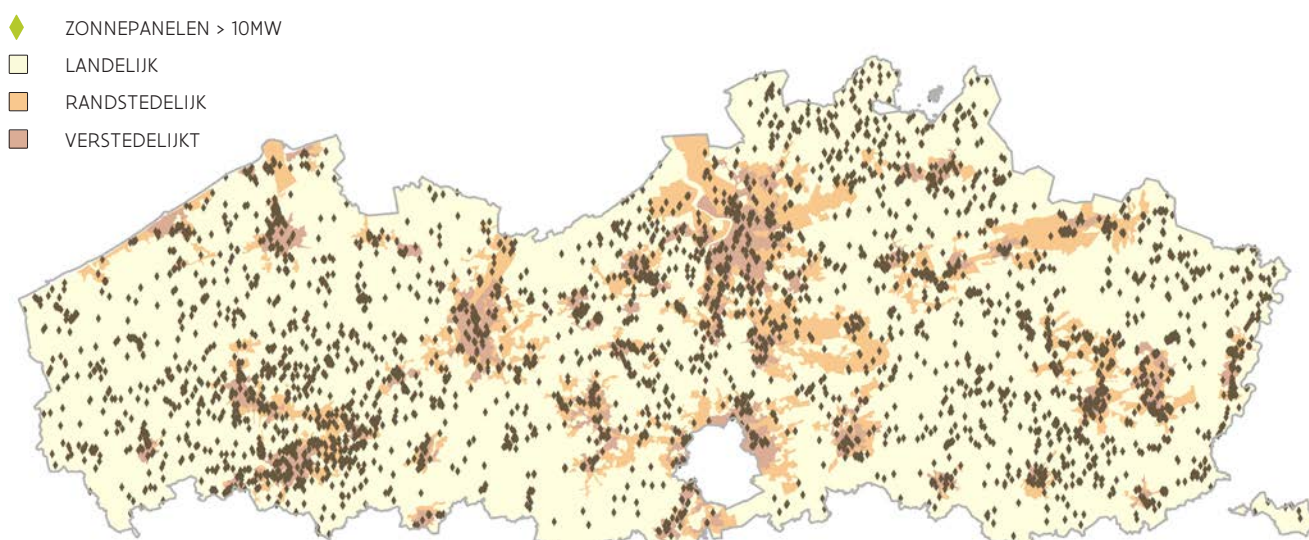
Op basis van de EPB-aangiftes bij VEA en de premies uitgereikt door de netbeheerders hebben we ook een idee van de warmte die geleverd wordt door zonneboilers, hoewel hun energieproductie aanzienlijk lager is dan die van PV-panelen. Het overgrote deel van de zonneboilers is bedoeld voor huishoudelijk gebruik. Een klein deel wordt ook voor niet huishoudelijke doeleinden gebruikt, vooral in de tertiaire sector.

PV-installaties in landelijk, randstedelijk en verstedelijkt gebied

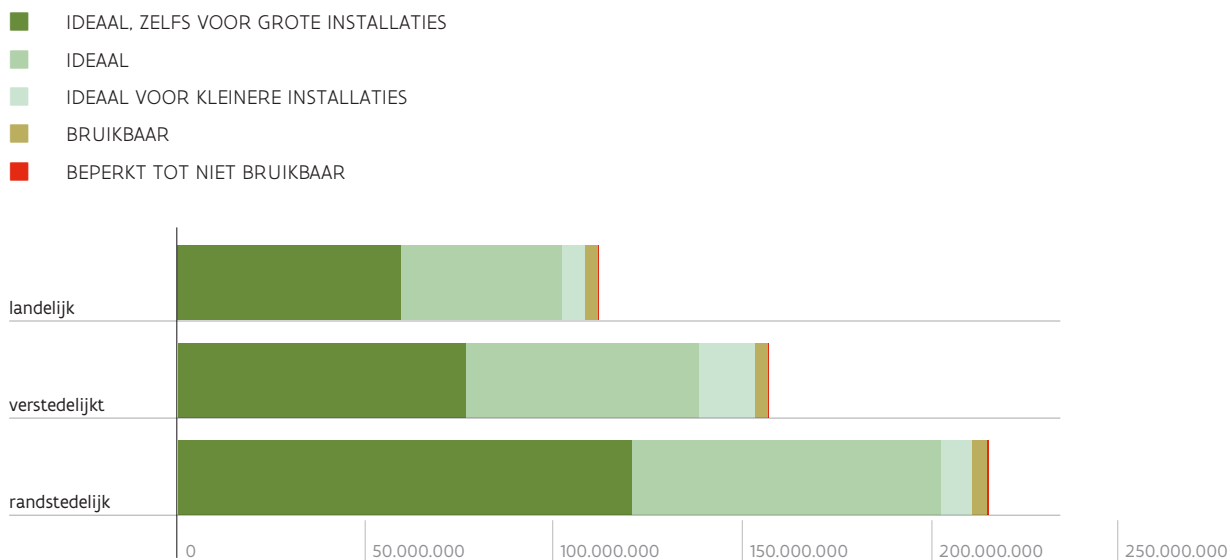
Voor de grote PV-installaties (>10 Kw) is de exacte locatie bekend. Daardoor kunnen we nagaan of dit type installaties meer voorkomen in verstedelijkt, randstedelijk dan wel landelijk gebied. Figuur 7.21 geeft deze verdeling in zowel absolute aantallen als in percentages. Logischerwijs volgt het percentage installaties de verdeling van het aantal gebouwen binnen deze drie types gebieden in Vlaanderen. Opvallend is dat er in absolute aantallen meer

Type gebied	Aantal gebouwen	% aantal gebouwen	% oppervlakte	Aantal PV-installaties	% PV-installaties
Landelijk	2.071.459	48%	79%	2.484	51%
Randstedelijk	937.281	22%	13%	1.130	23%
Verstedelijkt	1.288.043	30%	8%	1.293	26%
Totaal	4.296.783	100%	100%	4.907	100%

FIGUUR 7.21: VERDELING PV-INSTALLATIES > 10 KW OVER LANDELIJK, RANDSTEDELIJK EN VERSTEDELIJKT GEBIED



FIGUUR 7.22: PV-INSTALLATIES > 10 MW IN VLAANDEREN, 2014



FIGUUR 7.23: GESCHIKTHEID AANTAL HOOFDGEBOUWEN VOOR ZONNE-ENERGIE (DAKOPPERVLAKTE IN M²)
(verwerking Zonnkaart Vlaams Energieagentschap)

PV-installaties in landelijk gebied liggen, maar dat 26% van de PV-installaties in het verstedelijkt gebied liggen, dat slechts 8% van de totale oppervlakte van Vlaanderen beslaat. Ook in het randstedelijk gebied bevinden er zich verhoudingsgewijs meer installaties. Figuur 22 toont de ligging van deze PV-installaties. Opvallend is dat er in de regio rond Kortrijk veel installaties voorkomen.

Grote opportuniteit voor zonnepanelen in landelijk gebied

De geschiktheid van daken voor een investering in zonne-energie kan afgeleid worden uit de zonnekaart opgesteld door het Vlaams Energieagentschap. De analyse van de combinatie van gegevens over de oppervlakte, oriën-

tatie, hellingshoek en KMI-informatie zorgde ervoor dat 2,5 miljoen daken een score kregen over hun graad van geschiktheid voor zonne-energie. De analyse naar hoofdgebouw volgens de drievoudige indeling (zie Figuur 7.23) laat zien dat voornamelijk in landelijk gebied de meeste daken (88%) terug te vinden zijn die ideaal zijn of die zelfs ideaal zijn voor grote installaties zijn. De logische verklaring is dat er in landelijk gebied meer grote gebouwen zijn en daardoor meer beschikbaar dakoppervlakte. In verstedelijkt gebied zijn er meer gebouwen die ideaal zijn voor kleinere installaties. Het aantal hoofdgebouwen die beperkt tot niet beschikbaar zijn voor zonne-energie is in Vlaanderen zeer beperkt (Vlaams energieagentschap, 2017).

Biomassa (warmte en elektriciteit) als belangrijkste hernieuwbare bron

Bio-energie blijft met 75,4% veruit de belangrijkste vorm van hernieuwbare energie. Bio-energie bestaat voor 23,6% uit bio-electriciteit, 10,7% uit biobrandstof voor transport en 41,0% groene warmte uit bio-energie (Jespers et al., 2016). VEA houdt via de groene stroomcertificaten en de warmtekrachtcertificaten bij waar er productie-installaties zijn. Het merendeel van de biomassa-installaties produceert via WKK zowel elektriciteit als warmte. In totaal produceren 190 installaties 2.637 GWh elektriciteit en 1.685 GWh warmte. Van deze installaties, die voornamelijk in landelijk gebied voorkomen, neemt Max Green in Rodenhuize circa 35% van de elektriciteitsproductie voor zijn rekening (Van Esch et al., 2016). Max Green heeft een vermogen van 180 MW en werkt op houtpellets.

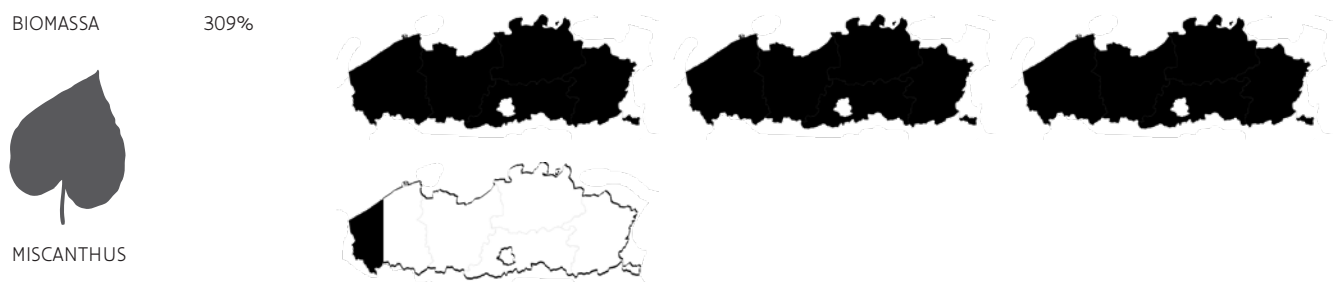
wassenteelt. Om aan de Vlaamse energiebehoefte te voldoen, hebben we meer dan drie keer de oppervlakte van Vlaanderen nodig (Figuur 7.24). Deze berekening is bovendien gebaseerd op het gewas Miscanthus, één van de meest efficiënte energiegewassen (Posad et al., 2016). In West-Europa is er door de hoge grondprijzen nauwelijks een perspectief voor het verbouwen van energiegewassen. Wel kansrijk is het vergisten of verbranden van landbouwafval en mest. Het gaat dan echter om relatief kleine hoeveelheden. Grote hoeveelheden biomassa worden dan ook vaak ingevoerd uit het buitenland. Je kan je daarbij de vraag stellen of het vervoeren van grote hoeveelheden biomassa een duurzame methode is (Sijmons, 2014).

Grote ruimtelijke impact biomassa

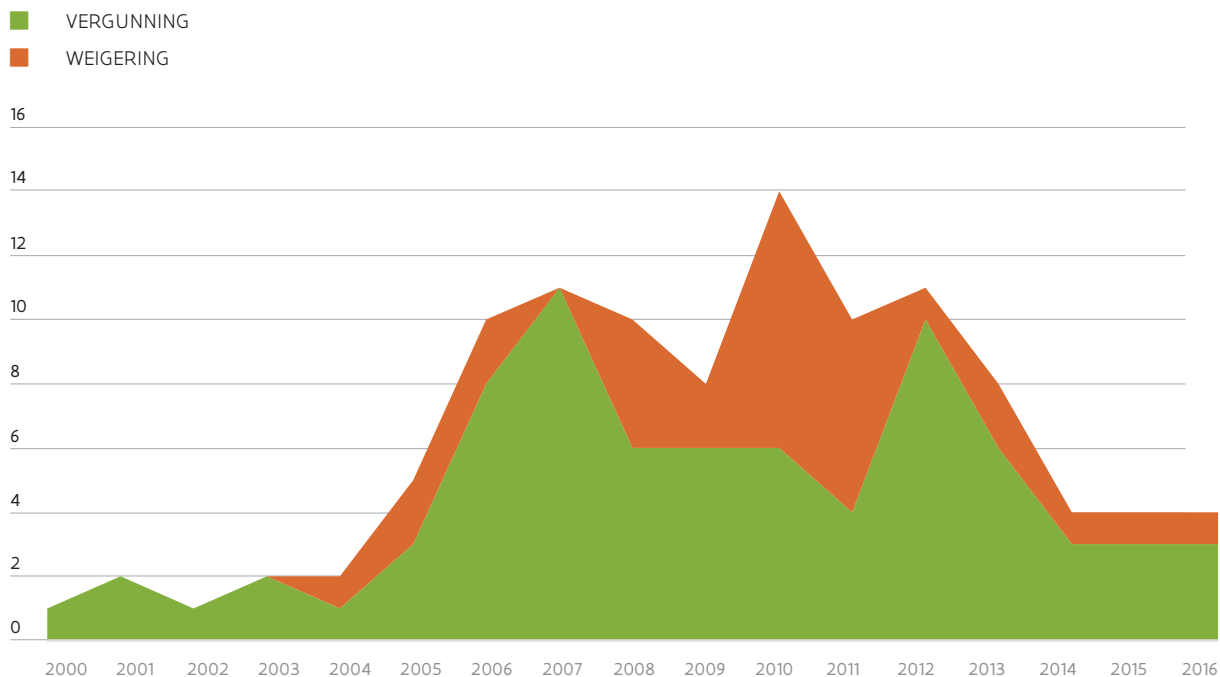
Het gebruik van biomassa vraagt zeer veel oppervlakte. Dit wordt duidelijk als we de Vlaamse energiebehoefte omrekenen naar de benodigde oppervlakte voor bioge-

Ontwikkeling biomassa installaties in Vlaanderen

Voor een analyse van de biomassacentrales kan gebruik gemaakt worden van het vergunningenregister dat wordt



FIGUUR 7.24: RUIMTELIJKE IMPACT BIOMASSA
(Posad et al., 2016)



FIGUUR 7.25: AANTAL VERGUNNINGEN EN WEIGERINGEN BIOMASSA INSTALLATIES, JANUARI 2018
(vergunningenregister)

bijgehouden door het Departement Omgeving. Er kunnen 121 ingediende dossiers teruggevonden worden met de aanduiding 'biomassa' ofwel 'biogasinstallatie' (toestand 15/01/2018). De eerste vergunningsaanvragen dateren al van 1979, maar in de jaren erna waren er maar een paar andere aanvragen. Pas vanaf 2000 is er een echte stijging van het aantal aanvragen, met een duidelijke piek in 2010. In dat jaar waren er ook de meeste weigeringen. Van alle vergunningsaanvragen wordt 28% geweigerd. Na 2010 neemt het aantal aanvragen weer af. Figuur 7.25 toont deze evolutie.

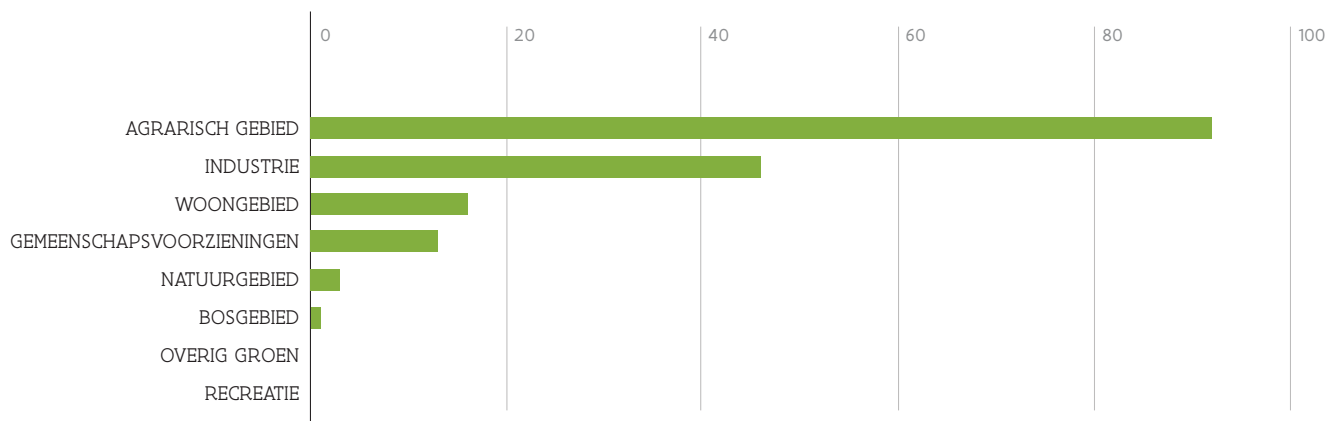
Biomassa- en biogasinstallaties in landelijk, randstedelijk en verstedelijkt gebied

Uit Figuur 7.12 blijkt dat de biogas- en biomassacentrales in alle type van gebieden in Vlaanderen voorkomen. Opvallend is dat er procentueel gezien iets minder centrales in landelijk gebied voorkomen (70% van de centrales t.o.v. 79% van het oppervlak), terwijl de grondstoffen voor deze centrales vaak voortkomen uit biomassastromen van het landelijk gebied. Opvallend is de concentratie van centrales in de gemeente Sint-Katelijne-Waver (randstedelijk gebied), gelinkt aan de daar aanwezige glastuinbouw. Uit Figuur 7.26 (ligging van de centrales per bestemmingscategorie) blijkt dat dat meer dan de helft van de centrales in landbouwgebied liggen, 27% is gelegen in industriege-

bied. Opvallend is dat 9% van de centrales gelegen zijn in gebieden met bestemming wonen.

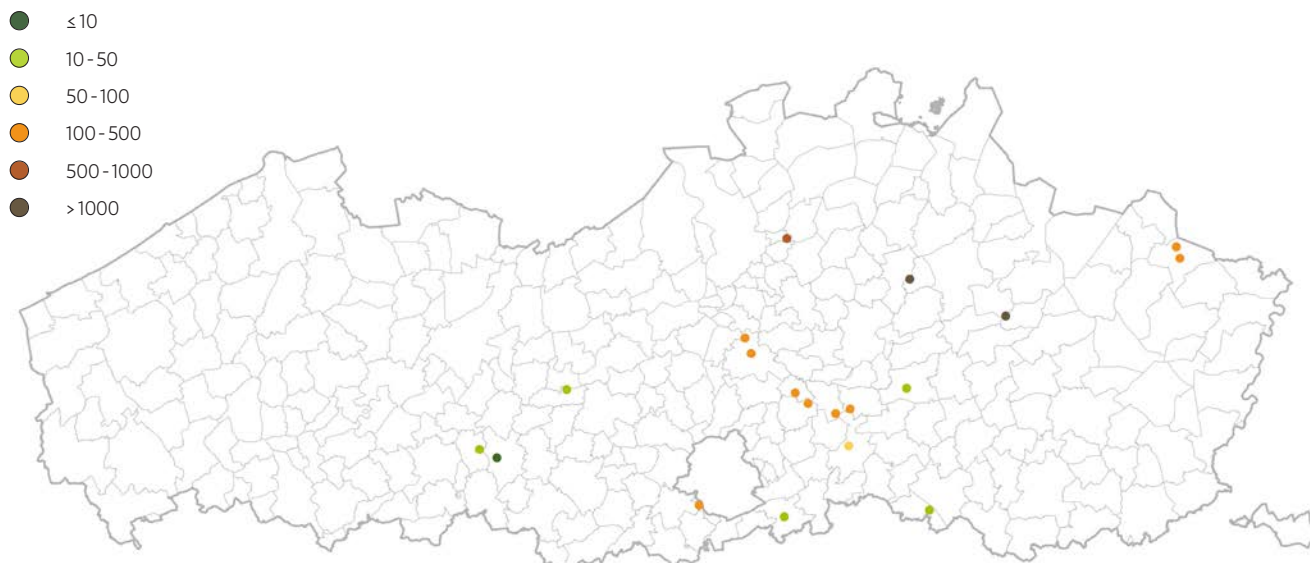
Inplanting verwerkingsinstallaties: ruimtelijke regels

Er is nog geen regelgeving die beperkingen oplegt aan de productie van biomassa, maar wel aan de inplanting van verwerkingsinstallaties. Afhankelijk van het type installatie (verbranding, vergisting, etc.) is er veel opslag nodig, zal er aanvoer van grondstoffen zijn en is er mogelijk hinder door geluid, geur, zicht en/of ongedierte. Voor de bouw van een biomassa-installatie is er daarom altijd een omgevingsvergunning nodig (Vlaamse Regering, 2011). De schadelijke gevolgen voor het leefmilieu moeten voorkomen worden, of voor zover dat haalbaar is, beperkt worden. Daarbij gaat het in het bijzonder over de verontreiniging van lucht, bodem, oppervlakte- en grondwater, alsook andere negatieve milieueffecten, geuroverlast en geluidshinder, en directe risico's voor de menselijke gezondheid. Daarnaast geldt er voor de toepassing en verwerking van meststoffen ook de omzendbrief RO/2006/01 betreffende het afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting. Deze inplanting moet gebeuren in agrarisch gebied ofwel op lokale en regionale bedrijventerreinen (Vlaamse Regering, 2006).



FIGUUR 7.26: AANTAL BIOGAS EN BIOMASSA-ENERGIECENTRALES PER BESTEMMINGSCATEGORIE, 2014
(vergunningenregister)





FIGUUR 7.27: HUIDIGE ELEKTRICITEITSPRODUCTIE WATERKRACHT MWh PER INSTALLATIE
Van Esch et al., 2016



Beperkte productie energie door aardwarmte

Warmtepompen, zowel bodem- als buitenluchtwarmte, nemen 1,6% van de totale productie van hernieuwbare energie voor hun rekening (Jespers et al., 2016). Aardwarmte of geothermie kan worden opgedeeld in twee soorten. Diepe geothermie maakt gebruik van de hogere bodemtemperatuur (tot boven 100°C) op grote diepte (>500 meter) tot zeer grote diepte (>3.500 meter). Op dit moment zijn er in Vlaanderen nog geen werkende installaties voor diepe geothermie, maar er zijn al wel proefboringen aan de gang op de site van VITO in Mol en bij Janssen Pharmaceutica in Beerse-Vosselaar. Alleen de ondergrond van het gebied ten noordoosten van de lijn Essen-Herentals-Diest-Maastricht heeft geologische lagen die een geschikte permeabiliteit hebben om in

aanmerking te komen voor diepe geothermie. Ondiepe geothermie maakt gebruik van de constante temperatuur van 11 tot 13°C op een diepte tussen 10 en 500 meter. Op basis van de databank van Terra Energy voor de (middel) grote systemen (> 50 kW) en inschattingen van particuliere installaties (<=50 kW) per gemeente krijgen we een beeld van de huidige productie en distributie van grond-gekoppelde warmtepompen. Op basis van deze cijfers zijn er 297 (middel)grote systemen goed voor een productie van 73 GWh en naar schatting circa 18.000 particuliere warmtepompen die 247 GWh produceren (Van Esch et al., 2016). Ruimtelijk bevinden de installaties voor geothermie zich voornamelijk in de gebieden rond de steden.

Minieme energie uit waterkracht

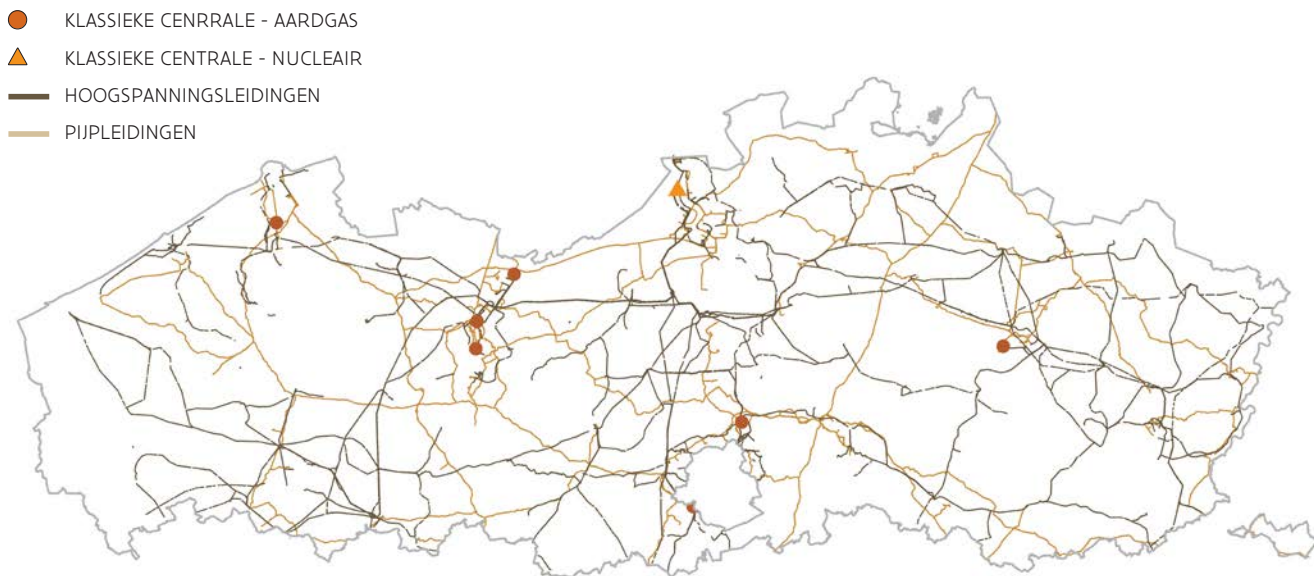
De productie van hernieuwbare energie uit waterkracht is met 0,02% en 19 installaties slechts een marginale energiebron in Vlaanderen door het gebrek aan voldoende reliëf (Jespers et al., 2016). Toch houdt VEA de gegevens van de groenstroomcertificaten bij en zo kunnen we alle

waterkrachtcentrales van Vlaanderen op kaart tonen. In Vlaanderen komen waterkrachtcentrales voor op historische molensites en op sluizen (Van Esch et al., 2016). Figuur 7.27 toont de ligging van deze kleinschalige waterkrachtcentrales.

Gebundelde infrastructuur in netwerk

Netwerken zorgen voor de verbinding tussen de vraag naar en het aanbod van energie. Zo wordt de locatie van

de productie losgekoppeld van de locatie van de afnemers. Het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen stelde het



FIGUUR 7.28: HOOGSPANNINGSLEIDINGEN, PIJPLEIDINGEN EN KLASSIEKE ENERGIECENTRALES VLAANDEREN, 2013

principe ‘bundeling van pijpleidingen en elektriciteitsleidingen met lijninfrastructuren van Vlaams niveau’ voorop.

Ondergrondse pijpleidingen en belang van haveninfrastructuur

De aanvoer van aardolie en aardgas gebeurt via ondergrondse en onderzeese pijpleidingen, maar ook via gas- en olietankers, met een grote rol voor onze zeehavens. De zeehavens zijn in de huidige energievoorziening belangrijk voor de aanvoer van steenkool en houtpellets. De ruimtelijke impact is dus niet enkel beperkt tot de (ondergrondse) leidingen, maar omvat ook de nodige haveninfrastructuur. Daarnaast is er nog het transport van bijvoorbeeld stookolie en houtpellets via vrachtverkeer. Vlaanderen heeft een zeer performante transportinfrastructuur voor aardgas. De belangrijke doorvoerstromen, de sterke koppeling met de aansluitende netwerken en de vele aardgasbronnen waartoe het Belgische vervoersnet toegang heeft, bieden België een bijzondere plaats in de Europese (aardgas)bevoorrading. Voor aardgas is Zeebrugge een belangrijke spil. Methaantankers leveren het gas in vloeibare vorm in de LNG-terminal van Zeebrugge. Recent werd een nieuwe gaspijpleiding aangelegd vanuit Frankrijk (Alveringem-Maldegem), die zal worden bevoorrad vanuit een nieuwe LNG-terminal in Duinkerke. Eigenlijk heeft ons land twee aparte gasmarkten. Er is het laagcalorisch gas (L-gas of arm gas dat wordt geleverd onder gasdruk van 25 mbar), dat goed is voor zowat

30% van het Belgisch aardgasverbruik. Het komt uit het gasveld van het Nederlandse Slochteren en wordt per pijpleiding vervoerd naar het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en delen van de provincies Antwerpen, Limburg, Vlaams- en Waals-Brabant en Henegouwen. De rest van ons land wordt bevoorrad met hoogcalorisch gas (H-gas of rijk gas), geleverd onder druk van 21 mbar en afkomstig uit onder meer Qatar, Rusland en de Noordzee. De geleidelijke uitputting van het Groningse aardgasveld heeft de Nederlandse regering ertoe gebracht om de uitvoer van L-gas volledig af te bouwen. Voor België en Frankrijk gebeurt dat tussen 2024 en 2030.

Figuur 7.28 laat de ligging van de pijpleidingen en de hoogspanningsleidingen zien en toont duidelijk de verbinding van de klassieke centrales met de havens enerzijds en het buitenland anderzijds.

Distributienet voor elektriciteit via hoogspanningskabels

In het huidig energiemodel stroomt de energie van een beperkt aantal bronnen in één enkele richting naar de consument: van de centrale krachtcentrale via hoogspanningskabels (transmissienet) over het distributienet naar de eindverbruikers. Grootschalige centrales worden in toenemende mate aangevuld met een veelheid aan kleinschalige producenten, die energie aanbieden opgewekt met zonnepanelen, windturbines, WKK's, biomassa-centrales of geothermie-centrales. In periodes van lage

Naam	Datum goedkeuring
Leidingstraat voor hoofdtransportleidingen tussen Dilsen en Lommel	20/02/2004
Leidingstraat Zomergem - Zelzate	19/11/2004
Leidingstraat voor hoofdtransportleidingen ter hoogte van Heindonk	30/09/2005
Leidingstraat tussen Weelde en Zandhoven	10/02/2006
Leidingstraat Herentals - Zandhoven - Zoersel	20/07/2006
Leidingstraat voor hoofdtransportleidingen tussen Kluizen en Eeklo	1/09/2006
Leidingstrook tussen zandgroeves Berg en Mechelse Heide Zuid	1/06/2007
Leidingstraat Zandhoven - Ranst	6/06/2008
Leidingstraat Heers - Tongeren	6/06/2008
Leidingstraat Ranst - Lier	19/12/2008
Leidingstraat Dilsen	30/04/2009
Leidingstraat VTN (Voeren - Opwijk)	30/04/2009
Leidingstraat Lommel - Ham - Tessenderlo	15/05/2009
Leidingstraat voor hoofdtransportleidingen Tessenderlo - Diest	19/04/2013
Leidingstraat Alveringem - Maldegem	25/04/2014
Leidingstraat voor hoofdtransportleidingen Tessenderlo - Diest (herneming)	12/06/2015

FIGUUR 7.29: GOEDGEKEURDE GRUP LEIDINGSTRATEN, TOESTAND JANUARI 2018

eigen vraag sturen deze duurzame technologieën de overschotten in het netwerk. De grens tussen energieproducent en -consument vervaagt hierbij en wordt tijdsafhankelijk. Deze verschuiving vereist dat transportnetten flexibeler en minder hiërarchisch worden, en tweerichtingsverkeer aankunnen.

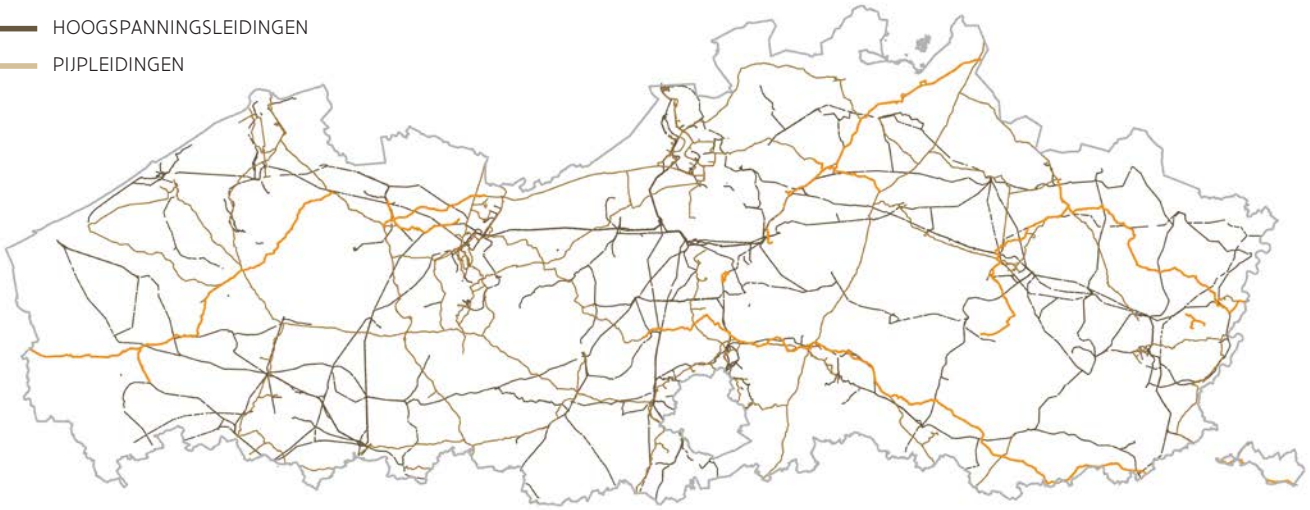
Hernieuwbare energie op basis van wind en zon wordt gekenmerkt door een sterk intermitterend karakter. De omstandigheden voor het opwekken van hernieuwbare energie zijn zelden ideaal op het moment én de plaats waar die energie vereist is. Enerzijds kunnen zonnepanelen of windturbines een veel hoger rendement bereiken als ze respectievelijk in zonnrijke of windrijke gebieden worden geplaatst, anderzijds gaan de weersomstandigheden over delen van Europa de lokale productie tijdelijk beperken of verhogen. Een doorgedreven connectie van een Europees energienet is noodzakelijk, waarbij het transport van grootschalige decentrale opwekking naar de gebruiker ook in Vlaanderen bijkomende of nieuwe ruimte zal vergen in de vorm van hoogspanningsleidingen en -installaties. Deze bijkomende hoogspanningsleidingen volgen niet het bestaande traject van de huidige energiecentrales naar de gebruiker maar veelal van de landsgrenzen of de kust naar het binnenland.

Ontwikkeling netwerken in Vlaanderen

De ligging van hoogspanningsleidingen en pijpleidingen wordt bepaald in ruimtelijke plannen. Op het gewestplan waren er hiervoor al aanduidingen. Voor de aanleg van nieuwe hoogspanningsleidingen of pijpleidingen moet er een ruimtelijk uitvoeringsplan worden opgemaakt. Deze plannen spreken over 'leidingstraten' bij gebundelde leidingen. In totaal zijn er 16 leidingstraten via een gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan goedgekeurd sinds 2004. Eén is vernietigd door de Raad van State (Leidingstraat voor hoofdtransportleidingen Brakel – Haaltert). Figuur 7.29 toont het overzicht van deze leidingstraten. Het valt op dat er door de tijd continu GRUP's voor leidingstraten werden opgemaakt en goedgekeurd. Er zijn op dit moment twee leidingstraten nog in GRUP-procedure, namelijk Aardgasleiding Brakel-Haaltert en Leidingstraat zeehaven Antwerpen – Ruhrgebied.

Figuur 7.30 toont de bestaande hoogspanningsleidingen en pijpleidingen samen met de goedgekeurde GRUP's. De nieuwe leidingstraten zijn over geheel Vlaanderen te vinden en maken vaak de verbinding met het buitenland.

- LEIDINGSTRAAT
- HOOGSPANNINGSLEIDINGEN
- PIJPLEIDINGEN



FIGUUR 7.30: GOEDGEKEURDE GRUP LEIDINGSTRATEN, TOESTAND JANUARI 2018



Naam	Gemeente	Lengte (m)	Warmteproductie (MWh/j)
MIROM	Roeselare	9.500	28.000
IVBO Brugge	Brugge	11.000	45.126
INDAVER -site Doel - naar Ineos	Doel		173.724
INDAVER -site Antwerpen- naar Amoras	Antwerpen		214
Bionerga - naar Aquafin (slibdroger)	Houthalen		23.836
SPE Gent	Gent	800	71.470
IVAGO - UZ Gent	Gent	1.500	44.000
Molenheide Helchteren	Helchteren	2.000	
Infracx	Diksmuide, Gistel, Harelbeke, Middelkerke en Torhout		2.267
VMM Aalst	Aalst		508
EDF-Luminus Gent	Gent	22.000	
Campus Gasthuisberg	Leuven		40.000
SCK/VITO	Mol		25.000

FIGUUR 7.31: OVERZICHT WARMTENETTEN IN VLAANDEREN
(Vlaams Energie Agentschap, 2018)

Beperkt aantal warmtenetten in Vlaanderen

De ervaring met warmtenetten in Vlaanderen is nog beperkt. Momenteel zit de ontwikkeling van warmtenetten in Vlaanderen in een eerste fase, namelijk die van de projectmatige, geïsoleerde netten, waarbij één leverancier het net voedt en veelal ook beheert. Leverancier, netbeheerder en producent zijn hierbij vaak één instantie. Dit is een onvermijdelijke eerste stap, aangezien rond warmtenetten, in tegenstelling tot gas en elektriciteit, tot voor kort nog weinig geregeld was. Een eerste basis werd in 2015 gelegd door een aanpassing van het Energiedecreet, zodat ook warmtenetten een wettelijke basis hebben, maar ze is vooral nog toegespitst op de bestaande geïsoleerde netten.

Warmtenetten worden in Vlaanderen vooral gevoed door de restwarmte van energie- en afvalcentrales. Het net kan echter ook worden gevoed door bijvoorbeeld WKK's op biogas/aardgas, warmtepompen, warmteopslag, geothermie en zonneboilers.

De ruimtelijke impact van warmtenetten kan ingedeeld worden volgens verschillende ruimtelijke schaalniveaus. Ten eerste op het gebouwniveau: de aansluiting van een

gebouw op een warmtenet gebeurt door een koppeling tussen het verwarmingssysteem van het gebouw en de warmteleidingen in de straat. Dat vereist ruimte in het gebouw. Die vereiste ruimte is echter vaak minder dan de huidige ruimtevraag van individuele verwarming. Gebruik maken van een warmtenet is dus ruimtebesparend.

Ten tweede op het wijkniveau: de ruimtelijke impact van warmtenetten op wijkniveau duidt op het integreren van warmteleidingen in de ondergrond (met een mogelijke impact op configuratie van de wegen); het integreren van een decentrale warmtecentrale waarin warmteproductie, technische installaties, warmteopslag, etc. kunnen vervat zitten; eventueel een geschikte ontsluitingsweg naar de warmtecentrale.

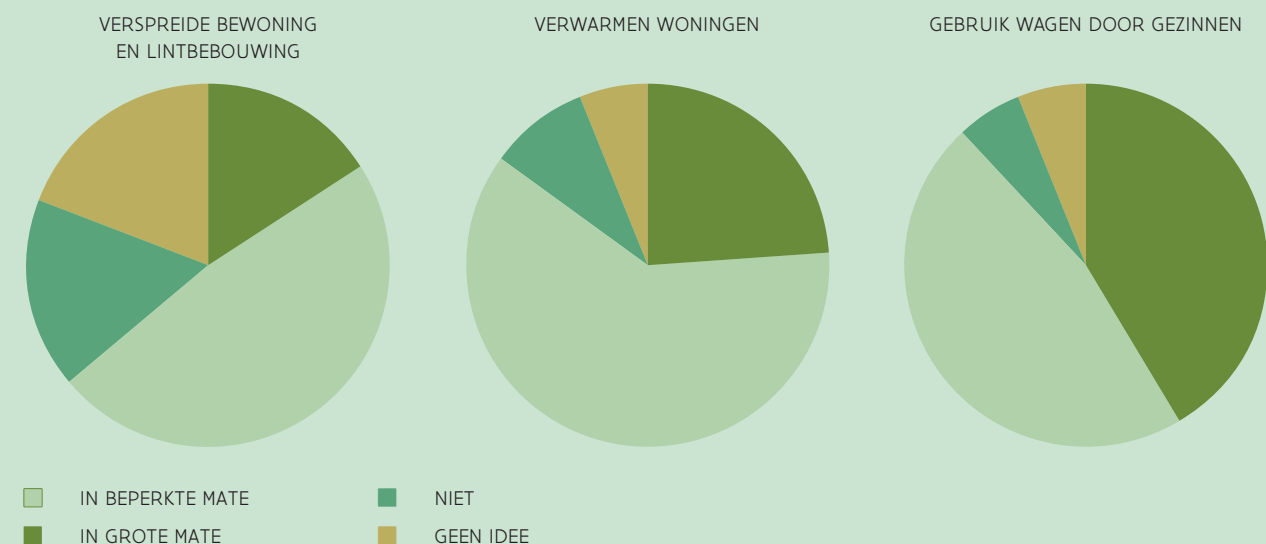
Tot slot op het stedelijk of regionaal niveau: integratie van grote warmtetransportnetten voor de koppeling van de warmtedistributienetten op wijkniveau; de koppeling met grootschalige warmteproductiecentrales (elektriteitscentrales, afvalverwerking, industriële restwarmtebedrijven, ...) (Cyx et al., 2013). Figuur 7.31 geeft een overzicht van de huidige warmtenetten in Vlaanderen.

Milieuverantwoorde consumptie: monitoring kennis, attitude en gedrag

De onderzoekers hebben bij de respondenten gepeild naar hun kennis over de relatie tussen ruimtelijke processen en klimaatverandering. Volgens de respondenten hebben uitstoot door bedrijven en ontbossing de grootste effecten op de klimaatwijzigingen. In de onderstaande selectie in Figuur 7.32 komen drie processen aan bod waarin de consument zelf energiegebruik kan beïnvloeden. 'Verspreide bewoning en lintbebouwing' wordt het minst als versneller van klimaatverandering gezien, op de voet gevolgd door

'het verwarmen van woningen'. Voor beide processen komen de antwoorden 'niet' en 'geen idee' het vaakst voor. De meeste Vlamingen schrijven wel een (beperkt) effect op de klimaatverandering toe aan het gebruik van de wagen door gezinnen. De conclusie is dat de gemiddelde Vlaming ruimtelijke ordening nog niet koppelt aan energieverbruik en broeikasgasuitstoot, maar autogebruik, één van de gevolgen van verspreide bebouwing, wel.

Wanneer de onderzoekers peilen naar acties die de

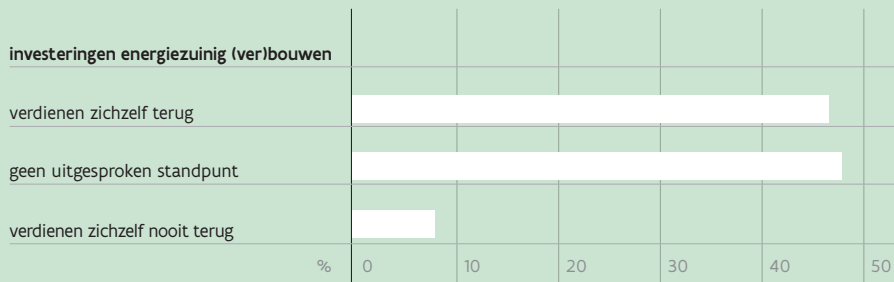


FIGUUR 7.32: ANTWOORD OP DE VRAAG 'IN WELKE MATE VERSNELLEN DEZE PROCESSEN DE KLIMAATVERANDERING' VOOR DRIE VAN DE TWAALF BEVRAAGDE PROCESSEN
(GfK Belgium, 2018)

Vlaming zelf kan ondernemen, blijkt dat de helft van de respondenten inschat dat dicht bij openbaar vervoer, winkels, ... gaan wonen in beperkte mate effectief is om de klimaatsverandering te vertragen. Hooguit 27% ziet een groot effect. Bij de eigen woning isoleren is 49 % van de respondenten overtuigd van een groot effect. Ook het effect van kleine afstanden te voet af te leggen wordt hoger ingeschat. 56% van

de respondenten geeft aan al in de nabijheid van voorzieningen en openbaar vervoer te wonen, terwijl 9% bereid is in de toekomst naar dit type locatie te verhuizen.

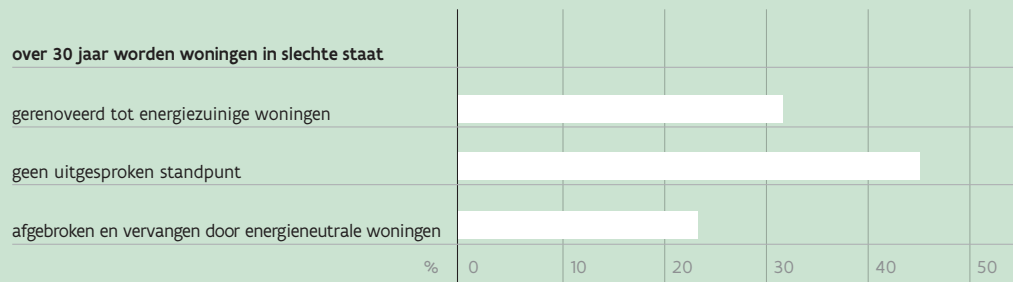
Bijna de helft van de respondenten verwacht hun investering in energiezuinig bouwen of verbouwen terug te verdienen (Figuur 7.33)



FIGUUR 7.33: INSCHATTING EFFECT VAN ENERGIEZUINIG BOUWEN OF VERBOUWEN OP DE ENERGIEFACTUUR
(GfK Belgium, 2018)

Een kwart van alle respondenten denkt dat woningen in slechte staat binnen 30 jaar zullen worden afgebroken en vervangen door energieneutrale woningen.

Een derde denkt dat deze woningen eerder zullen worden gerenoveerd (Figuur 7.34).



FIGUUR 7.34: INSCHATTING EFFECT VAN ENERGIEZUINIG BOUWEN OF VERBOUWEN OP DE ENERGIEFACTUUR
(GfK Belgium, 2018)

TRENDS EN UITDAGINGEN

Het klimaatbeleid staat al enkele jaren hoog op de agenda van Vlaanderen. Conform de Europese energie- en klimaatdoelstellingen moet het aandeel van de hernieuwbare energie in het bruto eindverbruik van energie in België 13% bedragen tegen 2020. Voor Vlaanderen is de doelstelling voor hernieuwbare energie vertaald naar 10,5% tegen 2020 (Vlaamse Overheid, 2016).

Dankzij diverse beleidsinitiatieven werden tijdens de afgelopen decennia de broeikasgasemissies in verschillende sectoren verminderd en was de energie-intensiteit in 2015 25% lager dan in 1990 (Vlaamse Overheid, 2017). Sinds

2003 is er een ontkoppeling tussen de economische groei en het energieverbruik (Vlaamse Overheid, 2017). In onder meer de transport- en gebouwensector is echter nog een aanzienlijk reductiepotentieel aanwezig. Het reductiepotentieel voor gebouwen hebben we in dit hoofdstuk al besproken, terwijl de transportsector in het hoofdstuk ruimte voor mobiliteit verder wordt toegelicht. We bekijken hier nu de potentie vanuit ruimtelijke ontwikkeling voor de energietransitie en de scenario's voor de opwekking van hernieuwbare energie in Vlaanderen.

Potentie ruimtelijke ontwikkeling bij de energietransitie

Uit verschillende studies blijkt dat de energietransitie een enorme opgave zal zijn, met ook zeer grote ruimtelijke gevolgen voor ons landschap (Posad et al., 2016; Sijmons, 2014; Wauters et al., 2017). De beschikbare ruimte is beperkt in Vlaanderen, en daarom zullen we energiesystemen moeten verweven met andere functies en ze moeten integreren in ons bebouwde landschap. Maar de energieopgave biedt ook een kans om een duurzamer en collectiever ruimtegebruik te stimuleren (Posad et al., 2016). Ruimtelijke ontwikkeling kan op verschillende vlakken bijdragen aan een koolstofarm Vlaanderen.

Binnen het academisch onderzoek naar duurzame energie worden de Trias Energetica (Duijvestein, 1997; Lysen, 1996) en de Nieuwe Stappenstrategie (Broersma & van den Dobbelsteen, 2011; Tillie et al., 2009) toegepast als leidraad om de duurzaamheid van energiesystemen te verbeteren (Vandevyvere & Stremke, 2012). Beide strategieën hebben als doel om een energiezuinig ontwerp te maken en pleiten ervoor in drie stappen te werken. Deze stappen zijn (in deze volgorde): de energievraag zelf te verminderen; bestaande energiestromen hergebruiken om de energie-efficiëntie te verhogen; voor de resterende energievraag inzetten op hernieuwbare bronnen.

Verminderen energievraag

Aan deze eerste subdoelstelling kan ruimtelijke ontwikkeling bijdragen door de daling van de vervoersvraag. Een slim locatiebeleid, waarbij gebouwen en activiteiten worden gebundeld in de ruimte, kan het aantal verplaatsingen verminderen, de verplaatsingsafstand kleiner maken en het gebruik van duurzame vervoerswijzen stimuleren. Verder kan het door een hogere bebouwingsdichtheid gemakkelijker zijn om collectief vervoer

te organiseren in knooppunten. Ruimtelijk beleid kan ook bijdragen aan de daling van het energiegebruik van gebouwen door kleiner en compacter bouwen te stimuleren en het aandeel open bebouwing te verminderen. Tot slot is het verhogen van het ruimtelijk rendement een voorwaarde om de drie genoemde maatregelen te realiseren. Een hoog ruimtelijk rendement is noodzakelijk om voldoende voorzieningen op korte afstand aan te bieden en de behoefte aan transport te verminderen. (Vandevyvere & Stremke, 2012; Wauters et al., 2017).

Verhogen energie-efficiëntie

De tweede subdoelstelling is het verhogen van de energie-efficiëntie. Elektriciteit is gemakkelijk te vervoeren, maar moeilijk op te slaan, terwijl voor warmte en koude het omgekeerde geldt. Daarom worden warmte en koude best in of nabij stedelijk gebied geproduceerd. Elektriciteit kan dan weer verder van de consumenten worden geproduceerd (Vandevyvere & Stremke, 2012). De efficiëntie van gebouwen kan worden verbeterd door de manier van energieproductie en -transport tussen gebouwen te verbeteren. Dit kan o.a. met collectieve installaties voor de productie van energie, zoals zonnepanelen of geothermische energie. Daarnaast kunnen warmtenetwerken zorgen voor meer efficiëntie door warmteoverschotten te gebruiken in warmtecascade, waarbij eerst gebruikers van hoge temperaturen worden bediend en later pas gebruikers van lagere temperaturen. Voor warmtenetwerken is het belangrijk dat de warmte wordt geproduceerd in de nabijheid van de warmtevragers, en daarbij speelt de verhoging van het ruimtelijk rendement weer een belangrijke rol (Vandevyvere & Stremke, 2012; Wauters et al., 2017).

Stijging aandeel hernieuwbare energiebronnen

Deze laatste subdoelstelling gaat in op de verhoging van het aandeel hernieuwbare energie (Vandevyvere & Stremke, 2012). Hierbij zijn er twee ruimtelijke elementen belangrijk. Een eerste is de grootschalige opwekking van hernieuwbare energie. Bij grootschalige projecten wordt de energie elders opgewekt en vervolgens getransporteerd naar de eindgebruiker. Bij het huidige energiesysteem verloopt dat gelijkaardig. Het verschil is echter wel dat de ruimtebehoefte en ruimtelijke impact van deze grootschalige projecten veel groter is doordat hernieuw-

bare bronnen veel minder energie-intensief zijn (Sijmons, 2014). Een ander element is dat het potentieel van deze bronnen veel meer locatie-afhankelijk is (Posad et al., 2016). Kleinschalige projecten voor de opwekking van hernieuwbare energie, zoals zonnepanelen, kleine windturbines en WKK's, kunnen gemakkelijker geïntegreerd worden in de bebouwde omgeving, maar dan wel op een intelligente manier om andere ruimtelijke doelstellingen niet te hypothekeren. Het lokaal opwekken van energie mag bijvoorbeeld niet leiden tot ruimtelijke ontwikkelingen die niet gewenst zijn, zoals wonen in slecht ontsloten gebieden (Wauters et al., 2017).

Potentieel productie hernieuwbare energie

Een actief ruimtelijk beleid kan helpen om het potentieel van hernieuwbare energie in kaart te brengen binnen de Vlaamse versnippering en het hoge ruimtebeslag, en om dit potentieel te benutten binnen een gebiedsgerichte werking (Wauters et al., 2017). Door het ruimtelijk rendement te verhogen in steden en goed ontsloten kernen, en tegelijkertijd slecht gelegen gebieden niet verder te ontwikkelen, maakt men ruimte vrij voor grootschalige energieprojecten, zoals bijvoorbeeld grote windturbines.

Verschillende scenario's tonen energie potentieel

In de studie 'Hernieuwbare EnergieAtlas Vlaamse gemeenten', uitgevoerd door VITO en TerraEnergy, is het potentieel voor hernieuwbare energieproductie voor 2030 in kaart gebracht voor zonne-energie, windenergie, waterkracht, biomassa en aardwarmte. Dit potentieel is onderzocht voor een drietal scenario's. Het eerste scenario is het technisch scenario dat het theoretisch, technisch maximum aan hernieuwbare energieproductie weergeeft. Deze inschatting is per definitie een overschatting van het werkelijke, realiseerbare potentieel. Het tweede scenario (REV2030) geeft het potentieel weer, rekening houdend met de huidige context en beleidsmaatregelen. Bovendien wordt de potentie binnen de beschikbare ruimte verder ingeperkt door een inschatting te maken van een realistische voortzetting van de ontwikkelingen van de laatste jaren van concrete projecten tot 2030, de zogenaamde haalbaarheidsparameter. Het derde scenario (REV+2030) tot slot gaat uit van een versoepeling van de beleidscontext, waardoor er meer ruimte beschikbaar komt voor de realisatie van projecten van hernieuwbare energie (Van Esch et al., 2016).

Trendbreuk nodig om hernieuwbare energiedoelen te halen

Hieronder worden enkel de resultaten van het REV2030-scenario besproken omdat dit scenario het meest aanleunt bij de huidige praktijk. In het REV2030-scenario zijn respectievelijk zon (50%) en wind (38%) de belangrijkste technologieën voor de productie van hernieuwbare elektriciteit- en warmte. Dit uit zich opnieuw in een patroon: voor elektriciteit is er veel potentieel in gebieden waar nog ruimte is voor windturbines binnen het huidige beleid (zie Figuur 7.35) en voor warmte komen de stedelijke kernen naar voren (zonneboilers en ondiepe geothermie in het bebouwd residentieel gebied, zie Figuur 7.36).

In het REV2030-scenario is er een bijkomend potentieel voor de productie van hernieuwbare energie van ca. 3.019 GWh of ca. 1% van het technisch potentieel (Van Esch et al., 2016).

Uit een vergelijking van de resultaten van het berekende potentieel aan hernieuwbare warmte en elektriciteit in 2030 met het voorspelde bruto finaal energieverbruik in 2030 (251.096 GWh), blijkt dat er nog grote inspanningen nodig zijn opdat hernieuwbare energie een substantieel aandeel zou hebben in ons energieverbruik. Een trendbreuk zal nodig zijn om het aandeel hernieuwbare energie in het totaal energieverbruik aanzienlijk te verhogen. Het technisch scenario maakt duidelijk dat er op zich voldoende ruimte is, maar dat de ruimtelijke randvoorwaarden uit de REV-scenario's moeten worden herbekeken en/of dat extra impulsen nodig zijn om de huidige trends te doorbreken zodat het mogelijk is het aandeel van hernieuwbare energie te verhogen (Van Esch et al., 2016).

Hernieuwbare EnergieAtlas

Titel: Hernieuwbare EnergieAtlas Vlaamse Gemeenten

Uitvoerder(s): VITO en TerraEnergy

Opdrachtgever(s): Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Afdeling Milieu, Natuur en Energiebeleid, Dienst Beleidsvoorbereiding en – Evaluatie, Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel

Doel: Het klimaatbeleid bij steden en gemeenten krijgt door initiatieven als het Burgemeestersconvenant en Mayors Adapt een sterke impuls. Door hun verbintenis beogen de ondertekenaars van het convenant om hun CO₂-uitstoot tegen 2020 met minstens 20% te reduceren. Hiertoe dienen ze, binnen het jaar na ondertekening, duurzame energie actieplannen (SEAP – Sustainable Energy Action Plan) op te maken en tweejaarlijks te rapporteren over de voortgang. De studie beoogde om lokale overheden te ondersteunen bij de uitwerking van hun beleid ten aanzien van de productie van hernieuwbare energie.

Methodologie: Met behulp van de 'Dynamische EnergieAtlas', een ruimtelijk energiemodel ontwikkeld door VITO, wordt een inventaris opgesteld van de huidige hernieuwbare energieproductie evenals het nog onontgonnen potentieel. De technologievormen die aan bod komen zijn: zonnepanelen, zonneboilers, wind, waterkracht, biomassa en geothermie. Voor de inschatting van het bijkomend potentieel per technologievorm worden de ruimtelijke positieve en negatieve randvoorwaarden, zoals ze voortvloeien uit vigerend of verondersteld beleid, verrekend. De resultaten worden zo waarheidsgetrouw en gedetailleerd mogelijk op kaart gezet (resolutie ¼ ha), vertrekkend van de beschikbare basisdata. Wanneer het om confidentiële data gaat, worden de resultaten voldoende geaggregeerd voorgesteld zodat de afspraken gerespecteerd blijven.

Resultaten: De 'Hernieuwbare EnergieAtlas Vlaamse gemeenten' geeft een inzicht in de mogelijkheden en knelpunten betreffende hernieuwbare energieproductie op het grondgebied van elke gemeente. Dankzij de atlas kunnen steden en gemeenten hun lokale doelstellingen beter definiëren en bepalen op welke concrete wijze deze bereikt kunnen worden. Kaarten werden opgesteld van de huidige hernieuwbare energieproductie, maar ook van het bijkomend potentieel

volgens drie varianten: het technisch potentieel, het potentieel volgens het 'Ruimte voor Energie Vlaanderen 2030'-scenario (REV2030) en het potentieel volgens het 'Ruimte voor Energie Vlaanderen PLUS 2030'-scenario (REV+2030). Hiermee wordt duidelijk waar in de gemeente nog ruimte is voor de inplanting van de technologievormen voor hernieuwbare energie. De varianten verschillen in de haalbaarheid die verondersteld wordt voor het realiseren van het technische potentieel en de ruimtelijke randvoorwaarden waar energie gewonnen mag worden. Zo gaat het technisch potentieel uit van een realisatie van 100% van elke technologie binnen de beschikbare ruimte volgens het vigerende beleid. REV2030 bepaalt de haalbaarheid op basis van de doelstelling voor 2030 die Vlaanderen opgelegd krijgt vanuit de EU, bijgesteld met de realisatiegraad van de afgelopen jaren voor gekende technologieën. Dit alles binnen de ruimte die is voorzien volgens het vigerende beleid. REF+2030 gaat uit van dezelfde haalbaarheid per technologie als REF2030, maar, laat inplanting van technologieën toe op locaties die momenteel nog uitgesloten zijn. Locaties worden pas uitgesloten als er meer dan één verbod van toepassing is volgens het vigerende beleid.

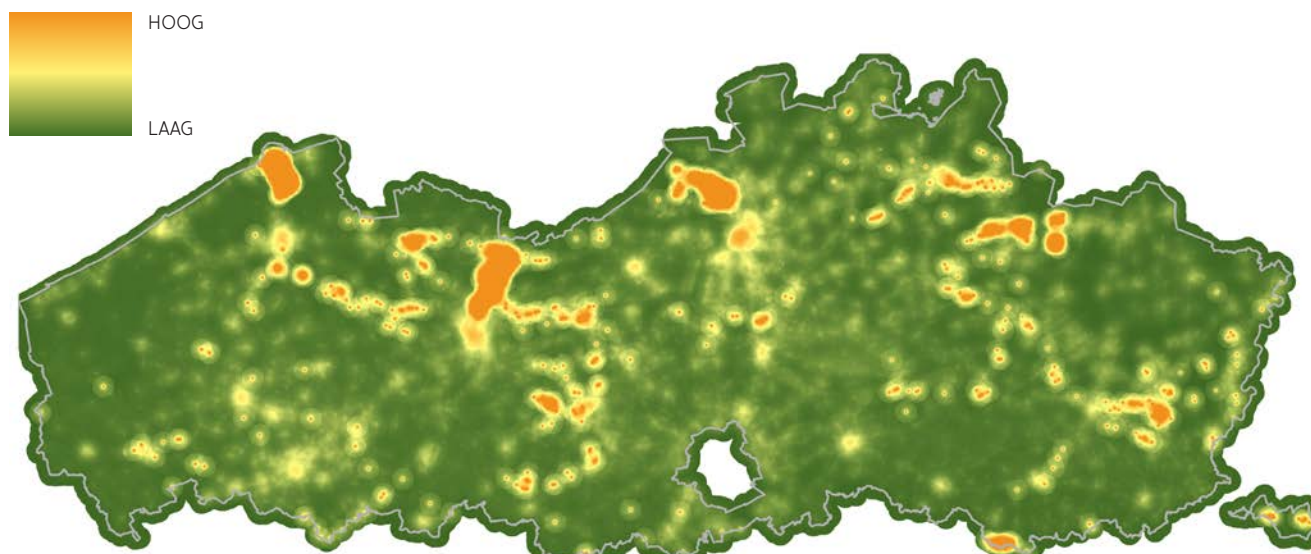
De resultaten worden in de studie ook gekaderd ten opzichte van het bruto finaal energieverbruik en de Warmtekaart Vlaanderen

(<http://www.energiesparen.be/warmtekaart>).

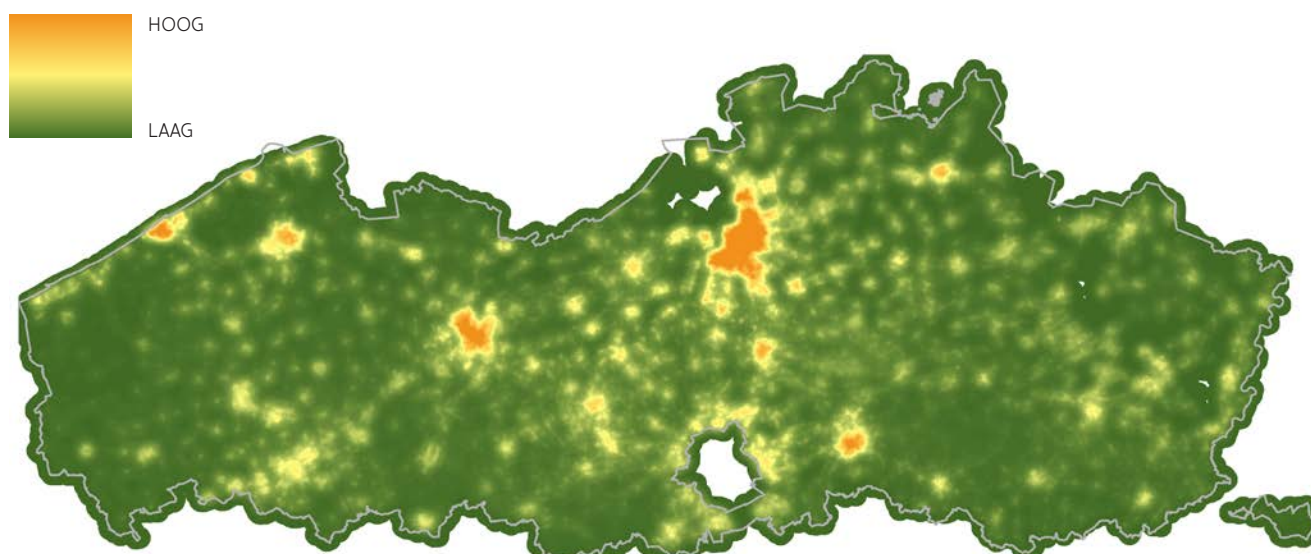
De belangrijkste kaarten uit de studie en de totalen per gemeente worden breed verdeeld via Geopunt in het thema 'Energie' (www.geopunt.be).

Ten slotte is een belangrijk resultaat van de studie de software-tool 'Hernieuwbare Energieatlas Vlaamse gemeenten' zelf die werd overgedragen aan de opdrachtgever. De laatste kan zelf de resultaten op verschillende ruimtelijke en inhoudelijke aggregatieniveaus analyseren, nieuwe scenario's doorrekenen, en, de basisgegevens updaten voor monitoring doeleinden.

Bronverwijzing: Van Esch, L., E. Meynaerts, K. Vermeiren, I. Uljee, L. Janssen, R. Guisson, G. Engelen, H. Hoes en N. Robeyn, 2016. Hernieuwbare EnergieAtlas Vlaamse Gemeenten. VITO-rapport 2016/RMA/R/0666.



FIGUUR 7.35: BIJKOMEND POTENTIEEL VOOR ELEKTRICITEITSPRODUCTIE VOOR ALLE TECHNOLOGIEËN IN HET REV2030-SCENARIO
(Van Esch et al., 2016)



FIGUUR 7.36: BIJKOMEND POTENTIEEL VOOR WARMTEPRODUCTIE VOOR ALLE TECHNOLOGIEËN IN HET REV2030-SCENARIO
(Van Esch et al., 2016)



Potentieel productie hernieuwbare energie in landelijk, randstedelijk en verstedelijkt gebied

De verdeling van het potentieel voor hernieuwbare energie (volgens het REV2030-scenario) over de typologieën “landelijk, randstedelijk en verstedelijkt gebied” loopt gelijk aan de huidige situatie. Dat is niet verwonderlijk, want het REV2030-scenario is gebaseerd op het huidige beleid.

Voor de opwekking van elektriciteit zit het potentieel, zoals eerder vermeld, vooral bij zonne-energie. Het

scenario koppelt zonnepanelen vooral aan daken van gebouwen, en daardoor bevindt het potentieel zich zowel in de verstedelijkte, randstedelijke en landelijke gebieden. Het potentieel voor windenergie is vooral geconcentreerd in randstedelijk gebied, omdat het huidige beleid een koppeling voorziet van windturbines aan bedrijventerreinen en havengebieden, en die liggen vooral in randstedelijk gebied. Belangrijk is dat dit scenario er duidelijk voor kiest om geen windturbines in open ruimte te plaatsen. De productie van elektriciteit uit biomassa is

Type gebied	% inwoners	% oppervlakte	Zon elektriciteit (GWh)	Zon elektriciteit %	Wind elektriciteit (GWh)	Wind elektriciteit %	Biomassa elektriciteit (GWh)	Biomassa elektriciteit %
Landelijk	39,1%	79%	758.564	50,6	603.440	52,9	4.228	94,6
Randstedelijk	20%	13%	33.1917	22,1	466.414	40,9	217	4,8
Verstedelijk	40,9%	8%	408.174	27,2	71.897	6,3	25	0,6
Totaal	100%	100%	1.498.655	100	1.141.751	100	4.470	100

FIGUUR 7.37: VERDELING POTENTIELE ELEKTRICITEITSOPWEKKING OVER LANDELIJK, RANDSTEDELIJK EN VERSTEDELIJK GEBIED

Type gebied	% inwoners	% oppervlakte	Zon warmte (GWh)	Zon warmte %	Geothermie warmte (GWh)	Geothermie warmte %	Biomassa warmte (GWh)	Biomassa warmte %
Landelijk	39,1%	79%	92.901	40,5	48.026	40,8	6.041	94,6
Randstedelijk	20%	13%	46.568	20,3	31.736	27,0	309	4,8
Verstedelijk	40,9%	8%	89.756	39,2	37.844	32,2	37	0,6
Totaal	100%	100%	229.225	100	117.606	100	6.387	100

FIGUUR 7.38: VERDELING POTENTIELE WARMTE-OPWEKKING OVER LANDELIJK, RANDSTEDELIJK EN VERSTEDELIJK GEBIED

vooral een landelijk verhaal. Figuur 7.37 toont het potentieel in GWh en % in landelijk, randstedelijk en verstedelijk gebied.

Voor de productie van hernieuwbare warmte is ook de zon de belangrijkste bron van hernieuwbare energie, gevolgd door geothermie en biomassa. Voor de zonnepanelen, net zoals voor zonne-elektriciteit, situeert het

potentieel zich in alle typegebieden van Vlaanderen. Ook warmtepompen zijn vooral gekoppeld aan residentieel gebied, waardoor het potentieel zich vooral in de steden bevindt. Zoals ook voor elektriciteit is biomassa vooral een landelijk verhaal. Figuur 7.38 toont deze verdeling in tabelvorm.

Verwachte technologische ontwikkeling

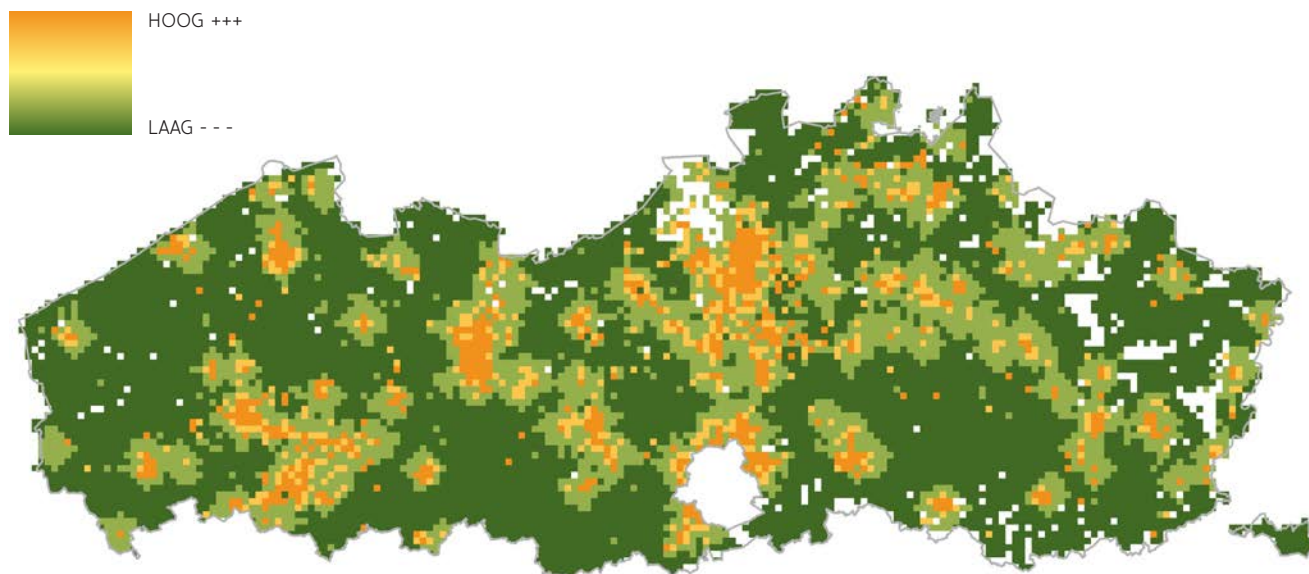
De technologieën voor het opwekken van stroom en warmte op basis van hernieuwbare bronnen, zoals zonnepanelen, windturbines, biomassa-installaties en warmtepompen, evolueren erg snel. Verschillende technologieën behoren nu al tot de goedkoopste en efficiëntste. Zonnepanelen bijvoorbeeld worden steeds goedkoper en efficiënter, maar hun fysieke vorm verandert nauwelijks. Innovatie zal in de toekomst wellicht leiden tot andere installaties op basis van zon (o.a. microfilms, zonlichtparabolen), met waarschijnlijk een kleinere ruimtelijke impact. Er zijn grote en kleine installaties die gebruik maken van wind. De grootschalige turbines worden steeds krachtiger, maar ook groter en hoger. De kleinschalige turbines zijn nu door hun lage rendabiliteit nog beperkt aanwezig in het landschap. Door de evolutie van de techniek is

het niet ondenkbaar dat ook kleinschalige windturbines meer en meer zullen voorkomen.

Er wordt bovendien steeds inventiever gezocht naar mogelijke energiebronnen in de omgeving. Zo zijn er voorbeelden waarbij warmte onttrokken wordt aan het rioolwater (riothermie), oppervlaktewater, omgevingslucht, en zo verder. Innovatie zal in de toekomst zorgen voor efficiëntere en andere systemen (Laes et al., 2018).

Afstemming vraag en aanbod

Een belangrijke uitdaging voor het toekomstige energiesysteem is de afstemming tussen vraag en aanbod. Tot nu toe was het vooral de productie die het evenwicht regelde. Nieuwe oplossingen zijn nodig omdat steeds meer hernieuwbare bronnen worden gebruikt en die hebben



FIGUUR 7.39: WARMTEKAART VLAANDEREN: POTENTIE VAN WARMTENETTEN
(Renders et al., 2015)



een fluctuerende productie. De eerste optie is dat de vraag naar energie flexibeler wordt, zowel in de industriële, residentiële als dienstensector. Het is mogelijk om fluctuaties op te vangen door bepaalde processen in de tijd uit te stellen tot er een groot aanbod is van elektriciteit. Een tweede optie om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen is de opslag van energie. Pompcentrales bijvoorbeeld kunnen bij een energieoverschot water naar een grotere hoogte pompen en dit bij een grote energievraag weer naar beneden laten stromen. Ook warmte- en koude-opslag op lange termijn, in bijvoorbeeld bassins of de ondergrond, zijn een optie voor fluctuerende hernieuwbare bronnen. Batterijen kunnen op verschillende schaalniveaus gebruikt worden voor de opslag van elektriciteit. De laatste jaren zijn vooral de kosten van batterijen gedaald, terwijl er nog geen spectaculaire innovaties zijn in het design van de batterijen zelf. Tot slot is 'Power to X' een manier om elektriciteit om te zetten naar een ander opslagmedium. Zo zijn er al voorbeelden voor waterstof, methanol en gas (Laes et al., 2018).

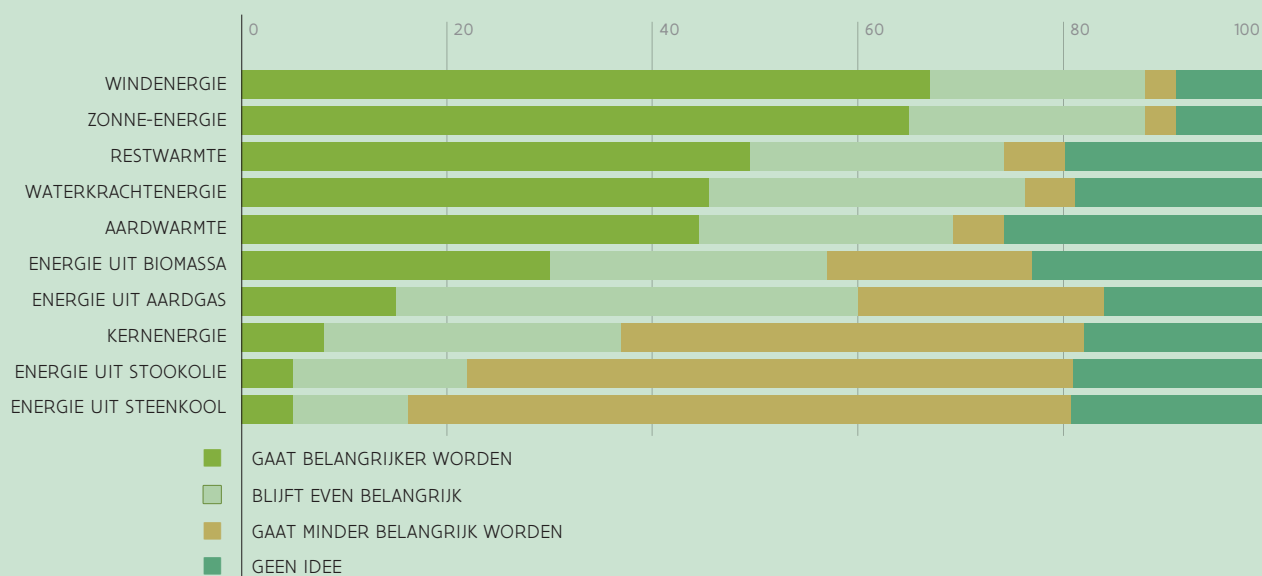
Warmtenetten

De "warmtekaart Vlaanderen" (Figuur 7.39) toont waar nu al warmtenetten bestaan en waar er nog kansrijke gebieden zijn om nieuwe warmtenetten aan te leggen en onder andere beschikbare restwarmte te recupereren. Warmtenetten kunnen het warmteaanbod en de warmtevraag met elkaar verbinden en kunnen als infrastructuur dienen voor allerlei vormen van duurzame warmte. De berekening van de potentie voor warmtenetten is gebaseerd op de warmtevraag gecombineerd met een inschatting van het restwarmteaanbod. Deze resultaten zijn vervolgens samengebracht met de ingeschatte evolutie van de warmtevraag tot 2035 en de technische beperkingen voor de inzet van WKK of warmtenetten (Renders et al., 2015). Het resultaat daarvan is de warmtekaart Vlaanderen. Uit de kosten-batenanalyse blijkt dat een warmtenet gevoed met restwarmte (incl. investeringssteun) kosteneffectief kan voorzien in 62% van de warmtevraag in Vlaanderen.

Milieuverantwoorde consumptie: monitoring kennis, attitude en gedrag

De onderzoekers peilden naar de verwachte evolutie van 10 afzonderlijke energiebronnen. Respectievelijk 67% en 65% van de respondenten geeft aan dat windenergie en zonne-energie in de toekomst belangrijker zullen worden. Ook restwarmte, waterkracht-energie en aardwarmte wordt volgens meer dan 40% van de respondenten belangrijker. Vooral steenkool en stookolie zullen als energiebronnen minder belangrijk

worden, volgens respectievelijk 64% en 59% van de respondenten. 45% denkt dat ook kernenergie aan belang verliest, maar evenveel respondenten denken dat aardgas even belangrijk blijft. Voor de meeste energiebronnen heeft 20% 'geen idee' behalve voor wind- en zonne-energie, waar slechts 10% aangeeft het niet te weten. Zie ook Figuur 7.40.



FIGUUR 7.40: TOEKOMSTVERWACHTING PER ENERGIEBRON
(GfK Belgium, 2018)



FIGUUR 7.41: VERWACHTING OVER DE SCHAALEN VAN DE PRODUCTIE VAN ENERGIE BINNEN 30 JAAR
(GfK Belgium, 2018)

Ongeveer de helft van de respondenten heeft geen uitgesproken mening over de schaal van de organisatie van energieproductie, zowel ruimtelijk als organisatorisch. Een kwart ziet een toekomst met kleinschalige organisatie via participatie (25%) en productie thuis of in de buurt (29%), terwijl een vijfde verwacht dat de grotere bedrijven de belang-

rijkste rol behouden (19%) en dat energieproductie zal geconcentreerd worden in enkele grote centrales (17%). Voor windprojecten ligt het net andersom: meer respondenten verwachten eerder productie in grootschalige (32%) dan in kleinschalige windprojecten (20%).



Bronnen

- **Aernouts, K., Jaspers, K., & Wetzels, W.** (2015). *Energiebalans Vlaanderen 1990-2014*.
<http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>
- **Belgium Offshore Platform.** (2018). *Belgium Offshore Platform*.
<https://www.belgianoffshoreplatform.be/nl/>
- **Broersma, S., & van den Dobbelsteen, A.** (2011). *Synergie Tussen Regionale Planning en Exergie: SREX*.
Publikatieburo Bouwkunde: Delft, The Netherlands.
- **Brouwers, J., Devriendt, S., & Van Hooste, H.** (2017). *MIRA systeembalans 2017: 1 Energiesysteem*.
http://www.milieurapport.be/Upload/main/0_topicrapporten/361312_Systeembalans2017_1energiesysteem_nieuw.pdf
- **Cyx, W., de Rache, P., Wellens, B., Vos, D., Olieslagers, P., & Dieryck, J.** (2013). *HEAT - Deelrapport*
Haalbaarheidsstudie Antwerpen Luchtbal.
- **Duijvestein, C. A. J.** (1997). *Ecologisch bouwen*.
- **Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC ("Renewable energy Directive")**, (2009).
- **EC.** (2012). *Energy Roadmap 2050*. Luxembourg: publications Office of the European Union.
- **EC.** (2015). *Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee, the committee of the regions and the European investment bank. A framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy.* (52015DC0080).
- **European Parliament, & Council of the European Union.** (2013). *Regulation (EU) No 347/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2013 on guidelines for trans-European energy infrastructure*.
Luxemburg: European Parliament, Council of the European Union.
- **EUROSTAT.** (2014). *Energy, Transport and Environment indicators*. Luxembourg: Publications office of the European Union.
- **EUROSTAT.** (2017). *Energy balance flow for European Union (28 countries) 2015*.
<http://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/sankey.html?geo=EU28&year=2015&unit=KTOE&fuels=0000&highlight=&nodeDisagg=0101000000&flowDisagg=false>
- **GfK Belgium.** (2018). *Milieuverantwoorde consumptie: monitoring kennis, attitude en gedrag*. Brussel:
https://www.lne.be/sites/default/files/atoms/files/Milieuverantwoorde_Consumptie_2017_Rapport.compressed.pdf
- **i-Cleantech Vlaanderen.** (2017). *Cleantech in Vlaanderen 2017*.
<https://www.i-cleantechvlaanderen.be/cleantechrapport>
- **Jaspers, K., Aernouts, K., & Wetzels, W.** (2016). *Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen 2005-2015*.
<http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>
- **Jaspers, K., Al Koussa, J., Dams, Y., Neven, T., Renders, N., Vingerhoets, P., & Wetzels, W.** (2017). *Energiebalans Vlaanderen 1990-2016*. Brussel:
<https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1332/2018/Energiebalans%20Vlaanderen%201990-2016.pdf>
- **Jaspers, K., Al Koussa, J., Dams, Y., Renders, N., & Vingerhoets, P.** (2017). *Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen 1990-2016*. [www.energiesparen.be: http://www.energiesparen.be/energiestatistieken](http://www.energiesparen.be/energiestatistieken)
- **Laes, E., Lodewijks, P., Renders, N., Vanhulsel, M., Vingerhoets, P., Goossens, J., & Ooms, K.** (2018). *Achtergronddocument oplossingsrichtingen voor het energiesysteem. VMM*
- **Lysen, E.** (1996). *The Trias Energica: Solar Energy Strategies for Developing Countries*.

- **OECD, & IEA.** (2016). *Energy Policies of IEA Countries, Belgium*. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy_Policies_of_IEA_Countries_Belgium_2016_Review.pdf
- **Posad, 3E, Universiteit Gent, & Resourcedesign.** (2016). *Energielandschappen*. www.ruimtevlaanderen.be
- **Renders, N., Aernouts, K., Cornelis, E., Moorkens, I., Uljee, I., Van Esch, L., ... Roef, J.** (2015). *Warmte in Vlaanderen*. <http://www.energiesparen.be/warmtekaart>
- **Schremmer, C., Derszniak-Noirjean, M., Keringer, F., Koscher, R., Leiner, M., Mollay, U., ... Gazzola, P.** (2017). *Territories and low-carbon economy*. www.espon.eu
- **Sijmons, D.** (2014). *Landschap en Energie*. Rotterdam: nai010 uitgevers.
- **Tillie, N., Van Den Dobbelsteen, A., Doepel, D., Joubert, M., De Jager, W., & Mayenburg, D.** (2009). *Towards CO₂ neutral urban planning: presenting the Rotterdam Energy Approach and Planning (REAP)*. *Journal of Green Building*, 4(3), 103-112.
- **UN.** (2015). *Adoption of the Paris agreement*. Paris: United Nations.
- **Van Esch, L., Meynaerts, E., Vermeiren, K., Uljee, I., Janssen, L., Guisson, R., ... Robeyn, N.** (2016). *Hernieuwbare EnergieAtlas Vlaamse gemeenten*. <https://www.lne.be/atlas-hernieuwbare-energie>
- **van Noordt, A.** (2016). *Wereldwijde uitdagingen die vragen om lokale acties: Lokale duurzame energie initiatieven*. Paper presented at the Plandag 2016: Verruimen – Maatschappelijk rendement met ruimtelijk talent, Tilburg.
- **Vandevyvere, H., & Stremke, S.** (2012). *Urban planning for a renewable energy future: Methodological challenges and opportunities from a design perspective*. *Sustainability*, 4(6), 1309-1328.
- **Vermeiren, K., Verachttert, E., Uljee, I., & Engelen, G.** (2016). *Onderzoek naar de GIS-modellering van diverse aspecten van windturbines*. Vlaamse Overheid, Departement LNE
- **Vlaams Energie Agentschap.** (2017a). *Barometer Groene Energie*. <http://www.energiesparen.be/barometer>
- **Vlaams Energie Agentschap.** (2017b). *Energiebalans Vlaanderen 2015, voorlopige samenvatting*. <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>
- **Vlaams Energie Agentschap.** (2018). *Overzicht warmtenetten Vlaanderen*. <https://www.energiesparen.be/overzicht-warmtenetten-in-vlaanderen>
- **Vlaams minister van Energie, W., Steden en Sociale Economie,, Vlaams minister van Leefmilieu, N. e. C., & Vlaams minister van Financiën, B., Werk, Ruimtelijke Ordening en Sport,.** (2014). *Omzendbrief RO/2014/02 afwegingskader en randvoorwaarden voor de oprichting van windturbines*. Brussel.
- **Vlaamse Overheid.** (2017). *VRIND 2017. Vlaamse Regionale Indicatoren*. Brussel: <http://regionalestatistieken.vlaanderen.be/vrind-2017>
- **Vlaamse Regering.** (2006). *Omzendbrief RO/2006/01: afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting*.
- **Vlaamse Regering.** (2011). *Besluit van de Vlaamse Regering tot wijziging van het besluit van de Vlaamse Regering van 6 februari 1991 houdende de vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning en van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de actualisatie van voormelde besluiten aan de evolutie van de techniek*. Brussels: Vlaamse Regering.
- **Vlaamse Regering.** (2015). *Visie 2050 Een langetermijnstrategie voor Vlaanderen*.
- **Vlaamse Regering.** (2017). *Startnota Zorgen voor een energietransitie*. (VR 2017 3006 DOC.0617/2TER).
- **VREG.** (2016). *Elektriciteitsverbruik van een gezin*. <http://www.vreg.be/nl/elektriciteitsverbruik-van-een-gezin>
- **Wauters, E., Dhondt, A., Fremault, B., & Corens, P.** (2017). *De rol van ruimtelijke ordening in de energie- en klimaattransitie*. www.ruimtelijkeordening.be

